

République Algérienne Démocratique et Populaire.  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université A. Mira- Béjaïa

Faculté des Sciences Exactes

Département Informatique

## *MÉMOIRE DE MASTER*

En Informatique

Option :

Systèmes Complexes Technologies de l'information et du Contrôle

*Thème :*

Formation de coalitions en impliquant  
les systèmes multi-agents et la théorie  
des jeux

Présenté par :

*M<sup>elle</sup> ARIOUAT Hanane* et *M<sup>r</sup> AMOUR Lamine.*

Soutenu le 27\06\2012 devant le jury composé de :

Président	M <sup>r</sup> M.E. KHANOUCHE	M.A.B.	U. A/Mira Béjaïa.
Rapporteur	D <sup>r</sup> H. NACER TALANTIKITE	M.C.B.	U. A/Mira Béjaïa.
Rapporteur	D <sup>r</sup> H. SLIMANI	M.C.B.	U. A/Mira Béjaïa.
Examinatrice	M <sup>elle</sup> N. BELAKBIR	M.A.B.	U. M.O/AKLI Bouira.
Examineur	M <sup>r</sup> N. DJEBARI	Magister.	U. A/Mira Béjaïa.
Invité	M <sup>r</sup> K. ALLEM	M.A.B.	U. A/Mira Béjaïa.

Béjaïa, juin 2012.

# Remerciements

*Avant tout, merci DIEU de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener ce travail à terme.*

*Ensuite, il n'aurait pas pu être achevé sans le soutien, les conseils et l'aide de certaines personnes auxquelles on tient ici à exprimer nos sincères remerciements.*

*Nos sincères remerciements vont à D<sup>r</sup> H. NACER TALANTIKITE et D<sup>r</sup> H. SLIMANI pour leur encadrement avec patience. Leur encouragement et leurs remarques pertinentes nous ont permis de mieux structurer ce travail et de mieux le décrire. Nous les remercions aussi de nous avoir fait profiter de leurs expériences, leurs orientations et leurs conseils nous ont énormément aidé. L'aboutissement de celui-ci doit beaucoup à leur contribution.*

*Nous remercions M. KHANOUCHE, pour l'honneur qu'il nous a fait en présidant notre jury de mémoire.*

*Nous remercions tout particulièrement M<sup>elle</sup> BELAKBIR, M. DJEBARI et M. ALLEM d'avoir accepté d'examiner notre mémoire.*

*Nos sincères remerciements s'adressent à nos parents, nos frères et nos sœurs pour leur soutien moral, leur encouragement inconditionnel, et surtout pour la confiance qu'ils nous accordent.*

*Nos vifs remerciements vont encore une fois à M<sup>elle</sup> BELAKBIR Naima, de nous avoir aidé, orienté et conseillé.*

*Enfin, on remercie tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, en particulier toutes nos ami(e)s pour leur soutien moral.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes parents,*

*A mes grands-parents,*

*A mes cousins, cousines, oncles et tantes,*

*A mes sœurs Siham et Djidji et mon frère Walid,*

*A mes frères d'âme Adel, Yahia et Salah pour leur grande amitié,*

*A tous les travailleurs de la boîte informatique D-SOFT et compris A. Fodil,*

*A mes amis(es) du CEM d' El-Flaye, de lycée de Sidi-aich et de l'université,*

*A tous les étudiants de la promotion SCTIC de l'université de Béjaïa,*

*A tous les travailleurs du département de l'équipement de la DJS,*

*A l'Arbi, Sofiane et Nacer I407 pour leur bonne compagnie,*

*A mes entraîneurs et toute la famille de KARATE,*

*A ma binôme et toute sa famille,*

*A mes ami(es).*

*AMOUR Lamine*

# Dédicaces

Louange A Dieu, le miséricordieux, sans Lui rien de tout cela n'aurait pu être.

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma mère Rebiha que dieu la bénisse et la porte dans son paradis.*

*A mon très cher papa Abdelkader : Ton amour a laissé en moi  
une empreinte indélébile,*

*Je t'en prie de trouver en ce travail le fruit des efforts et sacrifices  
que tu m'as consentis pour mon éducation,*

*Que Dieu m'accorde la grâce de t'avoir encore à mes côtés pour  
longtemps afin que tu sois témoins de ma reconnaissance,*

*A tous les amis de papa en particulier : hadj Malek HAMANI, hadj Ali  
MAROUANI, qui m'ont toujours encouragé et conseiller.*

*A mes oncles, mes tantes, mes frères, mes sœurs,*

*A mon binôme et toute sa famille,*

*A tous ceux que j'aime et je respecte.*

*ARIOUAT Hanane*

# Table des matières

<b>Table des Matières</b>	<b>i</b>
<b>Table des Figures</b>	<b>vi</b>
<b>Liste des Tableaux</b>	<b>vii</b>
<b>Liste des Abréviations</b>	<b>viii</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Généralités sur les agents et systèmes multi-agents</b>	<b>3</b>
1.1 Agents et systèmes multi-agents . . . . .	3
1.1.1 Concept Agent . . . . .	4
1.1.1.1 Définitions . . . . .	4
1.1.1.2 Propriétés . . . . .	5
1.1.2 Typologie . . . . .	6
1.1.2.1 Agent réactif . . . . .	6
1.1.2.2 Agent cognitif . . . . .	7
1.1.2.3 Agent cognitif Vs agent réactif . . . . .	8
1.1.3 Avantages . . . . .	9
1.2 Systèmes multi-agents . . . . .	10
1.2.1 Définitions . . . . .	10
1.2.2 Caractéristiques . . . . .	11

1.2.3	Avantages . . . . .	12
1.3	Intéraction entre agents . . . . .	13
1.4	Organisation des agents . . . . .	13
1.5	Communication entre agents . . . . .	15
1.5.1	Modes de communication . . . . .	15
1.5.2	Langages de communication . . . . .	15
1.6	Conclusion . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Généralités sur la théorie des jeux</b>	<b>17</b>
2.1	Notions de base de la théorie des jeux . . . . .	17
2.1.1	Qu'est ce qu'un jeu? . . . . .	17
2.2	Classement des jeux selon le modèle mathématique . . . . .	19
2.2.1	Les jeux sous forme extensive . . . . .	19
2.2.2	Les jeux sous forme normale ou stratégique . . . . .	19
2.3	Classement des jeux selon l'attitude des joueurs face à la coopération . . . . .	20
2.3.1	Jeux non coopératifs . . . . .	20
2.3.2	Jeux coopératifs . . . . .	20
2.4	Classement des jeux selon la nature de l'information . . . . .	22
2.4.1	Jeu à information complète / incomplète . . . . .	22
2.4.2	Jeu à information parfaite / imparfaite . . . . .	22
2.5	De la théorie des jeux à la négociation automatique . . . . .	23
2.6	Négociation automatique . . . . .	23
2.7	Conclusion . . . . .	23
<b>3</b>	<b>Formation de coalitions dans les systèmes multi-agents</b>	<b>25</b>
3.1	Formation de coalitions d'agents coopératifs . . . . .	25
3.1.1	Qu'est-ce qu'une coalition? . . . . .	26
3.1.2	Qu'est-ce qu'un protocole de formation de coalitions? . . . . .	26
3.1.3	Jeux coalitionnels . . . . .	27
3.1.4	Description du problème . . . . .	27
3.2	Réalisation collective de tâches . . . . .	28

3.3	Applications . . . . .	29
3.3.1	E-commerce . . . . .	29
3.3.1.1	Présentation . . . . .	29
3.3.1.2	Principe : . . . . .	30
3.3.1.3	Avantages : . . . . .	31
3.3.1.4	Inconvénients : . . . . .	31
3.3.2	Fouilles de données . . . . .	31
3.3.2.1	Présentation (cas 01) . . . . .	31
3.3.2.2	Principe . . . . .	33
3.3.2.3	Avantages . . . . .	35
3.3.2.4	Inconvénients . . . . .	35
3.3.2.5	Présentation (cas 02) . . . . .	35
3.3.2.6	Principe . . . . .	38
3.3.2.7	Avantages : . . . . .	38
3.3.2.8	Inconvénients : . . . . .	38
3.3.3	Data mining . . . . .	38
3.3.3.1	Présentation . . . . .	38
3.3.3.2	Principe . . . . .	39
3.3.3.3	Avantages . . . . .	40
3.3.3.4	Inconvénients . . . . .	41
3.3.4	Energétique . . . . .	41
3.3.4.1	Présentation . . . . .	41
3.3.4.2	Principe . . . . .	41
3.3.4.3	Avantages . . . . .	43
3.3.4.4	Inconvénients . . . . .	43
3.3.5	Réseaux de capteur sans fil (Wirless Sensor Networks) . . . . .	44
3.3.5.1	Présentation . . . . .	44
3.3.5.2	Principe . . . . .	44
3.3.5.3	Avantages . . . . .	46
3.3.5.4	Inconvénients . . . . .	46

3.3.6	Occupation d'espaces . . . . .	47
3.3.6.1	Présentation . . . . .	47
3.3.6.2	Principe . . . . .	47
3.3.6.3	Avantages . . . . .	48
3.3.6.4	Inconvénients . . . . .	48
3.3.7	Etude comparative des modèles de formation de coalitions . . . . .	48
3.3.7.1	Critères de comparaison . . . . .	48
3.3.7.2	Tableau de comparaison . . . . .	49
3.4	Conclusion . . . . .	51
<b>4</b>	<b>Proposition : Processus de formation de coalitions dans le domaine médical</b>	<b>52</b>
4.1	Architecture globale du système proposée . . . . .	53
4.2	Présentation du système . . . . .	54
4.2.1	Présentation . . . . .	54
4.2.2	Présentation des différents agents du système . . . . .	54
4.2.2.1	Agent Patient (AP) . . . . .	54
4.2.2.2	Agent Infirmier d'Accueil (AIA) . . . . .	56
4.2.2.3	Agent Urgentiste (AU) . . . . .	56
4.2.2.4	Agent Spécialiste (AS) . . . . .	58
4.2.2.5	Agent Infirmier (AI) . . . . .	59
4.2.3	Présentation des différents composants du système . . . . .	60
4.2.3.1	Module de classification des patients . . . . .	61
4.2.3.2	Module de formation de coalitions . . . . .	64
4.3	Fonctionnement global du système . . . . .	67
4.4	Modélisation mathématique sous forme d'un jeu coalitionnel . . . . .	68
4.4.1	Modélisation en structure de coalitions . . . . .	70
4.4.2	Formulation de la fonction d'utilité . . . . .	71
4.5	Conclusion . . . . .	75
	<b>Conclusion générale</b>	<b>76</b>



**Bibiographie** **78**

**Annexes** **83**

4.6 ANNEXE 01 . . . . . 83

4.7 ANNEXE 02 . . . . . 84

# Table des figures

1.1	Distinction agent cognitif et réactif. . . . .	6
1.2	Cycle perception, action d'un agent réactif . . . . .	7
1.3	Cycle perception, délibération, exécution d'un agent cognitif . . . . .	8
3.1	Architecture de formation de la coalition. . . . .	37
4.1	Architecture multi-agents proposée. . . . .	53
4.2	Comportement de l'Agent Patient. . . . .	55
4.3	Comportement de l'Agent Infirmier d'Accueil. . . . .	56
4.4	Comportement de l'Agent Urgentiste. . . . .	57
4.5	Comportement de l'Agent Spécialiste. . . . .	59
4.6	Comportement de l'Agent Infirmier. . . . .	60
4.7	Comportement global du système. . . . .	68
4.8	Graphe de la fonction d'utilité de $f_i(x_t)$ . . . . .	74
4.9	Graphes des fonctions $f_i^1(x_t)$ et $f_i^2(x_t)$ sur $[0,1]$ . . . . .	75

# Liste des tableaux

1.1	Tableau de comparaison entre agent réactif et agent cognitif. . . . .	9
1.2	Avantages de la technologie agent. . . . .	10
1.3	Les différentes topologies de communication . . . . .	14
3.1	Tableau de comparaison . . . . .	50
4.1	Profil Agent Patient. . . . .	55
4.2	Profil Agent Urgentiste. . . . .	56
4.3	Profil Agent Spécialiste. . . . .	58
4.4	Profil Agent Infirmier. . . . .	59
4.5	Classification Clinique des Malades aux Urgences. . . . .	83
4.6	Critères d'évaluation d'un bilan . . . . .	86

# Liste des Abréviations

<b>AODV</b>	<b>A</b> d hoc <b>O</b> n demand <b>D</b> istance <b>V</b> ector
<b>CEV</b>	<b>C</b> entrale <b>E</b> lectrique <b>V</b> irtuelle
<b>CO2</b>	<b>O</b> xyde de <b>C</b> arbon
<b>CSP</b>	<b>P</b> roblème de <b>S</b> atisfaction de <b>C</b> ontraintes
<b>CCMU</b>	<b>C</b> lassification <b>C</b> liniques <b>M</b> alades <b>U</b> rgences
<b>DER</b>	<b>R</b> essources d' <b>E</b> nergie <b>D</b> istribuées
<b>EC</b>	<b>E</b> nsemble de <b>C</b> oalitions
<b>FIFO</b>	<b>F</b> irst <b>I</b> n <b>F</b> irst <b>O</b> ut
<b>IA</b>	<b>I</b> ntelligence <b>A</b> rtificielle
<b>IAD</b>	<b>I</b> ntelligence <b>A</b> rtificielle <b>D</b> istribuée
<b>LCA</b>	<b>A</b> nalyse <b>L</b> ocale <b>C</b> ontextuelle
<b>SMA</b>	<b>S</b> ystème <b>M</b> ulti- <b>A</b> gents
<b>SD</b>	<b>S</b> ystème <b>D</b> istribué
<b>SINR</b>	<b>S</b> ignal <b>I</b> Nterférence <b>R</b> apport du bruit
<b>SU</b>	<b>S</b> ervice des <b>U</b> rgences
<b>SMUR</b>	<b>S</b> ervice <b>M</b> obile <b>U</b> rgence et de <b>R</b> éanimation
<b>WSN</b>	<b>W</b> irless <b>S</b> ensor <b>N</b> etwork

# Introduction

Le domaine des systèmes multi-agents se situe à l'intersection de l'intelligence artificielle, branche de l'informatique qui vise la recherche de moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités de raisonnement comparables à celles des êtres humains et des systèmes distribués, connectés à l'aide d'un réseau de communication.

Les systèmes multi-agents naissent d'une volonté de distribuer l'intelligence d'un système dans le but de faire résoudre plus efficacement par plusieurs entités (les agents), des problèmes qui, par leur nature, ne sont pas adaptés à une résolution centralisée (trop complexes, distribués, etc).

D'une manière générale, un système multi-agents est un ensemble d'agents situés dans un certain environnement et interagissant selon une certaine organisation. Ces derniers doivent être capables de réaliser leurs objectifs d'une manière autonome, c'est-à-dire qu'une fois le système et les agents créés, les agents doivent être capables d'évoluer sans que l'intervention de leur concepteur ne soit nécessaire.

Une des directions de recherche actuelles dans les systèmes multi-agents se focalise sur les systèmes dans lesquels les agents sont issus de concepteurs différents. Les agents d'un système peuvent avoir besoin de communiquer afin de résoudre des différences d'opinions et des conflits d'intérêts, de travailler ensemble afin de trouver des preuves, ou tout simplement d'échanger des informations.

La théorie des jeux offre probablement le modèle formel le plus abouti pour l'étude des interactions stratégiques entre agents. Plusieurs raisons nous ont amené à choisir ce cadre de travail. Tout d'abord les jeux permettent de décrire des situations sociales très différentes : les marchés en économie peuvent être vus comme des jeux dans lesquels

les participants sont des producteurs ou des consommateurs et, plus généralement, une partie d'échecs, la formation d'une coalition gouvernementale ou encore une négociation sont autant de jeux différents obéissant à des règles spécifiques.

Les travaux que nous présentons dans ce mémoire s'inscrivent dans le domaine des systèmes multi-agents et en théorie des jeux. Nous nous intéressons en particulier au problème des formations de coalitions entre des agents, dans lequel des agents doivent former des groupes d'intérêts communs.

Pour cela, nous avons organisé ce mémoire en quatre chapitres, nous commençons naturellement par présenter dans le premier chapitre les systèmes multi-agents, puis on donne un aperçu de la théorie des jeux au deuxième chapitre, ensuite on synthétise quelques travaux sur la combinaison des deux domaines : système multi-agents et la théorie des jeux. On établit un état de l'art de formation de coalitions : la problématique et les solutions standards existantes au troisième chapitre. Notre proposition menée dans ce cadre est présentée dans le dernier chapitre.

Enfin, on termine par une conclusion et des perspectives ouvertes par nos travaux.

# Généralités sur les agents et systèmes multi-agents

## Introduction.

Les agents autonomes et les Systèmes Multi-Agents (SMA) représentent une nouvelle façon d'analyser, de concevoir et d'implanter des systèmes informatiques complexes. Les agents sont utilisés dans une variété d'applications sans cesse croissante [13, 14, 15, 16]. Lorsqu'on aborde ce domaine, il est sans doute nécessaire de commencer par définir les termes «agents», et «systèmes multi-agents».

Cette section va nous permettre de présenter l'ensemble des concepts nécessaires à l'étude du domaine des systèmes multi-agents, qui sont issus du domaine de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD). Ce domaine permet de modéliser un système informatique sous forme d'entités autonomes qui vont coopérer pour résoudre un problème complexe difficile à traiter d'une manière centralisée. Les agents autonomes et les systèmes multi-agents ont donné lieu à une nouvelle façon de voir, d'analyser, de modéliser et de concevoir les systèmes informatiques complexes. Les systèmes multi-agents reposent sur les concepts d'agents, d'organisation d'agents, d'interaction entre agents et sur la communication entre eux. Nous présentons dans cette section l'ensemble de ces concepts tels qu'ils ont été définis dans la littérature.

## 1.1 Agents et systèmes multi-agents

Les systèmes multi-agents (SMA) constituent un domaine issu de la rencontre de l'intelligence artificielle (IA) et des systèmes distribués (SD). Ce paradigme a vu le jour pour remédier aux insuffisances et enrichir l'approche classique de l'IA afin de résoudre

certaines problèmes qui sont distribués de manière inhérente tels que la gestion du trafic aérien, la gestion des réseaux électriques, etc.

L'idée fondamentale est que plutôt de tenter de résoudre un problème par une seule entité intelligente, il serait plus intéressant de faire coopérer d'autres entités plus simples, afin de résoudre le problème par une équipe. Chaque entité a une perception et des compétences limitées qui ne leur permettent pas de résoudre le problème individuellement. Ces entités utilisent la coopération et la coordination entre elles pour résoudre le problème.

Dans ce chapitre, nous allons décrire les concepts qui découlent du domaine de recherche que constituent les SMA. L'intérêt premier est porté d'abord sur le concept de "l'Agent" qui constitue la brique fondamentale du domaine. Ensuite, nous précisons la notion de " systèmes multi-agents" en définissant les concepts clés tels que l'interaction, l'organisation et la communication.

### 1.1.1 Concept Agent

Dans cette section, nous exposerons tout d'abord les principales définitions du concept agent, ainsi que ses caractéristiques. Nous verrons ensuite ses différents types.

#### 1.1.1.1 Définitions

Il existe dans la littérature plusieurs définitions du concept agent. Elles ne sont pas contradictoires les unes avec les autres, elles diffèrent selon le type d'applications pour lequel est conçu l'agent. Nous citons, les définitions les plus courantes [28].

**Définition 1.1.1.** On appelle agent une entité physique ou virtuelle [24]

1. Capable d'agir dans un environnement.
2. Pouvant communiquer directement avec d'autres agents.
3. Possédant des ressources propre à lui.
4. Capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement.
5. Disposant que d'une représentation partielle de cet environnement (et éventuellement aucune).
6. Possédant des compétences et offrant des services.
7. Pouvant se reproduire éventuellement.
8. Ayant la tendance de satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit.



**Définition 1.1.2.** Un agent est défini comme un système informatique dont les caractéristiques [29] principales sont les suivantes :

- **Situé** : L'agent est capable d'agir sur son environnement à partir des entrées sensorielles qu'il reçoit de ce même environnement.
- **Autonomie** : L'agent peut agir sans intervention directe d'un tiers (par les êtres humains ou les autres agents) et contrôle ses propres actions ainsi que son état interne.
- **Adaptabilité** : L'agent est capable de :
  1. Réagir d'une manière flexible aux changements dans son environnement.
  2. Prenant des initiatives dirigées par les buts au bon moment.
  3. Apprendre de son propre expérience, son environnement, et avec interactions avec les autres agents.
- **Sociabilité** : Un agent est capable d'interagir avec les autres agents (agents ou humains) quand la situation l'exige afin de compléter ses tâches ou aider ces agents à accomplir les leurs.

#### 1.1.1.2 Propriétés

A partir des différentes définitions du concept "Agent", on peut extraire les propriétés clés d'un agent : l'agent doit être autonome, flexible, situé dans un environnement, il agit, il perçoit et il communique. Nous essayons maintenant de clarifier ces notions.

1. **Autonomie** : Le système peut agir sans une intervention directe d'humains ou d'autres agents, et que le système possède le contrôle total sur ses propres actions et sur son état interne. On pourrait dire ainsi que le moteur d'un agent, c'est lui-même. Il a toujours la possibilité de répondre par l'affirmative ou le refus à des requêtes provenant des autres agents. L'agent donc n'est pas guidé par l'extérieur mais par ses tendances [24].
2. **Flexibilité** : L'agent doit également être flexible, la flexibilité peut être vue comme une forme de l'intelligence. Etre flexible signifie que l'agent est :
  - (a) Réactif : L'agent doit être capable de percevoir son environnement et de répondre à temps aux changements qui peuvent affecter cet environnement.
  - (b) Proactif : L'agent n'agit pas seulement d'une manière réactive (en fonction de son environnement) mais il doit avoir un comportement orienté objectifs et que l'agent peut prendre des initiatives.

- (c) **Social** : L'agent est capable d'interagir avec les autres agents intelligents et humains pour qu'il puisse atteindre ses propres objectifs et aider les autres dans leurs activités.
3. **Situation dans un environnement** : L'agent est implanté dans l'environnement, sur lequel il agit à partir des entrées sensorielles qu'il reçoit de ce même environnement.
  4. **Perception** : La perception est un moyen de recevoir de l'information d'un environnement qui est souvent complexe et évolutif. L'agent doit percevoir directement son environnement par ses propres capteurs.
  5. **Action** : L'agent est capable d'agir, et non pas seulement de raisonner comme dans les systèmes d'IA classique. L'action, repose sur le fait que les agents accomplissent des actions qui vont modifier l'environnement des agents et donc leurs prises de décision futures.
  6. **Communication** : Un agent fait un acte délibéré de transfert d'informations vers un ou plusieurs autres agents. La communication entre agents est l'un des modes principaux d'interaction existant entre les agents [29].

### 1.1.2 Typologie

On distingue traditionnellement deux types d'agents, situés chacun à l'extrémité d'une échelle de complexité croissante : l'agent réactif et l'agent cognitif (FIGURE 1.1). Selon Ferber [24], la distinction cognitif/réactif dépend de la capacité des agents à accomplir individuellement des tâches complexes et à planifier leurs actions.

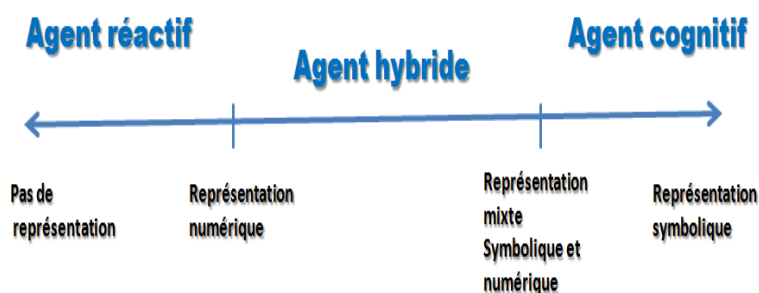


FIGURE 1.1 – Distinction agent cognitif et réactif.

#### 1.1.2.1 Agent réactif

Un agent réactif possède l'architecture interne la plus simple. Il ne possède pas de modèle interne complexe explicite de son environnement. Un agent réactif est constitué

d'un ensemble de comportements permettant d'accomplir une tâche donnée. Chaque comportement est une machine à états finis qui établit une relation entre une entrée sensorielle et une action en sortie (Perception/Action)[50].

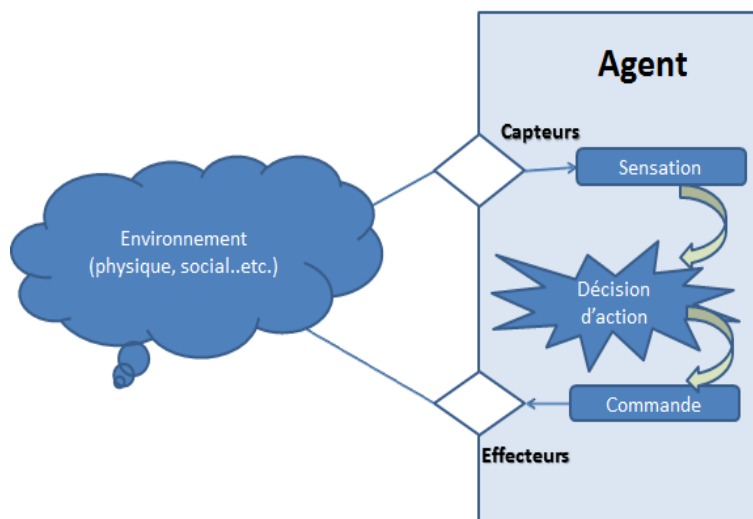


FIGURE 1.2 – Cycle perception, action d'un agent réactif .

L'agent réactif communique d'une façon indirecte via l'environnement, Il se caractérise par le manque de mémoire locale, l'absence de mécanismes de raisonnement et il n'est pas nécessaire que chaque agent soit personnellement intelligent pour parvenir à un comportement intelligent de l'ensemble.

### 1.1.2.2 Agent cognitif

Un agent cognitif possède une architecture interne la plus complexe, il se caractérise par une représentation explicite de son environnement. Chaque agent cognitif suit un cycle Perception /Délibération/Action. On dit aussi que ces agents sont intentionnels car ils possèdent des buts et des plans explicites, leurs permettant d'accomplir leurs buts.

Chaque agent cognitif comporte au moins deux modules (FIGURE 1.3)[55] :

- Un module de communication qui permet à l'agent de réaliser la communication afin de mettre à jour ses connaissances, en fonction, d'une part de l'interaction avec les autres agents et d'autre part avec l'environnement.
- Un module d'expertise du domaine correspondant au savoir-faire de l'agent qui lui acquière la capacité de raisonner sur des représentations du monde, de mémoriser des situations, de les analyser, de prévoir des réactions possibles à toute action, d'en tirer des conduites pour les évènements futurs et donc de planifier son propre comportement [24].

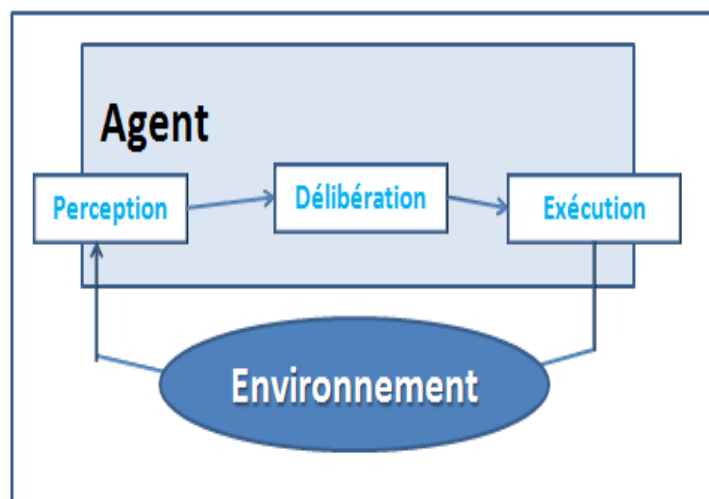


FIGURE 1.3 – Cycle perception, délibération, exécution d'un agent cognitif .

### 1.1.2.3 Agent cognitif Vs agent réactif

Les systèmes cognitifs pouvaient bien convenir pour certains types de problèmes et moins bien pour d'autres et cela est valable pour les systèmes réactifs. Le tableau ci-dessous définit les différences majeures entre les agents cognitifs et réactifs.

Caractéristiques	Agent Cognitif	Agent Réactif
<i>Mémoire</i>	Doté de capacité de mémorisation.	Ne peut pas tenir compte de son passé car il ne contient pas de mémoire locale.
<i>Volume</i>	Nombre d'agents réduit.	Nombre d'agents élevé.
<i>Fonctionnement</i>	Son cycle repose sur : Perception / Délibération / Action.	Son cycle repose sur : Perception / Action.
<i>Architecture</i>	Architecture complexe.	Architecture interne simple.
<i>Interaction</i>	Via les messages directement.	Via l'environnement.
<i>Intelligence</i>	Chaque agent est individuellement intelligent.	L'interaction de plusieurs agents permet l'émergence d'une intelligence.
<i>Intérêt</i>	Il est intéressant individuellement et collectivement.	Il est intéressant collectivement seulement.
<i>Représentation</i>	Représentation numérique.	Représentation symbolique.

TABLE 1.1 – Tableau de comparaison entre agent réactif et agent cognitif.

### 1.1.3 Avantages

La technologie agent exhibe plusieurs avantages, le tableau suivant les résume [23].

Caractéristiques	Avantages	Bénéfices
<b>Automatisation</b>	Le dispositif est adaptable facilement aux comportements répétitifs d'un utilisateur ou similaire de plusieurs dans un groupe.	Augmenter la productivité individuelle ou d'un groupe.
<b>Personnalisation</b>	Modèle compatible avec l'utilisateur et l'équipement (selon le profil et les préférences d'utilisateur).	Réduit la quantité d'information présentée.
<b>Notification</b>	Prévenir l'utilisateur des événements importants.	Réduit la charge du travail.
<b>Apprentissage</b>	Apprend à reconnaître le comportement des utilisateurs : cible les tâches d'automatisation pour une meilleure personnalisation.	Architecture interne simple
<b>Tutorat</b>	Suit et dirige l'utilisateur dans un contexte particulier.	Réduit le temps de formation.
<b>Communication</b>	Réalise les tâches à distance.	Travail local en mode déconnecté.

TABLE 1.2 – Avantages de la technologie agent.

## 1.2 Systèmes multi-agents

Dans cette section, nous présentons ce qui est appelé système multi-agents en donnant certaines de ses caractéristiques et quelques avantages.

### 1.2.1 Définitions

**Définition 1.2.1.** On appelle un système multi-agents (ou SMA), un système composé des éléments suivants [43] :

- **Un environnement** ( $E$ ) : Représente un espace disposant généralement d'une

métrique.

- **Un ensemble d'objets** ( $O$ ) : Chaque objet est situé, c'est à dire qu'il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans  $E$ . Ces objets sont passifs, *i.e.* qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.

- **Un ensemble d'agents** ( $A$ ) : Ce sont des objets particuliers ( $A \subseteq O$ ), lesquels représentent les entités actives du système.

- **Un ensemble de relations** ( $R$ ) : Permet de réunir des objets (et donc des agents) entre eux.

- **Un ensemble d'opérations** ( $O_p$ ) : Permettant aux agents de  $A$  de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de  $O$ .

- Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification [24].

**Définition 1.2.2.** D'après [18], un système multi-agents est un système distribué composé d'un ensemble d'agents. L'interaction entre ces agents se présente sous forme de coopération, coordination, compétition, négociation, concurrence, etc. Chaque agent du système possède généralement un certain point de vue sur son environnement et les autres agents qui l'entourent.

Les agents ont des capacités limitées et ne possèdent généralement que des informations incomplètes et partielles. La gestion d'un système multi-agents est totalement distribuée : il n'existe pas de système central de contrôle, les données et les informations sont décentralisées et le fonctionnement du système est entièrement asynchrone.

Selon la nature de l'application, un système multi-agents peut être [29] :

✓ **Ouvert** : Les agents y entrent et sortent librement.

✓ **Fermé** : L'ensemble des agents constituant le système reste inchangé.

✓ **Homogène** : Tous les agents composants le système sont construits sur le même modèle d'organisation.

✓ **Hétérogène** : Les agents composants le système ont des modèles différents.

## 1.2.2 Caractéristiques

Un système multi-agents possède plusieurs caractéristiques dont les principales sont [23] :

- ✓ L'hétérogénéité des agents où les messages doivent être mutuellement compréhensibles.
- ✓ L'échange de savoir ou chaque agent coopératif au sein du SMA doit pouvoir exprimer ses différents types de connaissances.
- ✓ Les agents doivent être autonomes, c'est-à-dire, leur comportement ne doit dépendre ni d'un planificateur central ni d'interactions prédéfinies.
- ✓ Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution de problèmes limitées, ainsi chaque agent a un point de vue partiel.
- ✓ Les données sont décentralisées.
- ✓ Le calcul et les traitements sont asynchrones.
- ✓ Il n'y a aucun contrôle global du système multi-agents (contrôle reparté).
- ✓ Les schémas d'interaction sophistiqués : ils incluent la coopération, la coordination et la négociation.

### 1.2.3 Avantages

L'utilisation des Systèmes Multi-Agents (SMA) présente une série d'avantages [37], qui sont résumés comme suit :

***Système dynamique*** : contrairement aux approches traditionnelles de l'Intelligence Artificielle qui simulent, dans une certaine mesure, les capacités du comportement humain, les SMA permettent de modéliser un ensemble d'agents qui interagissent. Les agents sont structurés afin d'exercer une influence sur chacun pour faire évoluer le système dans son ensemble (système dynamique). On rencontre de nombreuses interactions entre agents telles que la coordination (organiser la résolution d'un problème de telle sorte que les interactions nuisibles soient évitées, ou que les interactions bénéfiques soient exploitées), la négociation (parvenir à un accord acceptable pour toutes les parties concernées), la coopération (travailler ensemble à la résolution d'un but commun).

***Robustesse et sûreté de fonctionnement*** : la mise hors fonctionnement de quelques agents ne modifie pas sensiblement le comportement global du système.

***Souplesse de l'outil informatique*** : qui permet de modifier le comportement des agents, ajouter ou supprimer des actions possibles, étendre les informations disponibles à l'ensemble des agents.

***Flexibilité et traitement des systèmes à grandes échelles*** : on peut toujours augmenter le nombre d'agents pour traiter des systèmes de plus en plus gros, sans pour autant perturber le travail des agents existants.



*Résolution distribuée de problèmes* : il est possible de décomposer un problème en sous-parties et de résoudre chacune de façon indépendante pour aboutir à une solution stable.

*Schémas d'interaction sophistiqués* : en utilisant la coopération, la coordination et la négociation.

### 1.3 Intéraction entre agents

Un système multi-agents se distingue d'une collection d'agents indépendants par le fait que les agents interagissent en vue de réaliser conjointement une tâche ou d'atteindre conjointement un but particulier [23]. Ainsi, on appellera situation d'interaction, un ensemble de comportements résultant du regroupement d'agents qui doivent agir pour satisfaire leurs objectifs en tenant compte des contraintes provenant des ressources plus ou moins limitées dont ils disposent et de leurs compétences individuelles [25].

En général, les interactions sont mises en œuvre par un transfert d'informations entre agents ou entre l'environnement et les agents, soit par perception, soit par communication. L'interaction peut être décomposée en trois phases non nécessairement séquentielles [27] :

- La réception d'informations ou la perception d'un changement,
- Le raisonnement sur les autres agents à partir des informations acquises,
- Une émission de message(s) ou plusieurs actions (plan d'actions) modifiant l'environnement. Cette phase est le résultat d'un raisonnement de l'agent sur son propre savoir-faire et celui des autres agents.

Il existe différentes formes de protocoles d'interaction suivant les systèmes recherchés. Dans le cas d'agents compétitifs (buts conflictuels ou simplement des intérêts propres), l'objectif des protocoles est de maximiser l'utilité de chaque agent. Dans le cas où des agents ont des buts identiques ou des problèmes communs, comme c'est le cas en résolution distribuée de problèmes, les protocoles d'interaction cherchent à maintenir des invariants globaux sans intervenir sur l'autonomie de chaque agent, ni avoir recours à un contrôle centralisé [23].

### 1.4 Organisation des agents

Le besoin d'organisation est nécessaire lorsque des objectifs communs à l'ensemble des entités doivent être atteints. Une organisation est un schéma de prise de décision et de communication appliqué à un ensemble d'acteurs qui réalisent un ensemble de tâches

afin de satisfaire des buts tout en assurant un état global cohérent [4]. Parmi les modèles organisationnel des systèmes multi-agents les plus répandus, on cite [27] :

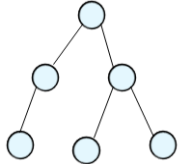
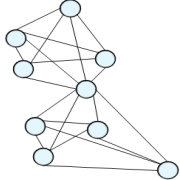
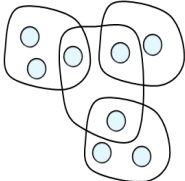
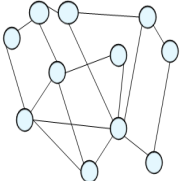
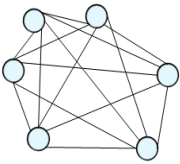
<i>Nom</i>	<i>Architecture</i>
Le modèle hiérarchique.	
Le modèle holonique	
Le modèle orienté groupes.	
Le modèle peer-to-peer.	
Le modèle de diffusion (broad-cast)	

TABLE 1.3 – Les différentes topologies de communication

**Remarque 1.4.1.** Le modèle holonique est une variante du modèle hiérarchique, dans lequel les fils d'un nœud sont totalement connectés.

## 1.5 Communication entre agents

### 1.5.1 Modes de communication

Les communications dans les systèmes multi-agents, comme chez les humains, sont à la base des interactions et de l'organisation des agents. La communication est donc un outil permettant l'interaction (coopérative ou antagoniste) [24]. En communiquant, les agents peuvent échanger des informations et coordonner leurs activités.

Il existe essentiellement 2 modes de communication entre agents [19] :

- Communication par signaux, via l'environnement.
- Communication directe par envois de messages.

Pour la communication par envois de messages, les agents ont besoin d'un langage commun. La modélisation des langages de communication entre agents, fait l'objet de nombreux travaux de recherche [54].

### 1.5.2 Langages de communication

Les travaux sur les langages de communication entre agents s'inspirent des communications humaines. La théorie des actes de langage a ainsi influencé les SMA, parce qu'elle identifie les constituants élémentaires de la communication. Cette théorie a été proposée sous la forme de la théorie classique des actes de langage.

L'acte de langage est l'unité minimale de l'énonciation et correspond au niveau de description le plus fin. Il correspond à un but communicatif, c'est-à-dire à la marque d'une intention particulière d'un locuteur (un but illocutoire).

L'intérêt des langages de communication est de faciliter l'échange et l'interprétation des messages et l'interopérabilité entre les agents. Ces langages se focalisent essentiellement sur la manière de décrire exhaustivement des actes de communication d'un point de vue syntaxique et sémantique [28].

## 1.6 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter quelques méthodologies multi-agents, dans le but d'étudier leurs apports dans le processus de développement des systèmes multi-agents et particulièrement dans la phase d'implémentation. Nous avons identifié une difficulté dans les méthodologies actuelles pour assurer le passage du niveau conceptuel au niveau d'implémentation. De plus, nous trouvons important de pouvoir modéliser des systèmes multi-agents avec de différentes architectures agents et multi-agents, pour répondre à des besoins liés au contexte d'application et au problème à résoudre.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter quelques concepts de la théorie des jeux, et comment on s'est inspiré de cette théorie pour apporter une approche de solution au problème de formation de coalitions.

# Généralités sur la théorie des jeux

## Introduction.

L'approche mathématique moderne de l'étude des conflits d'intérêts, nommée théorie des jeux, est souvent attribuée à John von Neumann. Son article " Zur Theorie der Gesellschaftspiele " publié en 1928 est considéré comme étant à la base de toute cette théorie. La théorie des jeux est aujourd'hui très répandue et utilisée, non seulement en économie [42], mais également par toute une classe d'autres sciences dans lesquelles l'étude de situations conflictuelles est pertinente : informatique, sociologie, biologie, médecine, militaire... etc.

En informatique, et plus précisément en intelligence artificielle, les situations de conflits sont très fréquentes et l'apport de la théorie des jeux a été capital[6, 7, 17]. On peut noter, par exemple, que pendant longtemps, les chercheurs ont essayé de construire des programmes capables de jouer aux échecs et, dans la mesure du possible, de bien jouer. Les bases d'un grand nombre d'algorithmes d'IA sont ainsi issues de la théorie des jeux [48]. Nous présentons dans ce chapitre les notions de base de la théorie des jeux en distinguant différents jeux selon le modèle utilisé dans la description du jeu.

## 2.1 Notions de base de la théorie des jeux

Comme toute théorie, elle est formée par un ensemble d'hypothèses. Elle se distingue des autres théories en sciences sociales par la place qu'elle accorde aux mathématiques.[36]

### 2.1.1 Qu'est ce qu'un jeu ?

Un jeu est une situation où des individus (les joueurs) sont conduits à faire des choix parmi un certain nombre d'actions possibles, et dans un cadre défini à l'avance (les règles

du jeu). Les résultats de ces choix constituent une issue du jeu à laquelle est associé un gain pour chacun des participants. Ces résultats ne dépendent pas de la décision d'un seul joueur et ne dépendent pas non plus uniquement du hasard, bien que celui-ci puisse intervenir [41].

Les principaux éléments d'un jeu sont [29] :

**Les joueurs** participants au jeu, **les actions** possibles, **l'information** disponible dans le jeu, **les stratégies** adoptées par les joueurs, **les revenus** des joueurs, les issues du jeu, et **l'équilibre**. Les actions et les issues du jeu représentent les **règles du jeu**.

**Définition 2.1.1. (Joueurs)**

Ce sont les individus, acteurs ou agents, qui prennent des décisions. Le but de chaque joueur étant de maximiser son utilité par le choix des actions à entreprendre.

**Définition 2.1.2. (Actions)**

Une action d'un joueur  $i$ , notée  $a_i$ , est un choix que ce joueur peut effectuer. L'ensemble d'actions du joueur  $i$ ,  $A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , est l'ensemble de toutes les actions qui lui sont permises.

**Définition 2.1.3. (Stratégies)**

La stratégie  $s_i$  d'un joueur  $i$  est une règle qui lui indique quelles actions entreprendre à chaque instant du jeu, étant donné l'ensemble d'information.

Un profil de stratégies  $s = (s_1, \dots, s_n)$  est un  $n$ -aplet ordonné composé d'une stratégie pour chacun des  $n$  joueurs participants au jeu.

**Définition 2.1.4. (Revenus)**

Le revenu du joueur  $i$  :  $\Pi_i(s_1, \dots, s_n)$  est :

↳ L'utilité que reçoit le joueur  $i$  après que tous les joueurs aient choisis leurs stratégies, et le jeu ayant été terminé; ou

↳ L'utilité attendue que le joueur  $i$  devrait recevoir en fonction des stratégies choisies par lui-même et par les autres joueurs.

**Définition 2.1.5. (Issues)**

L'issue d'un jeu est l'ensemble d'éléments intéressants que le concepteur du jeu prend des valeurs associées aux actions, revenus, et autres variables, une fois le jeu terminé.

**Définition 2.1.6. (Stratégie dominante)**

Une stratégie dominante  $s_i^*$  est la meilleure réponse d'un joueur  $i$  à n'importe quelles stratégies choisies par les autres joueurs. C'est à dire que  $s_i^*$  apporte au joueur  $i$  le meilleur revenu indépendamment des stratégies choisies par les autres joueurs.

### Définition 2.1.7. (*Equilibre de Nash*)

En 1950, le mathématicien John Nash a introduit la notion d'équilibre qui prend son nom. Cet équilibre décrit une situation où aucun des joueurs n'a intérêt à changer unilatéralement de stratégie.

### Définition 2.1.8. (*Optimalité de Pareto*)

Il caractérise la rationalité collective. C'est la situation dans laquelle un joueur ne peut améliorer sa situation sans détériorer celle d'un autre joueur. Cette situation se présente quand il est impossible d'augmenter le gain d'un des joueurs sans baisser celui d'un l'autre.

## 2.2 Classement des jeux selon le modèle mathématique

Le modèle mathématique décrivant le jeu est étroitement lié à la situation réelle qui lui a donné naissance.

Selon le modèle utilisé pour décrire le jeu, on distingue :

### 2.2.1 Les jeux sous forme extensive

Un jeu sous forme extensive est défini par un arbre de décision décrivant les actions possibles des joueurs à chaque étape du jeu, la séquence de tours de jeu des joueurs ainsi que l'information dont ils disposent à chaque étape pour prendre leur décision. Chaque nœud de l'arbre spécifie le joueur qui doit choisir une action (ou stratégie) à ce moment du jeu, ainsi que l'information dont il dispose. Les gains que chaque joueur peut réaliser après avoir suivi un des chemins possibles au sein de l'arbre, correspondant à chaque profil de stratégies, sont associés à chaque feuille de l'arbre [36].

### 2.2.2 Les jeux sous forme normale ou stratégique

Ils peuvent être représentés sous la forme [41] :

$$\langle \mathcal{N}, \{X_i\}_{i \in \mathcal{N}}, \{U_i\}_{i \in \mathcal{N}} \rangle, \quad (2.1)$$

où : -  $\mathcal{N} = \{1, 2, 3, \dots, N\}$  est l'ensemble des joueurs,

-  $X_i$  désigne l'ensemble des stratégies du joueur  $i \in \mathcal{N}$ ,

$X = \prod_{i=1}^N X_i$  est l'ensemble des issues du jeu.

-  $u_i : X \rightarrow \mathbb{R}$  est la fonction de gain du  $i^{\text{ème}}$  joueur.

Il existe aussi des jeux sous forme coalitionnelle. Ils sont très utilisés pour les jeux coopératifs, cette représentation consiste à assigner à chaque coalition, l'ensemble des gains qu'elle peut garantir à ses membres.

## 2.3 Classement des jeux selon l'attitude des joueurs face à la coopération

Une caractéristique fondamentale des jeux est que le gain obtenu par un joueur dépend de ses choix, mais aussi des choix effectués par les autres joueurs. Il convient alors de distinguer deux grandes familles de jeux : les jeux coopératifs et les jeux non coopératifs [36].

Un jeu est coopératif lorsque les joueurs peuvent passer entre eux des accords qui les lient de manière contraignante. On dit alors qu'ils forment une coalition dont les membres agissent de concert. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque les joueurs n'ont pas la possibilité de former des coalitions, le jeu est non coopératif [9].

### 2.3.1 Jeux non coopératifs

Les jeux non coopératifs se divisent en deux grandes familles : les jeux à somme nulle, et ceux à somme non nulle [9].

Les jeux à somme nulle sont des jeux dans lesquels les intérêts sont parfaitement antagonistes. Ce qui est gagné par un joueur est perdu par l'autre. Ainsi la somme des fonctions d'utilité est donc nulle. c'est-à-dire  $\forall i, j \in \{1, \dots, N\}, i \neq j$  on a :

$$u_i + u_j = 0. \tag{2.2}$$

Dans le cas où la somme des fonctions d'utilité est non nulle, on parle alors d'un jeu à somme non nulle [49].

### 2.3.2 Jeux coopératifs

Un jeu coopératif (appelé aussi jeu coalitionnel) est un jeu dans lequel les joueurs peuvent former des coalitions et agir de concert.

Lorsque le jeu est coopératif, les accords conclus entre les joueurs peuvent porter sur un choix commun des stratégies à jouer d'une part et d'autre part sur la redistribution des



gains issus du jeu. Lorsque cette redistribution des gains est possible, on parlera alors de jeux coopératifs à gain transférable. Lorsqu'il n'est pas possible de redistribuer les gains entre les joueurs, on parlera de jeux coopératifs à gain non transférable [36].

On dit qu'un jeu coopératif est à utilité non transférable s'il n'est pas possible d'additionner les utilités des joueurs et de les redistribuer aux membres d'une coalition. Chaque membre d'une coalition essaie d'optimiser le montant obtenu par chacun individuellement.

**Définition 2.3.1.** [9] Un jeu coopératif à utilité non transférable est une paire  $(N, v)$  où :

↯  $N$  est un ensemble de joueurs.

↯  $v$  est une fonction qui associe un vecteur  $v(C) \in \mathbb{R}^{|C|}$  à chaque coalition  $C$  de  $N$ , chaque élément  $v_i$  du vecteur  $v(C)$  correspond à l'utilité obtenue par le joueur  $i$  dans la coalition  $C$ .

On dit qu'un jeu coopératif est à utilité transférable s'il est possible d'additionner les utilités des joueurs et de les redistribuer aux membres d'une coalition (il existe une "monnaie" commune à tous avec laquelle on peut effectuer des transferts).

**Définition 2.3.2.** [9] Un jeu coopératif à utilité transférable est une paire  $(N, v)$  où

-  $N$  est un ensemble de joueurs.

-  $v$  est une fonction caractéristique qui associe une valeur  $v(C) \in \mathbb{R}$  à chaque coalition  $C$  de  $N$ .

Pour chaque coalition  $C$ ,  $v(C)$  est le paiement total que peuvent se partager les joueurs appartenant à  $C$ , indépendamment du comportement des joueurs n'appartenant pas à  $C$ .

Un jeu coopératif à utilité transférable est dit [9] :

↯ **Symétrique**, si la valeur d'une coalition ne dépend que de sa taille : il existe une fonction  $f$  telle que :  $\forall C \subseteq N, v(C) = f(|C|)$ .

↯ **Monotone**, si  $B \subseteq C \Rightarrow v(B) \leq v(C)$ .

↯ **Superadditif**, si  $B \cap C = \emptyset \Rightarrow v(B \cup C) \succeq v(B) + v(C)$ .

↯ **Simple**, si pour toute coalition  $C$ , on a  $v(C) = 1$  (**coalition gagnante**), ou bien  $v(C) = 0$  (**coalition perdante**), et  $v(N) = 1$ .

## 2.4 Classement des jeux selon la nature de l'information

L'information dont dispose chaque joueur influe beaucoup sur la décision qu'il va prendre et, par conséquent, sur l'évolution du jeu. Il est donc naturel de classer les jeux selon l'information disponible aux joueurs au moment de la prise de décision.

### 2.4.1 Jeu à information complète / incomplète

#### Définition 2.4.1. [9]

On dit qu'un jeu est à information complète si chaque joueur connaît lors de la prise de décision :

- ▣ Ses possibilités d'action.
- ▣ Les possibilités d'action des autres joueurs.
- ▣ Les gains résultants de ces actions.
- ▣ Les motivations des autres joueurs.

#### Définition 2.4.2. [36]

Le jeu est à information complète si chaque joueur connaît la structure du jeu, c'est à dire l'ensemble des joueurs, les ensembles de stratégies de tous les joueurs, ainsi que leurs fonctions de gain. Chaque joueur sait également que tous les autres joueurs disposent de ces informations, on parle alors de connaissance commune. Le jeu est à information incomplète s'il existe une incertitude sur l'un des éléments cités précédemment.

### 2.4.2 Jeu à information parfaite / imparfaite

#### Définition 2.4.3. [9]

On parle de jeu à information parfaite dans le cas de jeu à mécanisme séquentiel, où chaque joueur a connaissance en détail de toutes les actions effectuées avant son choix.

#### Définition 2.4.4. [36]

Le jeu est à information parfaite, si au moment de choisir sa stratégie, le joueur connaît toutes les décisions prises par tous les joueurs lors des coups précédents. Le jeu est dit à information imparfaite dans le cas contraire.

## 2.5 De la théorie des jeux à la négociation automatique

Dans la section précédente, on a donné un très bref aperçu de quelques notions relatives à la théorie des jeux. Nous aurons à utiliser ces notions dans différentes parties du présent mémoire.

La théorie des jeux, comme nous l'avons présenté, est avant tout un domaine issu de la recherche en économie et en sciences sociales. Il est naturel alors que son application a d'abord vu le jour dans la modélisation de systèmes économiques et sociaux.

Toutefois, les chercheurs en informatique, spécialement les spécialistes des systèmes multi-agents, ont vite compris l'utilité de cette théorie et ont vu les possibilités de son application dans un domaine fondamental de la recherche pour les systèmes multi-agents : la négociation automatique.

## 2.6 Négociation automatique

Le comportement social au sein d'un groupe suppose une interaction entre ses différents individus. L'interaction se manifeste sous forme de négociation, coopération, travail d'équipe, discussion, rendez-vous, coordination, partage de ressources, etc. L'interaction entre les individus d'un groupe a pour but d'amener à des situations de compromis et d'ententes. Un compromis doit conduire à la satisfaction des buts personnels des individus tout en contentant le but collectif global de tout le groupe.

On serait tenté de croire que seuls les êtres humains sont susceptibles d'interagir entre eux dans un environnement social. Seulement, les avancées technologiques en matière d'intelligence artificielle nous ramène à envisager des mécanismes d'interactions et de négociation entre les machines. En effet, les machines deviennent de plus en plus "intelligentes" dans la mesure où elles sont capables de raisonner et de prendre des décisions d'une manière autonome. Le besoin se ressent donc de définir des protocoles et autres mécanismes d'interactions permettant à ces machines de négocier et d'aboutir à des ententes bénéfiques pour tous les participants [29].

## 2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons conclu que les jeux peuvent être considérés comme la manière la plus simple de modéliser les situations de conflit [42, 47] et étudie les interactions entre les joueurs. La question classique liée à la théorie des jeux : quelle est la

meilleure action qu'un joueur puisse accomplir ? Dans la plupart des situations, le gain global dépendra de façon critique des choix effectués par l'ensemble des joueurs impliqués dans la situation. Ceci implique que pour qu'un joueur fasse le choix qui optimise ses gains, il doit raisonner de façon stratégique. Il doit, dans ce cadre, considérer les décisions que peuvent prendre les autres joueurs, et doit supposer qu'ils agiront de façon à optimiser leurs propres gains. La théorie des jeux donne un modèle simple pour analyser de telles situations.

# Formation de coalitions dans les systèmes multi-agents

## Introduction.

Le problème de formation de coalitions est étudié dans plusieurs domaines de recherche et apparaît sous différentes formulations qui ne posent pas nécessairement les mêmes problématiques et ne nécessitent pas les mêmes analyses et méthodes de résolution. D'une manière générale, la formation de coalitions est un moyen incitatif pour la coopération. Elle permet à des individus de se regrouper temporairement afin d'atteindre conjointement des objectifs communs.

Nous présentons dans ce chapitre les différentes approches du problème de formation de coalitions en nous intéressant aux travaux relatifs à la formation de coalitions d'agents coopératifs. Nous y présentons les travaux fondamentaux et les notions clés. Beaucoup de concepts introduits dans ce chapitre sont nécessaires à la compréhension des modèles existants.

## 3.1 Formation de coalitions d'agents coopératifs

Nous nous plaçons dans le cas d'un système multi-agents composé d'agents coopératifs dont l'objectif est de résoudre un problème imposé par un concepteur ou un utilisateur du système (par exemple un particulier, une société, une association) qui possède et maîtrise le système et les agents. Ils existent deux grands problèmes dans la littérature à savoir les jeux coalitionnels dans lesquels un ensemble d'agents coopératifs se partagent la recherche d'une structure de coalitions optimale, et le problème de la résolution collec-

tive de tâches. Nous nous intéressons au problème de la résolution collective de tâches, dans lequel des agents coopératifs doivent résoudre collectivement des tâches au profit du propriétaire du système.

### 3.1.1 Qu'est-ce qu'une coalition ?

Une coalition est définie comme étant un groupe d'agents ayant décidé de coopérer afin d'accomplir des tâches communes tout en prédéfinissant la stratégie de distribution des bénéfices et des gains générés par leur alliance. Généralement, un agent accepte de former une coalition avec les autres uniquement dans le but de maximiser son propre gain. La formation de coalitions est un cas particulier de jeu coopératif [57].

Plus formellement, une coalition est définie par le couple  $(N, v)$ , où :

$N = \{1, 2, \dots, n\}$  désigne l'ensemble de tous les agents participant à un jeu à  $n$ -personnes. Dans ce cas, tout sous ensemble  $N_c$  de  $N$  est appelé une coalition.  $v$  désigne la fonction qui associe à toute coalition de  $N$  une valeur exprimant le gain maximal espéré. Cette fonction est aussi appelée : valeur de la coalition [33, 52]. Dans le cas d'une coalition composée d'un seul agent  $a_i$ , la valeur de cette fonction est notée :  $v(a_i)$ . Pour une coalition composée de trois agents  $a_i$ ,  $a_j$  et  $a_k$ , la valeur de la coalition est notée :  $v(\{a_i, a_j, a_k\})$ .

### 3.1.2 Qu'est-ce qu'un protocole de formation de coalitions ?

Une coalition est par définition, une alliance momentanée de plusieurs agents dans le but de réaliser un objectif commun. Les mécanismes de formation de coalitions cherchent à rassembler des agents en fonction de leurs intérêts. Les approches basées sur la formation de coalitions se distinguent des approches basées sur la formation dynamique de groupes du fait qu'elles sont fondées sur la notion d'utilité. En effet, elles suivent le principe que ces agents coopèrent les uns avec les autres en se fixant comme objectif de maximiser leur propre utilité individuelle.

Le problème est caractérisé d'un ensemble d'agents dont tout sous-ensemble est appelé coalition, et d'une fonction qui associe à toute coalition de l'ensemble d'agents sa valeur, c'est à dire le gain total espéré pour cette coalition. Les agents qui forment une coalition sont noués par un contrat de redistribution de la valeur de cette coalition. On suppose en outre que la valeur d'une coalition ne dépend pas des agents qui n'en font pas partie et qu'il ne peut y avoir de redistribution à l'extérieur de la coalition. Et la dernière hypothèse est que ce contrat est supposé connu par tous les agents.

L'objectif d'un mécanisme de formation de coalitions est de former des coalitions stables. La question de la stabilité peut être formulée du point de vue individuel ou collectif et peut être évaluée selon des critères directement issus de la théorie des jeux.

Généralement la formation de coalitions se fait en trois grandes étapes [51]. La première étape étant la constitution de toutes les coalitions pouvant répondre au problème posé. Un agent initie la négociation, il devient l'initiateur en informant les autres agents et en recevant leur accord. Chaque agent devant attendre la fin d'une négociation avant d'en commencer une nouvelle. Tous les agents se transmettent alors leurs tâches. Ils peuvent ainsi former les coalitions représentant chacune des tâches ainsi que leurs paramètres associés. Vient ensuite, la phase de négociation où la nomination de la structure de coalitions la plus optimale pour résoudre le problème. Enfin, la dernière étape est le déploiement de la coalition retenue [5].

### 3.1.3 Jeux coalitionnels

Le problème de génération des structures de coalitions dans un jeu coalitionnel est une formulation fondamentale du problème de formation de coalitions dans les systèmes multi-agents qui a été sujet à de très nombreuses publications dans la littérature [3]. Il s'agit pour un ensemble d'agents coopératifs de s'organiser en plusieurs groupes d'agents. À chaque groupe d'agents formé est associée une utilité. L'objectif commun de tous les agents du système est de maximiser la somme des utilités des différents groupes qu'ils forment. Dans la section suivante, nous allons décrire ce problème plus formellement et détailler quelques algorithmes proposés dans la littérature pour le résoudre [3].

### 3.1.4 Description du problème

Nous considérons un ensemble  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  de  $n$  agents coopératifs.

**Définition 3.1.1.** [3] *Coalition, Grande coalition, Coalition singleton*

- Une coalition  $C \subset A$  est un sous-ensemble non vide d'agents.
- Nous appelons grande coalition, la coalition correspondant à  $A$  et contenant tous les agents.
- Une coalition  $C$  est dite singleton, si elle ne contient qu'un seul agent.

**Définition 3.1.2.** [3] *Structure de coalitions*

Une structure de coalitions est une partition de  $A$ , i.e. un ensemble de coalitions  $SC = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ , où les coalitions sont :

- Non vides :  $\forall i \in \{1, \dots, m\}, C_i \neq \emptyset$ .
- Deux à deux disjointes :  $\forall i, j \in \{1, \dots, m\}, i \neq j \implies C_i \cap C_j = \emptyset$ .
- Recouvrant :  $A = \cup_{i=1}^m C_i$ .

On pose :

$\triangleleft C$  : Ensemble des coalitions, correspondant à l'ensemble  $2^n - 1$  des parties non vides de  $A$ .

$\triangleleft C_i$  : Ensemble des coalitions auxquelles l'agent  $a_i$  appartient :

$$C_i = \{c \in C \mid a_i \in c\}. \quad (3.1)$$

$\triangleleft S$  : Ensemble de toutes les structures de coalitions.

### Définition 3.1.3. [3] Valeur d'une structure de coalitions

- Soit  $SC \in S$  une structure de coalitions. La valeur d'une structure de coalitions est définie comme la somme des valeurs des coalitions qui la composent :

$$v(SC) = \sum_{i=1}^N v(c). \quad (3.2)$$

### Définition 3.1.4. [3] Jeu coalitionnel

Un jeu coalitionnel est un couple  $(A, v)$  où  $A$  est un ensemble d'agents, et  $v$  est la valeur d'une coalition.

Dans un jeu coalitionnel, l'objectif des agents est de trouver la structure de coalitions ayant la valeur la plus élevée possible, c'est-à-dire de trouver la structure de coalitions  $SC^*$  telle que :

$$SC^* = \underset{SC \in S}{\text{Arg max}}(v(SC)). \quad (3.3)$$

Nous avons présenté la version la plus fondamentale du problème de formation de coalitions pour des agents coopératifs, nous allons présenter maintenant quelques travaux de formation de coalitions d'agents coopératifs ayant pour objectifs la réalisation de tâches.

## 3.2 Réalisation collective de tâches

Dans le domaine de la résolution de tâches, les agents ont des tâches à réaliser, et l'utilité n'est plus une fonction du groupe d'agents mais du groupe de tâches à réaliser.

A l'instar du contexte de recherche de structure de coalitions optimale présenté précédemment, nous nous intéressons dans cette section aux domaines d'études où la



fonction d'utilité des tâches à réaliser est commune aux agents du système. L'objectif des agents est de réaliser le meilleur ensemble de tâches pour le système.

## 3.3 Applications

### 3.3.1 E-commerce

#### 3.3.1.1 Présentation

Dans le domaine de E-business, la formation de coalitions consiste à réunir plusieurs personnes souhaitant acheter un même produit ou service, tel que plus le nombre de personnes intéressées est important et plus le produit/service peut être vendu moins cher. Plusieurs sites spécialisés dans le domaine de l'achat groupé ont vu le jour (e.g. *Amazon.com*, *eBay.com*, etc.). Ces sites E-commerce ont proposé de nouveaux modèles d'affaires pour l'activité du commerce efficace et efficiente.

Les agents intelligents ont été étudiés très largement dans le domaine de l'intelligence artificielle et les systèmes multi-agents. Il existe plusieurs agents qui essaient de vendre ou d'acheter des marchandises pour le compte de leurs utilisateurs. Il y a deux types d'agents, les agents du vendeur et les agents de l'acheteur.

Dans les sites du marché électronique, les acheteurs peuvent négocier avantageusement avec les vendeurs et les marchandises de l'achat aux prix de la remise du volume en formant une coalition de l'acheteur.

Dans[30], Ito et al. ont introduit le concept de prise de décision séquentielle pour les agents. Dans le monde réel, les vendeurs/acheteurs entrent séquentiellement dans un marché, et ils prennent séquentiellement une décision de vendre/acheter des articles. Leurs architectures sont basées sur les stratégies de négociation à base d'échanges d'éléments dans leurs stocks, dont le but de sélectionner d'autres agents vendeurs pour la formation de coalition, afin de vendre suffisamment d'articles pour les agents acheteurs.

- 1- Si un agent vendeur ne possède pas suffisamment d'éléments dans son stock, il essaie de trouver un autre agent vendeur qui a des éléments supplémentaires dans son stock, et ils essaient d'échanger de telle sorte qu'ils peuvent vendre suffisamment d'articles pour les acheteurs.
- 2- Les agents acheteurs essaient de former des coalitions, et les agents du vendeur essaient de sélectionner une coalition qui a le plus grand nombre d'articles.
- 3- Les agents acheteurs, choisissent d'autres agents acheteurs en terme de leurs utilités qui dépend :

- du prix souhaité pour un certain article ( $P_{desired}(g)$ ).
- du prix de l'article à acheter ( $P(g)$ ).
- du nombre d'articles à acheter ( $N_{desired}(g)$ ).

Tel que la fonction d'utilité pour chaque agent se calcule :

$$ub(g) = (P(g) - P_{desired}(g)) * N_{desired}(g). \quad (3.4)$$

### 3.3.1.2 Principe :

- Agents vendeurs affichent les informations sur leurs éléments.
- Quand un agent acheteur arrive : Il déclare ses préférences selon les informations des vendeurs. Ses préférences ( $b_k$ ) dépendent du prix de réservation, nombre d'articles qui seront stockés dans la mémoire partagée sur le site électronique.
- Lorsque l'article publié par le vendeur atteint la date limite. L'agent vendeur négocie avec les coalitions acheteurs, suivant ces étapes :

#### – Etape 01 :

(1-1)- Quand l'article  $g_i$  atteint sa date limite, un agent vendeur sélectionne une coalition d'agents acheteurs  $C_i$ .

(1-2)- **Si** ( Somme des articles < nombre d'articles dans son stock ) **alors**

- passer à l'étape 02.

**Sinon**

**Si** (Il y a un agent vendeur qui a du stock supplémentaire) **alors**

$S_j$  essaye de coopérer sur la base de mécanismes d'échanges.

- **Si** (Le mécanisme d'échange réussi ) **alors** Revenir à

(1-1).

- **Sinon** passer à (1-3)

**Fin si** .

**Fin si** .

**Fin si** .

(1-3)- :  $C_i \leftarrow C' \supset C_i$ .

#### – Etape 02 :

(2-1)- L'agent vendeur informe l'ensemble de la coalition  $C_i$ , ensuite, il leurs propose s'ils veulent acheter l'article ou non .

---

1. C' est le maximum d'articles qui reste en stock(la somme des articles).

– **Etape 03 :**

(3-1)- Un agent acheteur peut quitter la coalition si et seulement si :

- $R_{ik}$ (prix réservé) < Somme de tous les articles .
- $ub_k(g_i)$ (Prix de l'article ) <  $ub_k(g_i^{\prime 2})$

– **Etape 04 :**

(4-1)- **Si** ( $NONBUY_i^3$  est vide ) **alors**

- Le groupe  $C_i$  achète les articles .

**Sinon**

$$C_i^{\prime 4} = C_i - NONBUY_i.$$

**Si** (  $C_i^{\prime}$  est vide ) **alors**

- Le vendeur arrête de vendre les articles aux acheteurs  $g_i$ .

**Sinon**

- Aller à Etape 01 .

**Fin si** .

**Fin si.**

### 3.3.1.3 Avantages :

- ✓ L'implémentation d'un agent médiateur (site électronique) basée sur l'achat en groupe, permet aux agents de vendre efficacement leurs marchandises. Le résultat est efficace pour soutenir le commerce électronique basé sur la réduction des prix.

### 3.3.1.4 Inconvénients :

- La mise en œuvre actuelle, emploie le serveur central dont lequel les agents vendeurs/acheteurs peuvent négocier les uns avec les autres.

## 3.3.2 Fouilles de données

### 3.3.2.1 Présentation (cas 01)

Un moteur de recherche typique est composé de plusieurs modules de recherche d'information qui exécutent des tâches telles que la formation de la requête, l'optimisation de la requête, l'évaluation de la requête, l'amélioration de la précision, le clustering et la

---

2. Le même article mais qui est vendu à un prix moins cher chez un autre vendeur.

3. Un ensemble d'agents acheteurs qui ont décidé de quitter la coalitions.

4. La nouvelle coalitions.

visualisation de la requête. Pour chacune de ces phases, il existe un grand nombre de techniques qui ont été développées .

Actuellement, les moteurs de recherche sont construits en intégrant un ensemble fixe de modules et de techniques. De plus, les systèmes actuels de recherche d'information sont optimisés pour une charge particulière, ils ne peuvent pas répondre dynamiquement à des charges variables, disponibilité de ressources de calcul, et aux caractéristiques spécifiques d'une requête donnée. La possibilité d'adapter dynamiquement le traitement au temps disponible a été largement étudié par la communauté de l'intelligence artificielle.

Dans ce contexte, Aknine et al. [2] ont proposé une méthode de formation de coalition dédiée à l'analyse du contenu des documents circulant sur le Web, qui rentre dans le contexte du projet européen "Princip" (dédié au filtrage de documents racistes). Vu la complexité des traitements pour l'analyse du contenu des documents et de l'absence d'algorithme permettant de mener cette analyse, Aknine et al. ont proposé une nouvelle méthode de formation de coalitions entre agents, qui se base sur le principe de concessions graduelles entre agents pour cette formation.

Le rôle principal de cette méthode est de fournir les outils théoriques permettant la combinaison de nombreuses règles d'analyse de contenu pour parvenir à un consensus graduel et de décider de la suspicion ou non des documents analysés. Cette décision se repose sur un ensemble de critères appelé critères racistes (identifiés par une analyse statistique comparative des équipes linguistes spécialistes dans le domaine, ils permettent de reconnaître les textes racistes).

Ce modèle se base sur une approche multi-agents pour permettre une analyse multidimensionnelle du contenu des documents en utilisant des agents critères, où chacun génère un ensemble d'information sur les caractéristiques du document en utilisant un ensemble de traitements propre, en se basant sur les informations produites par d'autres agents critères.

### ✕ Notation

- $E_i$  : Représente un ensemble de coalitions .
- $C_i$  : Représente un agent critère .
- $\text{Sig}(E_i)$  : Définit l'ensemble des agents "agents-critères" ayant approuvé l'ensemble  $E_i$  .
- $\vdash_R C_i$  : Dénote qu'un traitement peut être activé si les informations produites par d'autres critères sont disponibles.
- $C_i \vdash_R$  : Le critère a obtenu ces informations.

- $K(C_i)$  : Définissent les ensembles dont l'agent-critère  $C_i$  a pris connaissance.
- $\text{Out}(C_i)$  : Les ensembles inacceptables pour un agent-critère  $C_i$ , ils sont les ensembles  $E_j \in K(C_i)$  dont l'agent-critère a pris connaissance mais qui sont inacceptables pour lui.

### 3.3.2.2 Principe

Pour former les coalitions, Aknine et al. [2] proposent un algorithme qui se compose de trois phases :

#### - Phase 01 : Initialisation de la négociation et transfert des tâches

- Un des agents-critères doit initier la négociation (soit à cause de l'arrivée d'un document à analyser ou en cas de modification de ses préférences suite à une évaluation négative faite par un autre agent-critère d'un des documents sur lesquels il travaillait).

L'agent initiateur informe tous les autres agents qu'il débute une nouvelle négociation. Tout agent qui voudrait en débiter une autre devra attendre la fin de la négociation. Pour éviter des conflits entre deux demandes simultanées, chaque agent envoie une confirmation.

Une fois l'agent initiateur a eu toutes les confirmations, il transmet un vecteur de ses choix conditionnels. Par exemple, l'agent  $C_i$  envoie un vecteur de la forme :

$$\text{Want}(C_i) = \langle t_1 : D_1 \vee D_2 \vee D_3, t_2 : D_4 \text{ si } C_j \vdash D_4 : D_5 \rangle . \quad (3.5)$$

qui s'explique par :

L'initiateur voudrait traiter les documents  $D_1$ ,  $D_2$  ou  $D_3$  à l'instant  $t_1$ . Il voudrait traiter le document  $D_4$  à l'instant  $t_2$  si les ressources nécessaires à cela ont été produites par un autre agent-critère  $C_j$ . Enfin, il n'a aucune exigence sur l'instant de traitement du document  $D_5$ .

#### - Phase 02 : Négociation et formation de coalitions

- Chacun des autres agents commence également par calculer de son côté le ou les ensembles qu'il préfère. Il calcule ensuite les ensembles qu'il choisirait en deuxième position et ainsi de suite.

- Pour qu'un agent transmette son prochain choix, il doit attendre un message de réponse d'un autre agent, soit :

- A propos de l'ensemble qu'il a proposé.
- A propos d'une nouvelle proposition d'ensemble de coalition.

- A la réception d'un groupe d'ensemble de coalition ( $EC$ ), il évalue l'ensemble des coalitions et les classes par ordre de préférence dans des groupes d'ensembles homogènes.

**Si** (Un ou plusieurs de ces EC sont préférés que son meilleur choix) **alors**

- Il le transmet à l'agent suivant, qu'il veut faire participer dans la négociation.
- Il signe alors cet ensemble dans  $Sig(E_i)$ .

**Fin si**

**Si**( Réception d'un groupe inacceptable de Coalitions) **alors**

- Il les signale dans  $Out(C_i)$  au moins au prochain agent qu'il va contacter si les agents se font confiance. Dans le cas contraire, il ne les signale pas aux autres.

**Fin si**

**Si** (Certains ensembles sont acceptables mais l'utilité est inférieure à son premier choix) **alors**

**Si** (agent décide de les transmettre) **alors**

- L'agent transmettra l'EC à l'agent suivant.

**Sinon**

- L'agent ne les transmet pas mais indique quand même qu'il les a reçus dans  $K(C_i)$ .

**Fin si**

**Fin si**

- L'agent envoie son meilleur groupe d'ensembles pour l'agent qu'il a choisi, s'il ne le lui a pas encore envoyé, sinon il choisit le groupe suivant dans l'ordre de ses préférences.

- Si tous les autres agents ont déjà participé à la négociation, l'agent classe de la même façon les ensembles reçus en groupes. Si au moins un des ensembles reçu est acceptable, il peut le considérer comme son meilleur groupe s'il estime que la durée de la négociation est proche de la fin. Tous les ensembles de ce groupe sont des optimaux de Pareto. Il peut donc en choisir un au hasard et ce sera la solution de la négociation.

- Dans le cas contraire, il peut relancer la négociation s'il lui reste encore des groupes d'ensembles à proposer et évidemment qu'il n'a pas encore signalé.

### - Phase 03 : Transmission de la solution

Une fois que le dernier agent a identifié un optimum de Pareto, il transmet cet ensemble à tous les autres agents qui l'acceptent comme solution de la négociation puisqu'ils l'avaient déjà approuvé dans  $Sig(E_i)$ .

#### 3.3.2.3 Avantages

- ✓ Permet la préservation de l'équité entre les agents où le choix de tous les agents est respecté.
- ✓ Aucune contrainte de confiance entre les agents n'est imposée dans ce modèle.
- ✓ Respecte la non agrégation des préférences des agents, tout en leur associant les nouvelles propriétés.
- ✓ Permet plus de flexibilité en utilisant une restructuration dynamique et rapide des coalitions en fonction de nouvelles informations.

#### 3.3.2.4 Inconvénients

- Les auteurs n'ont aucune théorie pour déterminer l'efficacité de telle ou telle combinaison de critères, le but de l'approche est d'apporter une solution au problème de combinaison de ces règles seulement.
- Les agents critères doivent respecter leurs contrat, les auteurs n'ont pas traité le cas inverse.

Dans le même contexte, une autre approche de formation de coalitions est inspirée des travaux sur le raisonnement progressif, qui a pour motivation d'adapter la qualité de la solution au temps disponible.

#### 3.3.2.5 Présentation (cas 02)

Dans [8] cette approche, chaque agent est muni d'une méthode d'amélioration de la solution. Les agents vont entrer en négociation afin de former une coalition qui maximise l'utilité de la réponse à la nouvelle requête.

La stratégie globale de l'ensemble d'agents est de fournir les réponses aux requêtes des clients en réduisant au minimum leurs temps d'attente (le délai est borné et fixé à l'avance).

Finalement, les auteurs ont proposé un algorithme distribué de formation de coalitions adapté à une architecture d'agents hiérarchiques pour la résolution distribuée de

problèmes à contraintes temporelles dont le but de minimiser le coût de la coalition tout en maximisant l'utilité de la réponse.

- Le système possède en entrée une requête qui contient des mots clés.
- A l'arrivée d'une requête, les agents vont entrer en communication pour former une coalition qui maximise l'utilité de la réponse à la nouvelle requête.

Cela revient à identifier parmi tout l'ensemble  $\gamma = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  (ensemble des agents) ceux qui participeront au traitement et à l'amélioration progressive de la requête, tout en respectant le temps de réponse maximum à la requête ( $T$ ).

Ce problème est un problème d'optimisation similaire au problème du sac à dos, sauf que les objets sont dynamiques (agents) de plus, les poids (durées des méthodes) et les utilités de chacun des agents pour le traitement de la nouvelle requête varient au cours du temps.

- Afin d'améliorer la requête, les techniques suivantes ont été utilisées :
  - Une technique pour parcourir la requête en utilisant des concepts permettant de reconnaître des noms d'entreprises, des noms de personnes, des dates, des lieux etc.
  - Une technique qui examine la requête et permet l'ajout d'autres mots pour son amélioration .
  - Une technique qui utilise des méthodes d'analyse pour reconnaître quelques phrases dans la requête.
  - Une technique qui formule une nouvelle requête à partir des documents trouvés en réponse à la requête courante. Cette technique, dite analyse contextuelle locale (LCA), est une méthode statistique qui permet d'étendre la requête aux mots qui dépendent du contexte.
  - Une technique qui utilise une bibliothèque (thésaurus) permettant de déterminer les mots les plus proches de la requête afin d'améliorer de manière rapide les performances.
- Le système est composé d'un agent **Interface A**, chargé de recevoir les requêtes sous leurs formes originales, et d'exécuter effectivement la requête en fournissant une réponse définitive aux clients.
- Chaque agent est muni d'une technique d'amélioration de la qualité de la requête.
- Les agents sont numérotés de 1 à  $n$ , selon l'ordre dans lequel sera amélioré progressivement la requête.



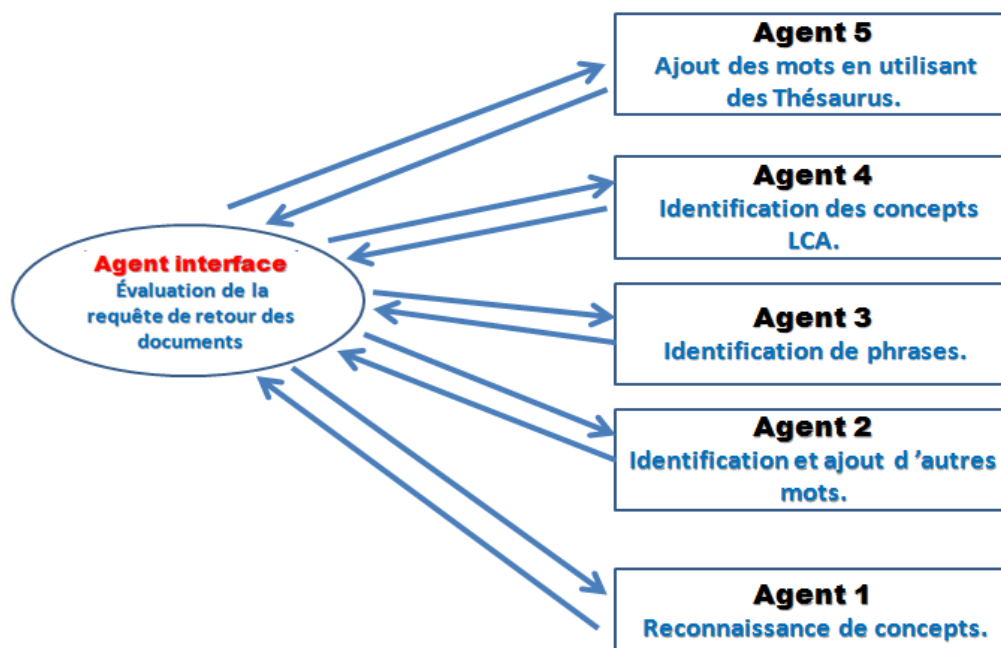


FIGURE 3.1 – Architecture de formation de la coalition.

- Chaque agent possède des voisins de niveau supérieur et des voisins de niveau inférieur.
- Un agent pour une requête donnée ne peut avoir en entrée que les résultats fournis par un agent du niveau inférieur, et ne peut fournir les résultats de sa technique qu'à un agent de niveau supérieur ou à l'agent interface.
- Chaque agent possède les profils des agents voisins du niveau inférieur.
- Vu que chaque agent est doté d'une seule technique locale pour améliorer progressivement la qualité de la requête, donc les agents doivent entrer en négociation pour former une coalition qui maximise l'utilité de la réponse, dont le but est de minimiser le nombre de messages échangés entre les agents pour former la coalition afin de réduire au minimum le temps de négociation. La durée d'une méthode dépend de l'agent du niveau inférieur qui fournit l'entrée.

La recherche de l'information se fait progressivement à partir de l'agent du niveau 01. Si au niveau d'un agent, l'échéance du temps de réponse est dépassée, alors l'agent d'utilité minimale va se retirer. Dans ce cas, la réponse sera à partir du premier voisin du niveau inférieur de l'agent d'utilité minimale (qui vient de se retirer), ce processus va être réitéré jusqu'à l'agent du dernier niveau.

### 3.3.2.6 Principe

- 1) A l'arrivée d'une requête, on lui affecte un temps dont lequel elle sera exécutée ( $D$ ).
- 2) L'envoi des messages de participation aux agents de niveau 1, dont lequel chaque agent calcule :  $D_1 = (D - t)$ , avec  $t$  : temps pris par chaque agent pour exécuter la requête, celui qui répond en un temps court sera choisi.

Ils transmettent ce temps avec les messages de participations aux agents du niveau 2.

- 3) Les agents de ce niveau vont refaire la même opération mais à partir de  $D_1$  ( $D_2 = D_1 - t$ ) et transmettent aux agents de niveau supérieur jusqu'au dernier niveau.

- 4) Si à un certain niveau, la capacité est dépassée (i.e : les agents ne peuvent pas répondre au temps demandé), l'agent de niveau supérieur envoie une invitation à l'agent dont l'utilité est minimale de se retirer. Et le processus de formation de coalition va se refaire à partir du nouveau voisin.

### 3.3.2.7 Avantages :

L'algorithme de formation de coalitions est garanti pour deux raisons :

- ✓ Le nombre d'agents est limité (Cas de système agent non additif).
- ✓ L'agent qui se retire de la négociation pour une requête  $R_j$  ne peut plus rejoindre la coalition pour cette même requête.

### 3.3.2.8 Inconvénients :

- L'algorithme présente des retours arrières : Il y a retour arrière quand le coût de la coalition partielle occasionné par un agent (le contenu de  $S$ ) compromet le temps de réponse à la requête. Le pire des retours arrières est quand l'agent qui possède la plus petite utilité se situe au fond de la hiérarchie.

- Tous les changements effectués sur le contenu du sac  $S$  seront annulés et le remplissage du sac reprend à partir du premier voisin du niveau inférieur de l'agent qui vient de se retirer.

## 3.3.3 Data mining

### 3.3.3.1 Présentation

Le data mining est le processus d'extraction de connaissances à partir d'énormes quantités de données [53].

Dans ce contexte, Sabri [48] propose une nouvelle formulation d'un nouvel algorithme de clustering par partitionnement en se basant sur la théorie des jeux (c'est prendre un ensemble de points de données et les partitionner en groupes de données numériques en data mining, dans le but de former des groupes homogènes).

La nouveauté dans ce mémoire est l'ajout d'une métrique d'homogénéité comme critère d'évaluation, cette homogénéité se calcule à base des erreurs observées au niveau de chaque cluster.

### 3.3.3.2 Principe

Dans ce travail, l'auteur a défini les mesures suivantes :

✓ *La mesure d'erreur locale* : Représente l'erreur observée au niveau d'un cluster par rapport à chaque attribut.

✓ *La mesure d'homogénéité interne* : C'est le calcul de l'apport par le gain qui est l'amélioration observée au niveau du cluster lorsqu'il passe d'une étape  $(t - 1)$  à une étape  $t$  du jeu.

✓ *La mesure d'hétérogénéité externe* : Définie une nouvelle métrique d'erreur globale.

L'intérêt principal de cette approche est d'obtenir un gain meilleur de l'ensemble, en d'autres termes améliorer l'homogénéité des clusters.

La formation de cluster est modélisée sous forme d'un jeu coopératif, où les joueurs se coopèrent afin d'améliorer les gains de leurs membres comme suit :

- ◇ Les joueurs sont les objets (actif / passif).
- ◇ Les stratégies sont : Libérer un joueur, Recruter un joueur, Virer un joueur, Réactiver un joueur ou Ne rien faire.
- ◇ Le capital d'un objet de données  $i$  par rapport à un cluster  $C_j$  est défini par :

$$\lambda(i, C_j) = \frac{1}{|C_j|} \sum_{l \in C_j} d(i, l), \quad (3.6)$$

avec :  $|C_j|$  : La taille d'un cluster  $C_j$ ,

$d(i, l)$  : La distance entre deux objets  $i$  et  $l$ .

- ◇ La mesure du calcul de la similarité : est basée sur la distance euclidienne, elle se calcule entre deux objets  $i$  et  $l$  comme suit :

$$d(i, l) = \sqrt{\sum_{q=1}^{\delta} (t_{iq} - t_{lq})^2}. \quad (3.7)$$

- Le voisinage d'un objet  $i$  peut être défini en se basant sur un seuil qu'on note '*Max - Vois*' (le nombre maximum de voisins qui sont plus proches de l'objet ' $i$ ').
- Le leader du cluster est celui ayant le capital le plus petit.
- L'auteur suppose que le nombre minimum d'objets dans un cluster est fixé, afin d'éviter la construction des clusters vides.
- L'auteur suppose aussi que le nombre de voisins (en fonction de la distance) initiaux pour chaque objet est fixé.

La formation de coalitions est représentée comme suit :

- 1) Initialement, on évalue la configuration actuelle :
  - Calculer les erreurs locales des clusters  $C_j$
  - Calculer l'erreur globale  $E_g$ .
- 2) Pour chaque équipe  $C_j$  :
 

Choisir une des stratégies qui diminue son erreur locale

  - Évaluer la configuration courante :
    - Calculer les capitaux de chaque objet.
    - Calculer les erreurs locales ( $C_j$ ).
    - Calculer l'erreur globale  $E_g$ .
- 3) On se retrouve devant un autre état du jeu et on revient à l'étape (2).
- 4) On répétera la procédure *MaxIter* fois ( *MaxIter* : Le nombre d'itération maximale) .

### 3.3.3.3 Avantages

- ✓ Permet de réduire la complexité dans les calculs.
- ✓ Le modèle proposé permet de suivre à la fois la cohérence interne et l'hétérogénéité externe au niveau des clusters produits.

### 3.3.3.4 Inconvénients

- Le temps que demande un projet de data mining avec cette approche est amélioré mais reste toujours élevé.

## 3.3.4 Energétique

### 3.3.4.1 Présentation

D'après le département américain d'énergie, une augmentation de 5 dans l'efficacité de la grille énergétique utilisée dans les centrales électriques est équivalente au gain d'émission de fuel et de CO2 de 53 millions de voitures.

Dans ce contexte, Mihailescu et al. [39] ont proposé un modèle de formation de coalitions en se basant sur les ressources d'énergie distribuées (DER) qui peut augmenter la flexibilité et la résilience du système, dans le but d'augmenter la productivité de l'énergie.

Le but de ce travail est de fournir un modèle de coordination des centrales électriques virtuelles en utilisant les jeux coopératifs. Au lieu de se baser sur des architectures centralisées comme Pielke et al.[45] et Pudjianto et al.[46], Mihailescu et al. [39] proposent un modèle de configurations VPS dynamique, avec une approximation optimale dans le but d'assurer la flexibilité et la robustesse du système.

Sachant qu'une centrale électrique virtuelle (CEV) est conçue comme un paquet de DERs qui est relié à travers une infrastructure informationnelle et agit dans un chemin coordonné comme une entité seule. La procédure de formation de coalitions dans cet article est due principalement au comportement stochastique du système et l'hétérogénéité des appareils impliqués dans le contrôle distribué du DERs, celle-là est conçue en se basant sur le concept d'intégrer DERs dans la forme de centrales électriques virtuelles comme dans [46].

### 3.3.4.2 Principe

La modélisation utilisée est :  $M = (A, B_i, S, \phi, v)$  tel que :

$A$  : Ensemble des agents  $a_i$  .

$B_i$  : Montant de prévision de l'électricité pour le jour suivant pour l'agent

$a_i$  tel que :

Si ( $B_i > 0$ ) alors  $a_i$  est producteur.

Si ( $B_i < 0$ ) alors  $a_i$  est consommateur.

$S$  : Ensemble des coalitions.

$\phi$  : Ensembles des contraintes qu'il faut avoir par chaque coalition.

$\phi_1$  : Chaque nombre de coalitions doit être inférieur à  $N$ .

$\phi_2$  : Il faut une balance positive entre producteurs et consommateurs.

$$\sum B_i > 0.$$

$\phi_3$  : Il faut assurer le profil énergétique que chaque coalition.

$$\sum B_i > p, \quad \text{où : } P_j = S_j \in P.$$

$v$  : Fonction ( $S \rightarrow \mathbb{R}$ ) qui retourne l'utilité de  $S$  qui représente l'évaluation des critères spécifiques de l'application.

**Notation :**

$PA_s$  : Les agents producteurs.

$LA_s$  : Les agents consommateurs.

$CA_s$  : Les agents coordinateurs.

Le processus de formation de coalitions se déroule en trois phases comme suit :

**Phase 01 : Initialisation**

Un ensemble d'initiateurs est choisi parmi les agents  $PA_s$  pour initier la construction des VPS (Virtual Power station). Ce choix est basé sur une probabilité  $p$  proportionnelle au nombre inverse des  $PA_s$  voisins et libres dans le réseau, qui sont aussi configurés pour faire le même traitement.

**Phase 02 : Phase de l'agrégation des fournisseurs**

Cette phase construit dynamiquement la structure de coalition par un mécanisme de négociation où les demandes et les propositions sont faites d'une manière opportuniste comme suit :

- $CA_s$  envoient leurs demandes à leurs  $PA_s$  en indiquant leurs profils (VPS) qu'elle veut réaliser en terme de : potentiel et niveau énergétique.
- $PA_s$  évaluent les offres des  $CA_s$  et sélectionne la meilleur offre pour leur ensemble de sélection.
- $CA_s$  reçoivent les réponses et décident de l'engagement avec les  $PA_s$  et forme les VPS.

Initialement :  $v(S_i) = \sum(Q_i, j)$ .

La décision des  $CA_s$  est basée sur le calcul du coefficient de l'association du potentiel :

$$\phi_{i,j} = w_1.C_j + w_2.T_j + w_3.E_j. \quad (3.8)$$

où :

$C_j$  : Mesures de sécurité ( $C_j$ ).

$T_j$  : Cout de transmission ( $T_j$ ).

$E_j$  : Balance (Couts Énergétiques).

### **Phase 03 : Phase d'agrégation des consommateurs**

Une fois que les VPSs sont assurés, il reste à agréger les LAs :

- LAs soumettent leurs demandes de prévisions au CAs qui sont à leurs proximités.
- Pour chaque demande (requête), les CAs calculent le coefficient de l'association correspondant, basé sur cette information, une réponse de proposition est accordée au LAs le plus convenable pour joindre la coalition, en joignant son coefficient dans l'association correspondante.

Le processus se termine quand les LAs sélectionnent la coalition dont l'utilité est principalement augmentée par leurs engagements.

#### **3.3.4.3 Avantages**

- ✓ Le modèle de formation de coalitions assure la stabilité du système, qui permet l'augmentation de la productivité d'énergie malgré le dynamisme et la flexibilité du système.
- ✓ Les auteurs ont mis en valeur l'applicabilité de cette approche à travers le dessin d'un plan adaptatif distribué pour une grille de l'électricité intelligente.

#### **3.3.4.4 Inconvénients**

- Le modèle pose le problème de la confiance entre les agents.

### 3.3.5 Réseaux de capteur sans fil (Wireless Sensor Networks)

#### 3.3.5.1 Présentation

Un réseau de capteurs sans fil (WSN) se compose généralement de nœuds capables de superviser une région ou un phénomène d'intérêt, de fournir des informations utiles par les combinaisons des mesures prises par les différents capteurs et de les communiquer ensuite via le support sans fil, mais la taille physique du nœud capteur est très faible et la transmission des données est très chère, ce qui pose des défis pour la conception et la gestion de tels réseaux. En outre, les nœuds de capteurs sont alimentés principalement par des batteries. Ils doivent donc fonctionner avec un bilan énergétique frugal.

Groupier est une méthode pour la coopération entre les nœuds, dans lesquels ces derniers appartiennent aux groupes distincts [40]. Quand les nœuds forment une coalition, ils s'aident les uns les autres pour transférer des données dans un chemin plus organisé.

Dans ce contexte Kazemeyni et al. [32] proposent une méthode de formation de cluster en se basant sur la théorie des jeux dans la proposition d'un protocole d'adhésion à un cluster pour l'économie de l'énergie dans WSN. La décision d'appartenance à une coalition est basée sur la théorie des jeux coopérative afin de prononcer sur l'adhésion au meilleur groupe, et les stratégies des nœuds sont basées sur Power-Sensitive AODV protocole [32].

Noter que le protocole de routage standard AODV compte le nombre de sauts (la longueur du trajet) et trouve le plus court chemin entre un nœud émetteur et sa destination, tandis que le protocole Power-Sensitive AODV Protocol trouve le chemin le moins coûteux en ce qui concerne la consommation (énergie) des nœuds dans le chemin de transmission.

#### 3.3.5.2 Principe

Chaque groupe a un leader i.e. un membre désigné qui reçoit toutes les données des membres du groupe et communique avec d'autres leaders pour acheminer les données à la destination.

A l'intérieur du groupe, ce n'est pas toujours nécessaire pour un nœud d'utiliser son pouvoir de transmission maximal. Les membres du groupe peuvent diminuer leurs consommations et peuvent utiliser leurs transmissions minimums juste pour atteindre le chef du groupe. Ainsi, le chef devrait être choisi avec soin et il doit avoir assez d'énergie pour assumer ses responsabilités.



Les auteurs Kazemeyni et al. [32] ont modélisé le problème de groupement des nœuds dans WSN comme un jeu de coalition. Les nœuds capteurs sont les joueurs et le jeu consiste à déterminer si un nœud doit se joindre un groupe ou non, dont le but de réduire la consommation d'énergie totale dans le réseau.

Les auteurs ont choisi la forme suivante pour un nœud  $e(o, p, e, n, l)$  :

o	p	e	n					l
Identifiant	Position (x, y)	(puissance, énergie)	Routage	Utilité ( $U^*$ , $U^0$ )	voisins	reqID	prev	Leader
		puissance : capacité du nœud. énergie : total d'énergie restant au nœud.	Table Routage	$U^*$ : nouveau gain du groupe $U^0$ : ancien gain du groupe	Liste des voisins	N° de séquence de la dernière requête reçu.	Dernier nœud du chemin de routage	Id du leader

Et la forme d'un message est comme suit  $msg(h, s, d)$  :

h	s	d
Entête du message de la forme : <b>name(c)</b> name : nom du message. c : contenu du message.	Source du message.	Destination du message.

Kazemeyni et al. [32] ont choisi comme fonction d'utilité la fonction d'utilité proposée par Goodman et al.[26], qui semble être le choix le plus approprié lorsque la consommation électrique est un élément important du modèle :

$$w(power_j, \delta_j) = \left(\frac{R}{power_j}\right)(1 - e^{-0.5\delta})^L. \quad (3.9)$$

Lors de l'application  $w$  à un nœud  $j$  on a :

- $Power_j$  : C'est l'énergie utilisée pour le transfert des messages par  $j$  .
- $\delta_j$  : C'est le signal d'interférence et de rapport du bruit(SINR) pour  $j$ .
- $R$  : C'est le taux de transmission d'informations dans des paquets de bits  $L$  dans le WSN.

Le protocole de formation de coalitions se déroule comme suit :

- 1- Le nœud  $j$  envoie un message *HELLO* avec la puissance maximale à tous les chefs de groupe dans sa portée.

2- Chaque leader utilise le protocole Power-Sensitive AODV protocole pour trouver le chemin le moins coûteux pour  $j$ , il le considère comme un membre potentiel du groupe et évalue le bénéfice de son appartenance à ce cluster :

$$g_i(M \cup j, N) < g_i(M, N \cup j).$$

3- Si l'adhésion est bénéfique, le leader  $i$  envoie un message d'invitation à  $j$ ,  $y$  compris les valeurs d'utilité anciennes  $v_{old}^i$  et nouvelles  $v_{new}^i$ .

- La nouvelle valeur :  $v_{new}^i = g_i(M, N \cup j)$ .

- L'ancienne valeur :  $v_{old}^i = g_i(M \cup j, N)$ .

4- Le nœud  $j$  peut recevoir des messages d'invitation de nombreux leaders, qui sont traités de manière séquentielle. Par hypothèse,  $j$  est actuellement dans le groupe  $a$  et sait ( $v_{old}^i$ ) et ( $v_{new}^i$ ).

Pour chaque invitation, le nœud  $j$  calcule :

$$v_{new}^i - v_{old}^i > v_{new}^a - v_{old}^a.$$

Si tel est le cas,  $j$  accepte l'invitation de  $i$  et envoie un message à un leader avec la valeur :

$$v_j = v_{old}^a - v_{new}^a .$$

5. Le leader reçoit un message d'acceptation de  $j$  et met à jour son utilité (une approximation).

6. Le leader reçoit le message avec une valeur  $v_j$ , et met à jour son utilitaire en prenant cette valeur et réalisant le rapprochement  $v - v_j$ .

### 3.3.5.3 Avantages

- ✓ Ce modèle assure une meilleur flexibilité du système.
- ✓ La stabilité du système est garantie.

### 3.3.5.4 Inconvénients

- La fonction de l'utilité utilisée dans cet article peut être raffinée en capturant l'inter-vention des interférences dans la transmission de signal des nœuds.
- Dans cet article, les auteurs n'ont pas spécifié la méthode de choix des leaders et ont supposé que ces derniers sont arrangés avec des ressources d'énergies renouvelables.

### 3.3.6 Occupation d'espaces

#### 3.3.6.1 Présentation

Dans le contexte de l'occupation de l'espace qui consiste en la mise en place d'un ensemble d'objets dans un espace prédéfini tout en respectant un certain nombre de contraintes imposées (déclarées) et d'autres (non déclarées) qui apparaissent lors de la mise en place elle-même. Bien entendu, une telle occupation doit être optimale.

Les modèles mathématiques qui ont tenté de traiter ce problème se ramènent souvent à mettre en valeur l'aspect optimisation (réduction de l'espace occupé par exemple), mais pas directement l'aspect satisfaction de contraintes.

Dans ces modèles, l'énorme difficulté rencontrée dans l'expression des contraintes est contournée par la recherche d'une fonction d'évaluation. Il peut être intéressant d'envisager de nouveaux moyens pour la résolution, en particulier des méthodes résultant de techniques d'intelligence artificielle.

Le problème peut être assimilé, à un Problème de Satisfaction de Contraintes (CSP), traité sur une échelle de " sévérités " des contraintes. Ainsi, les préférences seront examinées après avoir satisfait les contraintes " sévères ". Toutes les techniques de résolution de problèmes peuvent être intégrées : exploration de graphes, utilisation des heuristiques, etc.

Dans [10], Boussaa et al. ont proposé une architecture pour la résolution d'espace d'occupation par le biais de solveurs spécialisés. Sur cette base, un ensemble d'agents solveurs est fourni (formation de coalition), ainsi les compétences et les interactions des agents seront étudiées et classées selon les types d'occupation d'espace .

#### 3.3.6.2 Principe

La formation d'une coalition se résume comme suit :

- Un agent initiateur, vise un ensemble de plans dont il préfère, il les transfère en les regroupant et en les ordonnant à un agent proche de son choix.

- L'agent qui reçoit les plans, filtre ceux qui sont "mieux" que l'état actuel, les réorganise en fonction de son utilité, et les envoie de la même procédure à un agent de son choix.

- Le dernier agent sélectionne le plan le plus intéressant (ou plans) qui constituent l'optimum de Pareto.

Le processus de négociation est défini en 3 phases :

**Phase1 : Initialisation de négociation et transfert de contraintes :**

L'agent initiateur informe tous les autres qu'il commence une nouvelle négociation. Tout agent qui veut commencer une autre négociation, il faudra attendre la fin de la négociation courante. L'agent initiateur calcule toutes les coalitions possibles.

Il les rassemble dans le groupe des ensembles de solutions et les envoie à l'agent qui doit commencer la négociation.

**Phase2 : Négociation :**

Quand un agent reçoit un ensemble de groupes : il les classe selon ses préférences (selon son utilité), et ils seront envoyés à l'agent suivant un ordre décroissant.

Si tous les agents ont déjà participé à la négociation (l'agent est donc le dernier). Ainsi, au moins l'un des ensembles reçus est acceptable, elle ne considère que la meilleure solution. Cet ensemble est Pareto optimum.

**Phase3 : Transmission de la solution :**

Une fois le dernier agent a identifié l'optimum de Pareto, il transmet cet ensemble à tous les agents qui l'acceptent comme une solution de la négociation.

### 3.3.6.3 Avantages

✓ L'approche de coalition permet à tous les agents de participer et de traiter les propositions, ce qui garantit pour sélectionner une solution recevable conformément à l'optimum de Pareto.

### 3.3.6.4 Inconvénients

- L'absence d'une méthode qui permet à un agent récepteur de demander la modification d'un certain plan.

## 3.3.7 Etude comparative des modèles de formation de coalitions

### 3.3.7.1 Critères de comparaison

**Domaine d'application :** Ce critère définit les domaines dans lesquels un modèle de négociation pour former une coalition peut être appliqué.

**Nombre de Coalitions :** Ce critère détermine le nombre de coalitions qui peut être former lors de la négociation.

**Profil :** Chaque joueur connaît l'ensemble des actions choisies par tous les joueurs qui sont intervenus.

**Attributs de négociation :** Ce critère concerne le fait de suivre un chemin qui va mener à atteindre un accord. C'est à dire, elle permet de clarifier chaque point du modèle en apportant des explications et des précisions à suivre du début jusqu'à la fin de la négociation.

**Durée de la négociation :** Indique si la négociation pour la formation des coalitions est finie ou non en terme de temps.

**Type système :** Le type du système peut être centralisé ou décentralisé.

**Extensibilité :** Ce critère indique si le système peut accepter l'adhésion des nouveaux éléments.

**Hétérogénéité :** Indique si les composants du système ont des caractéristiques différentes.

**Via le Web :** Pour une application donnée, ce critère définit si elle est appliquée via le web ou non.

**Technologie :** Ce critère détermine quels sont les aspects traités lors de la formation de la coalition.

### **3.3.7.2 Tableau de comparaison**

Critère	Ito et al. [30]	Aknine et al. [2]	Belleili et al. [2]	Mihailescu et al. [39]	Sabri [48]	Kazemeyni et al. [32]	Boussaa et al. [10]
Domaine d'application	E-commerce	Fouille de données	Fouille de données	Energie électrique	Data mining	WSN	Occupation d'espace
Nombre de Coalitions	Nombre infini	Nombre fini	Nombre fini	Nombre fini	Nombre fini	Nombre infini	Nombre fini
Profil	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	0.05cm Non
Attributs de négociation	Nombre d'articles et le prix.	Temps de réponse.	Temps de réponse.	La puissance.	La distance.	La distance.	les dimensions (2D ou 3D).
Durée de la négociation	Finie	Finie	Finie	Finie	Finie	Finie	Finie
Type système	Distribué	Distribué	Distribué	Distribué	Distribué	Distribué	Distribué
Extensibilité	Oui	Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui
Hétérogénéité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Technologie web	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non

TABLE 3.1 – Tableau de comparaison

## 3.4 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre un panel des travaux existants sur la formation de coalitions en théorie des jeux et dans les systèmes multi-agents. Dans un système multi-agents, plusieurs agents interagissent afin de satisfaire au mieux leurs préférences. Notre objectif au long de ce travail était de spécifier de façon concise et efficace les interactions entre agents dans de tels systèmes. Pour cela, nous avons choisi de nous appuyer sur la théorie des jeux, qui est un modèle formel abouti pour l'étude de ces interactions. Une des principales lacunes de cette théorie est la façon de représenter les utilités des joueurs, coûteuse en place mémoire et en temps d'exécution.

Nous avons constaté que les problématiques traitées dans chacun de ces domaines sont différentes suivant le contexte d'étude et que les solutions apportées par les chercheurs sont également différentes et variées. Ces travaux portent sur des agents évoluant dans des contextes particuliers où il sera nécessaire pour eux de former des coalitions dont lesquelles ils disposent de fonctions d'utilités afin de guider leurs choix .

# Proposition : Processus de formation de coalitions dans le domaine médical

## Introduction.

Pour faire face aux problèmes de gestion de flux des patients dans les services d'urgence (SU), il semble nécessaire de modéliser, d'optimiser et de mettre en œuvre un système permettant d'organiser ce flux de patients. Ainsi, nous proposons un système dynamique à base d'agents intelligents pour gérer les problèmes de prise en charge des patients dans les SU dont l'objectif est de minimiser le taux de gravité des patients, et ce dans le respect de la qualité des soins.

Dans notre approche, nous nous intéressons à la modélisation d'un système en utilisant une infrastructure multi-agents et la théorie des jeux, tout en déployant les techniques de coopération et de négociation. Le but étant de permettre aux agents du système de coopérer et de former des coalitions autour de chaque patient qui arrive en urgence vitale et d'une manière asynchrone.

L'urgence est une mission essentielle des établissements hospitaliers dont l'une des caractéristiques est son aptitude à faire face à tous les besoins exprimés par la population quelle qu'en soit la nature. Outre les notions médicales, la médecine d'urgence nécessite de la logistique<sup>1</sup> et de la coopération avec d'autres structures, soit qui seront destinées à accueillir le patient, soit qui peuvent conseiller l'urgentiste dans sa démarche.

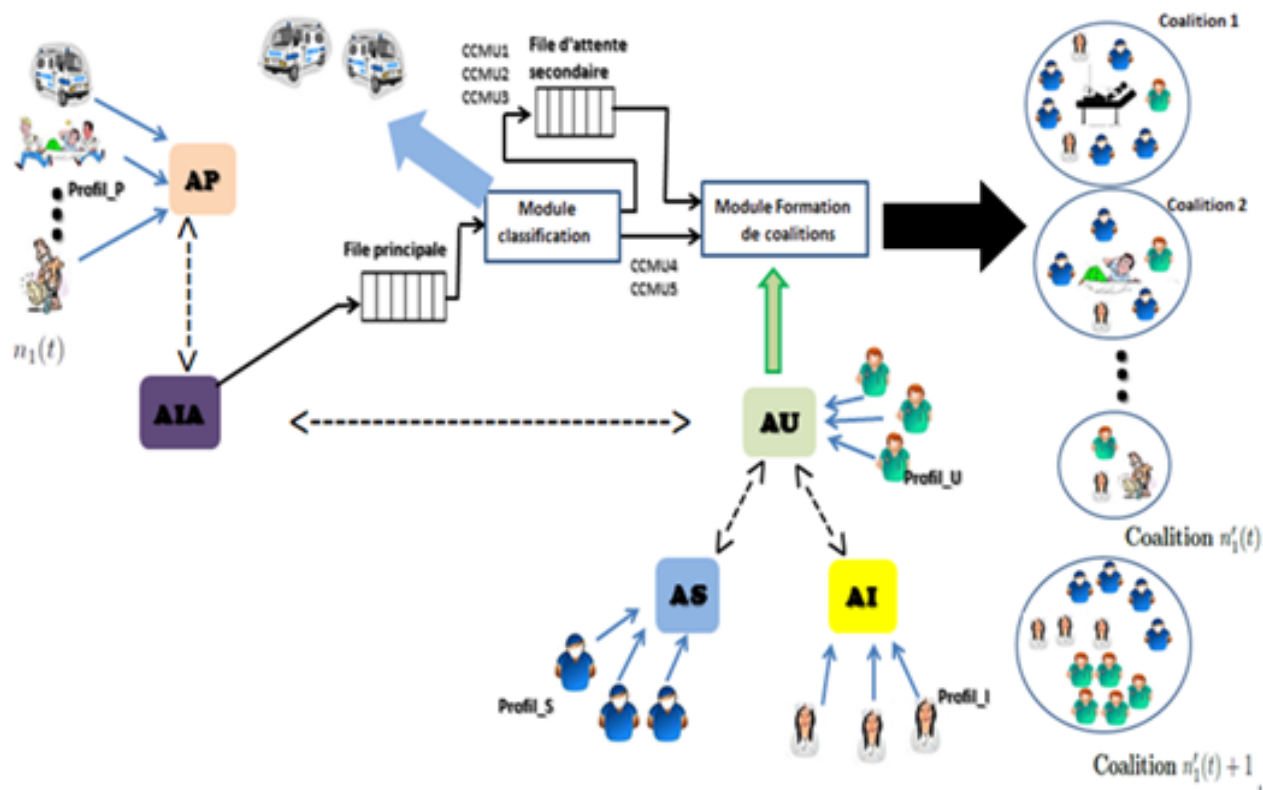
---

1. Avoir le bon équipement et le bon personnel au bon moment et au bon endroit.



## 4.1 Architecture globale du système proposée

Nous proposons une architecture à base de quatre types d'agents intelligents pour le système de formation de coalitions. La figure 4.1 représente l'architecture globale proposée :



### Légende du système

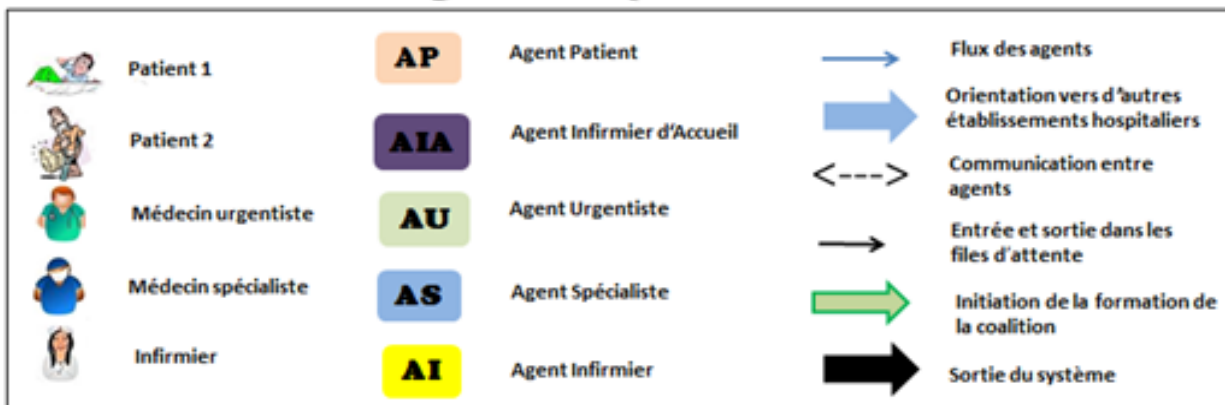


FIGURE 4.1 – Architecture multi-agents proposée.

## 4.2 Présentation du système

### 4.2.1 Présentation

Le système proposé est constitué de plusieurs agents communiquant entre eux via les échanges de messages. Il permet de modéliser une situation de prise en charge d'un patient au service des urgences d'un établissement hospitalier. Ces agents interagissent entre eux pour former autour de chaque patient de classe CCMU4 ou CCMU5 (voir annexe 01) une coalition, afin de minimiser le taux de gravité de l'état du patient.

### 4.2.2 Présentation des différents agents du système

Nous allons décrire dans ce qui suit la structure et les fonctionnalités des différents agents qui sont :

- **Agent Patient (AP)** : C'est un agent réactif qui représente le malade qui se présente au SU.
- **Agent Infirmier d'Accueil (AIA)** : c'est un agent cognitif qui récolte les informations relatives au patient et classe les patients .
- **Agent Urgentiste (AU)** : C'est un agent cognitif qui initie la formation de coalitions.
- **Agent Spécialiste (AS)** : C'est un agent réactif qui coopère avec l'urgentiste pour prendre des décisions sur le patient.
- **Agent Infirmier (AI)** : C'est un agent réactif qui coopère avec l'urgentiste et le spécialiste.

#### 4.2.2.1 Agent Patient (AP)

Dès qu'un patient arrive aux urgences, l'agent AIA déclenche la création d'un agent logiciel (AP), qui joue le rôle de donner toutes les informations concernant le malade. Le même agent peut assurer cette tâche plusieurs fois de suite tant qu'il y a un flux d'entrée consécutif de patients, sinon le système le détruit après une période d'inactivité.

Chaque agent AP est identifié par un profil qui est illustré par TABLE 4.1 :

Informations statiques						Informations dynamiques	
P_id	P_nom	P_prenom	P_age	P_sexe	P_contact	P_symptomes	P_classe

TABLE 4.1 – Profil Agent Patient.

Où :

↳  $P\_id$  ( Chaîne de caractères ) : Représente l’identifiant du patient, il correspond à l’attribut qui nous permet de distinguer les patients.

↳  $P\_nom$  ( Chaîne de caractères ) : Représente le nom du patient.

↳  $P\_prenom$  ( Chaîne de caractères ) : Indique le prénom du patient.

$P\_age$  ( Entier ) : Nous donne l’age du patient.

↳  $P\_sexe$  ( Caractère ) : Indique si le patient est une femme (F) ou un homme (H).

↳  $P\_contact$  ( Chaîne de caractères ) : Represent le numéro de téléphone ou une adresse (d’un proche ou de la famille) à contacter si c’est nécessaire.

↳  $P\_symptomes$  ( Chaîne de caractères ) : C’est l’ensemble des symptômes dont le patient a à son arrivé aux urgences.

↳  $P\_classe$  ( Chaîne de caractères ) : C’est la classe correspondant au taux de gravité de l’état du patient.

Les agents APs envoient les données récoltées à l’agent AIA. La FIGURE 4.2 détaille le comportement de l’agent patient vis-à-vis du système.

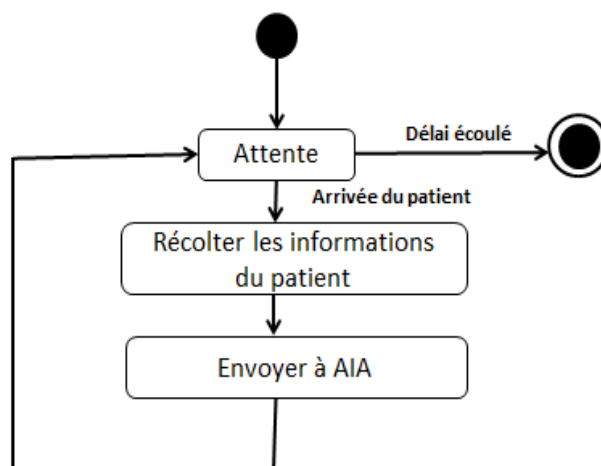


FIGURE 4.2 – Comportement de l’Agent Patient.

### 4.2.2.2 Agent Infirmier d'Accueil (AIA)

C'est un agent intermédiaire entre l'agent AP et l'agent AU, qui a comme rôle :

- Enregistrement du patient.
- Evaluation du patient.
- Classification du patient.
- Création du profil patient.

L'agent envoie donc le profil créé à l'agent AU. La FIGURE 4.3 détaille le comportement de l'agent AIA vis-à-vis du système.

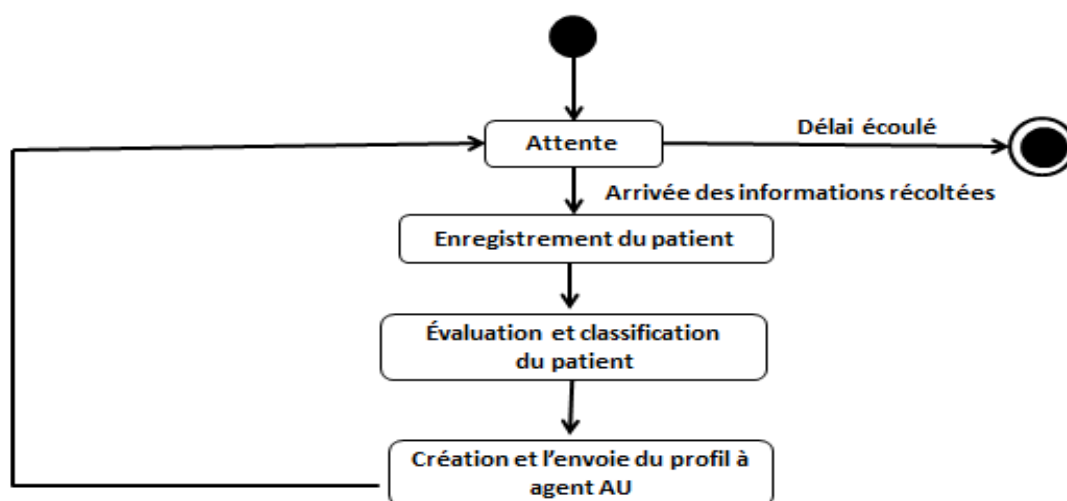


FIGURE 4.3 – Comportement de l'Agent Infirmier d'Accueil.

### 4.2.2.3 Agent Urgentiste (AU)

Chaque agent urgentiste est défini par un profil illustré par le tableau 4.2, son rôle est de chercher l'équipe médicale nécessaire pour la prise en charge du patient selon ses symptômes.

Informations statiques			Informations dynamiques	
U_id	U_nom	U_prenom	U_preferences	U_disp

TABLE 4.2 – Profil Agent Urgentiste.

Où :

↳  $U\_id$  ( Chaîne de caractères ) : Représente l'identifiant du médecin urgentiste, qui nous permet d'identifier chaque médecin urgentiste d'une manière unique.

↳  $U\_nom$  ( Chaîne de caractères ) : Représente le nom du médecin urgentiste.

↳  $U\_prenom$  ( Chaîne de caractères ) : Indique le prénom du médecin urgentiste.

↳  $U\_preferences$  ( Chaîne de caractères ) : Indique les préférences de chaque médecin urgentiste vis-à-vis des différents médecins spécialistes.

↳  $U\_disp$  ( Booléen ) : Nous permet de savoir si le médecin urgentiste est disponible ou non .

Après la classification, ce même agent doit communiquer avec les autres agents afin de former des coalitions autour de ce patient, pour sa prise en charge.

Cet agent doit donner la priorité à la prise en charge des patients qui sont de la classe CCMU4 ou CCMU5, tandis que les autres patients seront affectés à la file d'attente secondaire, son comportement est défini par la FIGURE 4.4.

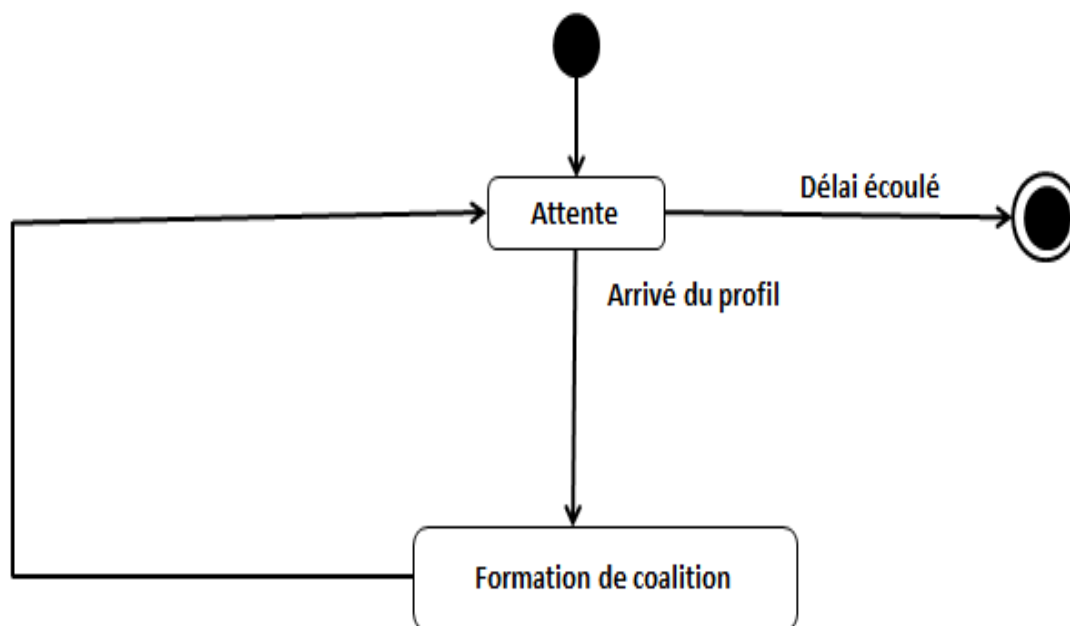


FIGURE 4.4 – Comportement de l'Agent Urgentiste.

#### 4.2.2.4 Agent Spécialiste (AS)

Un agent spécialiste AS représente un membre de l'équipe médicale, le but est de stimuler le comportement d'un personnel médical dans le SU. En effet, ce dernier peut se déplacer d'une équipe médicale à une autre, opérant alternativement sur des patients différents. Chaque agent AS est identifié par le profil suivant :

Informations statiques				Informations dynamiques	
S_id	S_nom	S_prenom	S_spec	S_compétences	S_disp

TABLE 4.3 – Profil Agent Spécialiste.

Où :

▣  $S\_id$  ( Chaîne de caractères ) : Représente l'identifiant unique de chaque médecin spécialiste.

▣  $S\_nom$  ( Chaîne de caractères ) : Représente le nom complet du médecin spécialiste.

▣  $S\_prenom$  ( Chaîne de caractères ) : Indique le prénom du médecin spécialiste.

▣  $S\_spec$  ( Chaîne de caractères ) : Indique la spécialité du médecin spécialiste (Cardiologie, neurologie, Orthopédie...etc).

▣  $S\_compétences$  ( Réel ) : Représente les compétences du médecin spécialiste qui est une valeur entre 0 et 1.

▣  $S\_disp$  ( Booléen ) : Nous permet de savoir si le médecin spécialiste est disponible ou non .

Le comportement de l'agent AS est représenté par la FIGURE 4.5 :

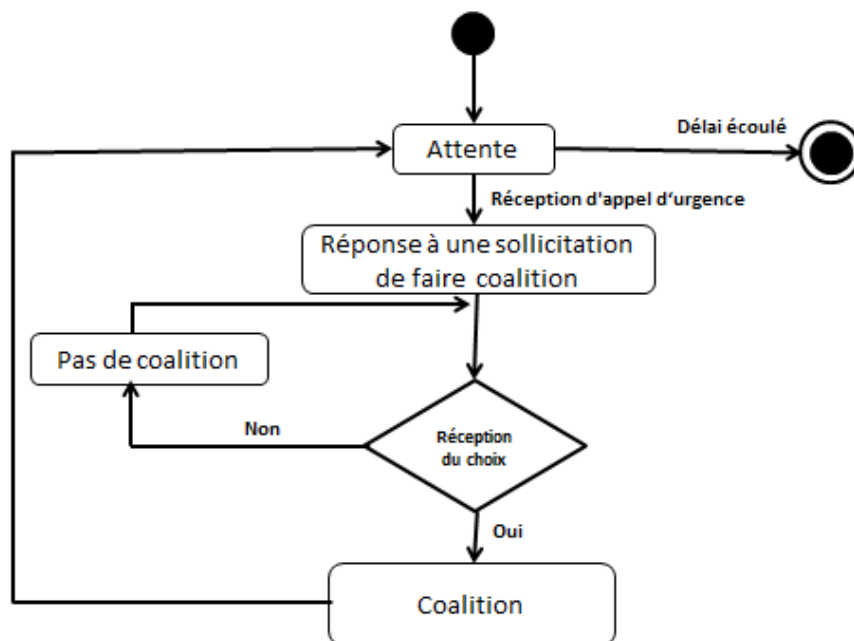


FIGURE 4.5 – Comportement de l'Agent Spécialiste.

#### 4.2.2.5 Agent Infirmier (AI)

Cet agent représente un membre de l'équipe (coalition) médicale. Il a le même comportement que l'agent spécialiste, à la différence qu'il aide seulement le(s) médecin(s) traitant, et qu'il n'a pas d'avis à donner sur le patient. Chaque agent infirmier a un profil qui est défini comme suit :

Informations statiques			
I_id	I_nom	I_prenom	I_disp

TABLE 4.4 – Profil Agent Infirmier.

Où :

⊢ *I\_id* ( Chaîne de caractères ) : Représente l'identifiant de l'infirmier, qui nous permet d'identifier chaque infirmier d'une manière unique.

⊢ *I\_nom* ( Chaîne de caractères ) : Représente le nom complet d'infirmier.

⊢ *I\_prenom* ( Chaîne de caractères ) : Indique le prénom de l'infirmier.

⊢ *I\_disp* ( Booléen ) : Nous permet de savoir si l'infirmier est disponible ou non

Le comportement de l'agent infirmier est représenté par la FIGURE 4.6 :

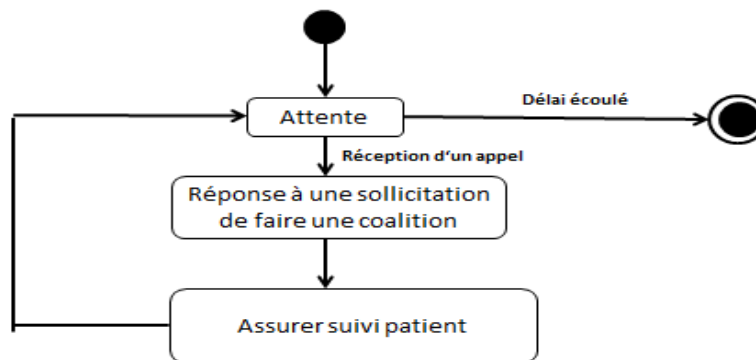


FIGURE 4.6 – Comportement de l'Agent Infirmier.

### 4.2.3 Présentation des différents composants du système

Nous allons décrire dans cette section les différents modules qui existent dans le système proposé. Nous avons deux modules : module de classification et le module de formation de coalitions.

#### Déclarations

**Type** Infos Statiques = **Enregistrement**

P\_id : Chaîne de caractères  
 P\_nom : Chaîne de caractères  
 P\_prenom : Chaîne de caractères  
 P\_age : Entier  
 P\_sexe : Caractères  
 P\_contact : Chaîne de caractères

**Fin**

**Type** Infos Dynamiques = **Enregistrement**

P\_symptomes : Chaîne de caractères  
 P\_classe : Chaîne de caractères

**Fin**

**Type** Patient = **Enregistrement**

Informations statiques : Infos Statiques  
 Informations dynamiques : Infos Dynamiques

**Fin**



**Type Coalition = Enregistrement**

Id\_C : Chaîne de caractères

AP : Patient

AU : Chaîne de caractères

AS : Liste de chaîne de caractères

AI : Liste de chaîne de caractères

**Fin**

*File attente principale* : Liste de Patient

*File attente secondaire* : Liste de Patient

*Liste symptômes* : Liste de chaîne de caractères

*Effectifs\_U* : Entier /\* Nombre agents urgentiste dans l'établissement hospitalier.

*Liste infirmiers* : Liste chaîne de caractères

#### **4.2.3.1 Module de classification des patients**

Ce composant est responsable du filtrage et de la classification des agents patients, en utilisant la Classification Clinique des Malades des Urgences (CCMU) (ANNEXE 01).

Ce module fait appel à une fonction *ClasserPatient()* et deux files d'attente (file d'attente principale, file d'attente secondaire).

**MODULE Classification ()**

**Entrée :** P : Patient

**Variable**

*Classe* : Chaîne de caractères

**Debut**

*Classe* ← " "

**Tant que** (File attente principale Non vide) **Faire**

*Classe* ← ClasserPatient(P)

P.informations dynamiques.P\_classe = Classe

**Si** (*Classe* = "CCMU4") ou (*Classe* = "CCMU5") **alors**

**Si** (Effectifs\_U >0) **alors**

**Appel** Module de formation de coalitions ()

**Sinon**

Ecrire ("Renvoyer aux autres établissements hospitaliers")

**Fin si**

**Sinon**

Inserer File attente secondaire(P)

**Fin si**

**Fin Tant que**

**Fin.**

a) *Fonction ClasserPatient()* :

Cette fonction permet d'affecter une classe à un agent patient selon ses symptômes.

```
Fonction ClasserPatient(P : Patient) : chaine de caractères
    Fonction Etat(X : Patient) : chaine de caractères /* fonction d'évaluation de l'état du
        malade */
    Debut
    Si(( Etat(P) = État lésionnel stable) ET ( Pas de demande diagnostique
        complémentaire)) alors
        ClasserPatient ← "CCMU1"
    Sinon
    Si ( (Etat(P) = État lésionnel stable ) ET (demande diagnostique
        complémentaire ) ) alors
        ClasserPatient ← "CCMU2"
    Sinon
    Si ( (Etat(P) = Etat susceptible de s'aggraver dans l'immédiat ) alors
        ClasserPatient ← "CCMU3"
    Sinon
    Si ( (Etat(P) = Situation pathologique engageant le pronostic vital)
        ET (pas de manoeuvres de réanimation) ) alors
        ClasserPatient ← "CCMU4"
    Sinon
        ClasserPatient ← "CCMU5"
    Fin Si
    Fin Si
    Fin Si
    Fin Si
Fin.
```

*b) File d'attente principale*

Représente l'arrivée des patients au service des urgences, cette file est gérée selon la stratégie First In First Out (FIFO), avec une taille infinie.

Son fonctionnement est comme suit :

***Fonctionnement de la File d'attente principale***

```
/* Arrivée patient (X : Patient) : fonction booléen qui retourne vrai à l'arrivée d'un nouveau patient.*/  
/* Entrée dans la file d'attente principale  
   Si (Arrivée patient (P) ) Alors  
       Insérer dans File attente principale(P)  
   Fin Si  
/* Sortie de la file d'attente principale  
   Tant que (File attente principale non vide ) Faire  
       Appel module classification() .  
   Fin Tant que
```

***c) File d'attente secondaire***

Représente l'attente des patients de classe CCMU1, CCMU2 ou CCMU3 non pris en charge au service des urgences, elle fonctionne selon la stratégie First In First Out (FIFO) avec une taille infinie.

Son fonctionnement est comme suit :

***Fonctionnement de la File d'attente secondaire***

```
/* Sortie de la file d'attente secondaire  
   Tant que (File attente secondaire non vide) Faire  
       Si (Effectifs_U >0) alors  
           Appel Module de formation de coalitions.  
       Fin Si  
   Fin Tant que
```

#### **4.2.3.2 Module de formation de coalitions**

Ce module est responsable de traiter les patients en formant des équipes (coalitions) médicales pour la prise en charge de chaque agent patient.

Son fonctionnement est illustré comme suit :

MODULE *Formation de coalitions* ()

Entrée : *P* : Patient

Sortie : *C* : Coalition

**Procédure** *Création coalition*(*X* : Coalition) /\* Crée et affecte un identifiant à la coalition(*C.Id\_C*) ainsi que l'identifiant du patient(*C.AP*) et du l'agent urgentiste qui le prend en charge (*C.AU*).\*/

**Variable**

*Classe* : Chaîne de caractères

**Debut** /\* Module Formation coalitions \*/

*Classe* ← P.informations dynamiques.P\_classe

Création coalition (*C*)

**Si** (*Classe* = "CCMU4" ) **ou** (*Classe* = "CCMU5" ) alors

    GetSpecialistes(*C*)

**Fin si**

    GetInfirmiers (n,*C*)

**Fin**

↳ *Procédure GetInfirmiers* :

Elle permet de rechercher le nombre d'infirmiers nécessaire pour la prise en charge du patient et de les ajouter à la coalition formée autour de ce dernier.

**Procédure** GetInfirmiers(*nbr* : Entier, *C* : Coalition)

**Procédure** *Infirmiers* (*X* : Liste chaîne de caractères, *nb* : Entier) /\* Supprime "nb" infirmiers de la liste des infirmiers disponible et mis ces infirmiers dans la liste C.AI.\*/

**Debut**

    C.AI = Infirmiers(Liste infirmiers , *nbr*)

**Fin**

↳ *Procédure GetSpecialistes* :

Elle permet de rechercher les spécialistes qui vont coopérer pour la prise en charge du patient et de les ajouter à la coalition formée autour de ce dernier.

**Procédure** *GetSpecialistes* ( C : Coalition)

**Procédure** *AjouterSpecialiste*( L : Liste de chaîne de caractères , X : Chaîne de caractères )  
/\* Ajoute la chaîne de caractères X qui représente le spécialiste (ayant la plus grande compétence)  
choisi par l'agent urgentiste à la liste des spécialistes L. \*/

**Variables**

*Symp* : Liste de chaîne caractères

**Debut**

*Symp* ← C.PA.informations dynamiques.P\_symptomes

**Pour** i allant de 1 jusqu'à *Taille*(*Symp*) faire

**Selon** (*Symp*(i)) **faire**

**Cas** (*Symp*(i)= Fréquence respiratoire) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Pneumologue )

**Cas** (*Symp*(i) = Signes de lutte respiratoire ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Réanimateur )

**Cas** (*Symp*(i) = Glycemie capillaire ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Réanimateur )

**Cas** (*Symp*(i) = Conscience ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Neurologue )

**Cas** (*Symp*(i) = Fréquence cardiaque) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Cardiologue )

**Cas** (*Symp*(i) = Tension artérielle ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Cardiologue )

**Cas** (*Symp*(i) = Traumatisme) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Orthopédiste )

**Cas** (*Symp*(i) = Traumatisme) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Traumatologue )

**Cas** (*Symp*(i) = La diuraise ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Urologue )

**Cas** (*Symp*(i) = Signes méningés ou Température ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Infectiologue )

**Cas** (*Symp*(i)) = Abdomen chirurgical ) **alors**

AjouterSpecialiste( C.AS , Chirurgien viscéral )

**Fin selon que**

**Fin pour**

**Fin**

En sortie, ce module fournit un nombre de coalitions égale au nombre de patients pris en charge, où chaque coalition contient au préalable :

- Un médecin urgentiste.
- Un patient.
- Un infirmier.

Cependant, selon la gravité de l'état du patient, les coalitions peuvent contenir des médecins spécialistes et d'autres infirmiers.

### 4.3 Fonctionnement global du système

A un instant  $t$ , à l'arrivée d'un patient au SU, l'agent AP s'occupe de lui et collecte un ensemble d'informations nécessaires à un agent AIA dont la tâche est d'enregistrer le patient dans le système, de créer un profil, évaluer le patient et de le classer. Après, il le transmet à un agent AU qui s'occupe de la formation de l'équipe médicale selon les symptômes pour la prise en charge.

A ce niveau, si l'agent patient est de classe CCMU1, CCMU2 ou CCMU3 l'agent AU sollicite uniquement les agents AI pour la prise en charge.

Si l'agent patient est orienté vers la classe CCMU4 ou CCMU5, l'agent AU a besoin de solliciter les agents AS et les agents AI au même temps pour la prise en charge de ce patient.

Ainsi, le comportement global de notre système est défini comme suit (FIGURE 4.7) :

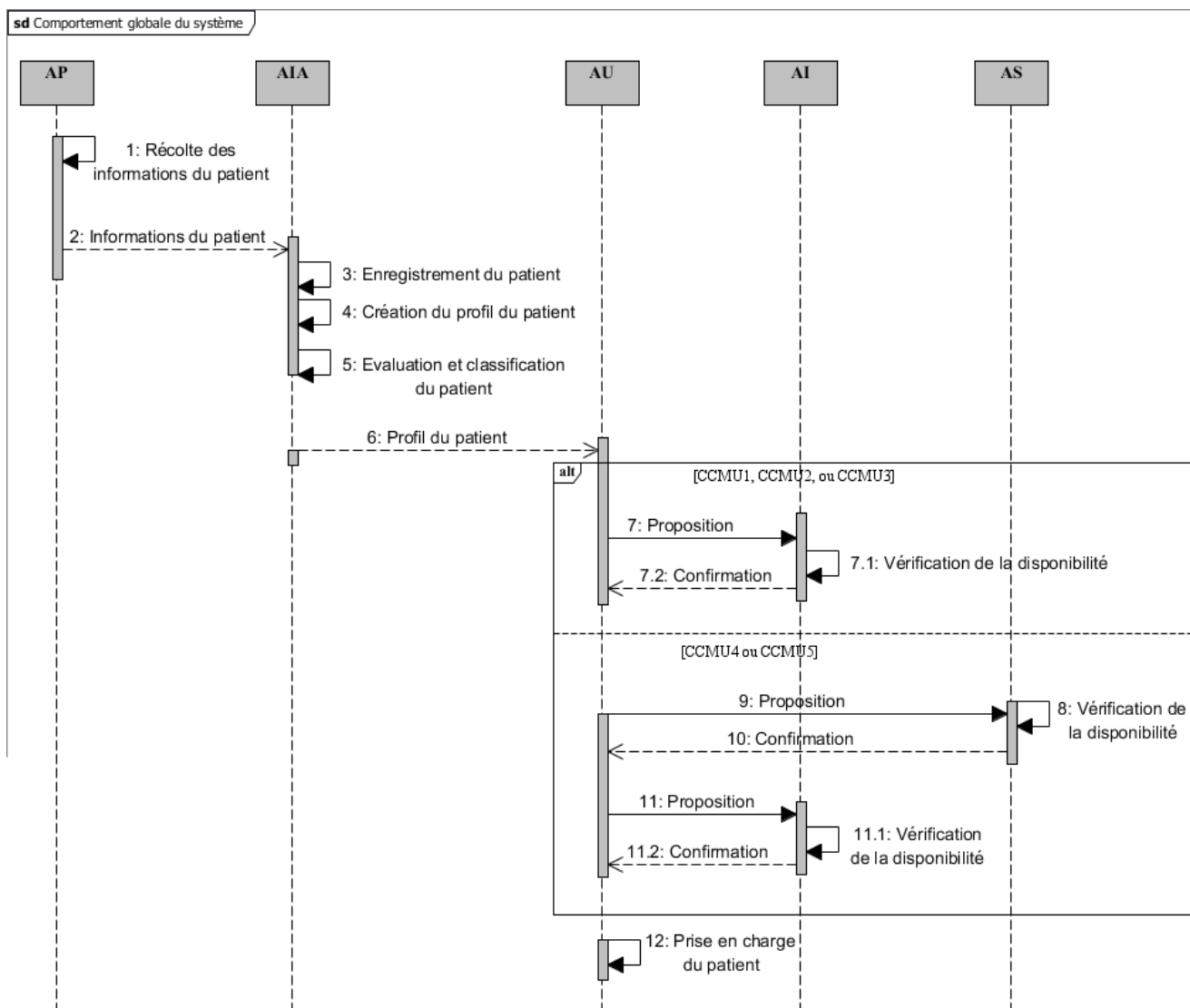


FIGURE 4.7 – Comportement global du système.

## 4.4 Modélisation mathématique sous forme d'un jeu coalitionnel

Dans cette section, nous modélisons le problème étudié sous forme d'un jeu coalitionnel en montrant que les différentes coalitions qui se forment autour des patients constituent une structure de coalitions. De plus, nous associons à chaque coalition une fonction d'utilité qui définit le gain/perte correspondant qui dépend du taux de gravité du patient et de la taille de la coalition.

Nous utilisons les notations suivantes :

$\checkmark EP(t) = \{pa_1^t, pa_2^t, \dots, pa_{n_1(t)}^t\}$  : Ensemble des agents patients qui arrivent à



l'établissement hospitalier à l'instant  $t$ .

✓  $EU(t) = \{mu_1^t, mu_2^t, \dots, mu_{n_2(t)}^t\}$  : Ensemble des agents urgentistes en service d'urgence à l'instant  $t$ .

✓  $ES(t) = \{ms_1^t, ms_2^t, \dots, ms_{n_3(t)}^t\}$  : Ensemble des agents spécialistes en service dans l'établissement hospitalier à l'instant  $t$ .

✓  $EI(t) = \{inf_1^t, inf_2^t, \dots, inf_{n_4(t)}^t\}$  : Ensemble des agents infirmiers en service dans l'établissement hospitalier à l'instant  $t$ .

✓  $AIA(t)$  : L'agent infirmier d'accueil en service dans l'établissement hospitalier à l'instant  $t$ .

✓  $C_{pa_i}^t = \{pa_i^t, mu_i^t, E_{ms}^{k,i,t}, E_{inf}^{l,i,t}\}$  : Représente une coalition formée autour de l'agent patient  $pa_i^t$ ,  $i = \overline{1, n_1(t)}$  à l'instant  $t$ ,

tel que :

- $\forall i = \overline{1, n_1(t)}, pa_i^t \in EP(t)$ .
- $\forall i = \overline{1, n_2(t)}, mu_i^t$  : Représente le  $i^{\text{ème}}$  agent urgentiste appartenant à la coalition  $C_{pa_i}^t$ .
- $E_{ms}^{k,i,t} \subset ES(t)$  : Représente l'ensemble des agents spécialistes de taille  $k$  appartenant à la coalition  $C_{pa_i}^t$  avec  $0 \leq k \leq n_3(t)$ .
- $E_{inf}^{l,i,t} \subset EI(t)$  : Représente l'ensemble des agents infirmiers de taille  $l$  appartenant à la coalition  $C_{pa_i}^t$  avec  $1 \leq l \leq n_4(t)$ .

✓  $\overline{SC}(t) = \{C_{pa_1}^t, C_{pa_2}^t, \dots, C_{pa_i}^t, \dots, C_{pa_{n_1'(t)}}^t\}$  : Représente l'ensemble des coalitions formées autour des différents agents patients pris en charge à l'instant  $t$  avec  $n_1'(t) \leq n_1(t)$ .

$n_1'(t) \leq n_1(t)$  : Signifie qu'à l'instant  $t$ , on a  $n_1'(t)$  agents patients qui sont pris en charge parmi les  $n_1(t)$  agents patients qui arrivent à l'hôpital.

Les  $n_1(t)$  agents patients ne sont pas tous pris en charge, lorsqu'il n'y a pas suffisamment de médecins urgentistes, spécialistes ou infirmiers en service pour les traiter. Dans ce cas, les agents patients qui ne sont pas pris en charge, et qui sont au nombre de  $n_1(t) - n_1'(t)$  sont :

- soit orientés vers d'autres établissements hospitaliers (ceci concerne en particulier les agents patients de classes CCMU4 et CCMU5 qui sont dans une situation qui ne leur permet pas d'attendre),

- soit orientés vers la file d'attente secondaire pour attendre à ce que au moins l'une des coalitions termine son travail pour être pris en charge (ceci concerne les agents patients de classes CCMU1, CCMU2 et CCMU3).

Puisque chaque coalition comprend un agent urgentiste, alors on a  $n'_1(t) \leq n_2(t)$ .

$\checkmark C_{Rest}^t$  : Représente la coalition restante qui regroupe les agents urgentistes, agents spécialistes et agents infirmiers qui n'appartiennent pas aux différentes coalitions formées à l'instant  $t$ , pour prendre en charge les  $n'_1(t)$  agents patients. Les agents de cette coalition peuvent prendre en charge de nouveaux agents patients qui arrivent éventuellement avant qu'aucune coalition termine son travail.

Ainsi, on a :

$$SC(t) = \overline{SC}(t) \cup C_{Rest}^t. \quad (4.1)$$

$\checkmark A = EP'(t) \cup EU(t) \cup ES(t) \cup EI(t) \cup AIA(t)$  : Représente tous les agents coopératifs (l'ensemble des joueurs).

Sachant que  $EP'(t)$  représente l'ensemble des agents patients pris en charge, c'est à dire :

$$EP'(t) = \{pa_1^t, pa_2^t, \dots, pa_{n'_1(t)}^t\}.$$

#### 4.4.1 Modélisation en structure de coalitions

Dans cette sous-section, nous montrons que les différentes coalitions constituées de celles formées autour des agents patients pris en charge et la coalition restante forment une structure de coalitions.

**Proposition 4.4.1.**  $SC(t) = \overline{SC}(t) \cup C_{Rest}^t$  est une structure de coalitions.

**Preuve.** Nous allons montrer les trois conditions de la définition 3.1.2 pour  $SC(t)$ .

(1) On a :

- $\forall i = \overline{1, n'_1(t)}, C_{pa_i}^t = \{pa_i^t, mu_i^t, E_{ms}^{k,i,t}, E_{inf}^{l,i,t}\}$  contient au moins trois agents, un agent patient, un agent urgentiste et un agent infirmier,

$$\text{d'où } C_{pa_i}^t \neq \emptyset, \forall i = \overline{1, n'_1(t)}.$$

- $C_{Rest}^t$  contient au moins l'agent infirmier d'accueil qui s'occupe à l'instant  $t$  de l'accueil de nouveaux agents patients éventuellement,

$$\text{d'où } C_{Rest}^t \neq \emptyset.$$

(2) On a :

- $\forall i = \overline{1, n_1^t(t)}$ ,  $C_{pa_i}^t$  est formée autour d'un seul agent patient.
- $\forall i = \overline{1, n_2^t(t)}$ ,  $mu_i^t$  ne peut prendre en charge à un instant  $t$  qu'un seul agent patient.
- $\forall i = \overline{1, n_3^t(t)}$ ,  $ms_i^t$  ne peut coopérer à un instant  $t$  qu'à la prise en charge d'un seul agent patient.
- $\forall i = \overline{1, n_4^t(t)}$ ,  $inf_i^t$  ne peut aider à un instant  $t$  qu'à la prise en charge d'un seul agent patient.

D'où

$$\forall i_1, i_2 \in \{1, \dots, n_1^t(t)\}, i_1 \neq i_2 : C_{pa_{i_1}}^t \cap C_{pa_{i_2}}^t = \emptyset. \quad (4.2)$$

(3) On a :

$$\begin{aligned} & \left[ \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} C_{pa_i}^t \right] \cup C_{Rest}^t = \\ = & \left[ \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} \{pa_i, mu_i^t, E_{ms}^{k,i,t}, E_{inf}^{l,i,t}\} \right] \cup \left[ (EU(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} mu_i^t) \cup (ES(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{ms}^{k,i,t}) \cup \right. \\ & \left. (EI(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{inf}^{l,i,t}) \right] \cup AIA(t) \\ = & \left[ \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} pa_i \right) \cup \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} mu_i^t \right) \cup \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{ms}^{k,i,t} \right) \cup \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{inf}^{l,i,t} \right) \right] \cup \left[ (EU(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} mu_i^t) \cup \right. \\ & \left. (ES(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{ms}^{k,i,t}) \cup (EI(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{inf}^{l,i,t}) \right] \cup AIA(t) \\ = & \left[ \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} pa_i \right) \cup \left[ \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} mu_i^t \right) \cup (EU(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} mu_i^t) \right] \cup \left[ \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{ms}^{k,i,t} \right) \cup (ES(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{ms}^{k,i,t}) \right] \cup \right. \\ & \left. \left[ \left( \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{inf}^{l,i,t} \right) \cup (EI(t) \setminus \bigcup_{i=1}^{n_1^t(t)} E_{inf}^{l,i,t}) \right] \right] \cup AIA(t) \\ = & EP'(t) \cup EU(t) \cup ES(t) \cup EI(t) \cup AIA(t) = A. \end{aligned}$$

D'où l'ensemble des coalitions de  $SC(t)$  recouvre  $A$ .

A partir de (1), (2) et (3) on conclut que  $SC(t)$  est une structure de coalitions. ■

#### 4.4.2 Formulation de la fonction d'utilité

Dans cette sous-section, nous définissons la fonction d'utilité associée à chaque coalition formée autour d'un agent patient pris en charge tout en considérant que la coalition restante est de gain nul car à l'instant  $t$  elle ne prend pas en charge de patient.

La fonction d'utilité que nous allons considérer dépendra du taux de gravité de l'agent patient avant et après sa prise en charge.

- $x_{t_0}$  : Taux de gravité de l'agent patient avant sa prise en charge à l'instant  $t_0$ .
- $x_t$  : Taux de gravité de l'agent patient après sa prise en charge à l'instant  $t$ .

On a :  $x_{t_0}, x_t \in [0, 1]$ .

Chaque patient, avant sa prise en charge appartient à l'une des classes CCMU1 à CCMU5 (Voir l'ANNEXE). Ainsi, on associe à la variable  $x_{t_0}$  les valeurs suivantes :

- $x_{t_0} \in [0, 0.25[$  si le patient appartient à la classe CCMU1,
- $x_{t_0} \in [0.25, 0.50[$  si le patient appartient à la classe CCMU2,
- $x_{t_0} \in [0.50, 0.75[$  si le patient appartient à la classe CCMU3,
- $x_{t_0} \in [0.75, 0.90[$  si le patient appartient à la classe CCMU4,
- $x_{t_0} \in [0.90, 1]$  si le patient appartient à la classe CCMU5.

Après la prise en charge du patient, son taux de gravité peut varier (diminuer ou augmenter) ou rester stable. Dans ce cas, l'agent patient peut également appartenir à l'une des classes CCMU1 à CCMU5. Ainsi, on associe à la variable  $x_t$  les mêmes valeurs que celles de  $x_{t_0}$ , ie :

- $x_t \in [0, 0.25[$  si le patient appartient à la classe CCMU1,
- $x_t \in [0.25, 0.50[$  si le patient appartient à la classe CCMU2,
- $x_t \in [0.50, 0.75[$  si le patient appartient à la classe CCMU3,
- $x_t \in [0.75, 0.90[$  si le patient appartient à la classe CCMU4,
- $x_t \in [0.90, 1]$  si le patient appartient à la classe CCMU5.

**Fonction d'utilité** Nous définissons la fonction d'utilité de chaque coalition  $C_{pa_i}^t$ ,  $i = \overline{1, n'_1(t)}$ , comme suit :

$$\forall i = \overline{1, n'_1(t)}, f_i(x_t) = \begin{cases} n_i(x_{t_0} - x_t)(1 - x_t) & \text{si } x_t < x_{t_0}, \dots \text{(a)} \\ 0 & \text{si } x_t = x_{t_0}, \dots \text{(b)} \\ n_i(x_{t_0} - x_t)x_t & \text{si } x_t > x_{t_0}, \dots \text{(c)} \end{cases} \quad (4.3)$$

avec :

- $x_{t_0}, x_t \in [0, 1]$ ,
- $n_i$  : Nombre de joueurs (agents) dans la coalition  $C_{pa_i}^t$ ,

telle que :

(a) : Lorsque le taux de gravité de l'agent patient a diminué après sa prise en charge par la coalition,

(b) : Lorsque le taux de gravité de l'agent patient est resté inchangé après sa prise en charge par la coalition,

(c) : Lorsque le taux de gravité de l'agent patient a augmenté après sa prise en charge par la coalition.

**Proposition 4.4.2.** *La fonction d'utilité  $f_i(x_t)$  est continue et décroissante sur l'intervalle  $[0, 1]$ .*

**Preuve.** • (Continuité) Il suffit de montrer que  $f_i(x_t)$  est continue en  $x_t = x_{t_0}$ .

On a  $\lim_{x_t \rightarrow x_{t_0}^-} f_i(x_t) = \lim_{x_t \rightarrow x_{t_0}^+} f_i(x_t) = 0 = f_i(x_{t_0})$ , d'où le résultat.

• (Décroissance)

▷ Si  $x_t \in [0, x_{t_0}[$  alors :

$$f_i(x_t) = n_i(x_{t_0} - x_t)(1 - x_t) = n_i(x_t^2 - (x_{t_0} + 1)x_t + x_{t_0}) \Rightarrow f'_i(x_t) = n_i(2x_t - (x_{t_0} + 1)).$$

$$f'_i(x_t) = 0 \Rightarrow x_t = \frac{x_{t_0} + 1}{2}.$$

$$\text{On a } \frac{x_{t_0} + 1}{2} - x_{t_0} = \frac{x_{t_0} + 1 - 2x_{t_0}}{2} = \frac{1 - x_{t_0}}{2} \geq 0 \text{ d'où } \frac{x_{t_0} + 1}{2} \geq x_{t_0}.$$

Ainsi, le signe de  $f'_i(x_t)$  est résumé au tableau suivant :

0	$\frac{x_{t_0}}{2}$	$x_{t_0}$	$\frac{x_{t_0} + 1}{2}$	1
-	-	-	+	

Donc  $f_i(x_t)$  est décroissante sur  $[0, x_{t_0}[$ .

▷ Si  $x_t \in ]x_{t_0}, 1]$ , alors :

$$f_i(x_t) = n_i(x_{t_0} - x_t)x_t = n_i(-x_t^2 + x_{t_0}x_t) \Rightarrow f'_i(x_t) = n_i(-2x_t + x_{t_0})$$

$$f'_i(x_t) = 0 \Rightarrow x_t = \frac{x_{t_0}}{2}.$$

Ainsi, le signe de  $f'_i(x_t)$  est résumé au tableau suivant :

0	$\frac{x_{t_0}}{2}$	$x_{t_0}$	$\frac{x_{t_0} + 1}{2}$	1
+	-	-	-	

Donc  $f_i(x_t)$  est décroissante sur  $]x_{t_0}, 1]$ .

Puisque  $f_i(x_t)$  est continue en  $x_{t_0}$ , on conclut qu'elle est décroissante sur tout l'intervalle  $[0, 1]$ .



**Exemple 4.4.1.** Dans cet exemple, nous donnons la représentation graphique de la fonction d'utilité pour  $x_{t_0} = 0,8$  et  $n_i = 5$  :

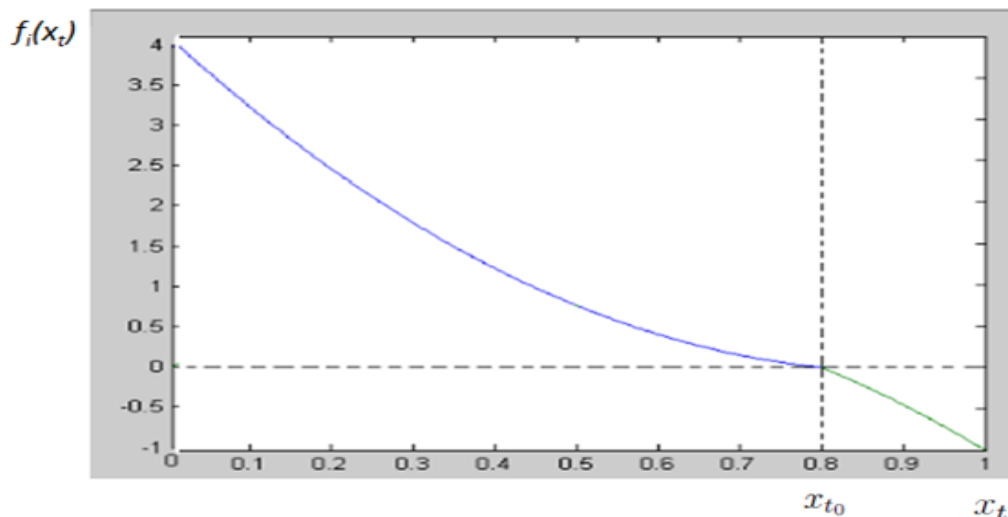


FIGURE 4.8 – Graphe de la fonction d'utilité de  $f_i(x_t)$ .

La fonction d'utilité  $f_i(x_t)$  telle qu'elle est définie est une combinaison de deux fonctions  $f_i^1(x_t) = n_i(x_{t_0} - x_t)(1 - x_t)$  et  $f_i^2(x_t) = n_i(x_{t_0} - x_t)x_t$  qui ne sont pas décroissantes sur  $[0,1]$  mais elles sont décroissantes sur  $[0, x_{t_0}[$  et  $]x_{t_0}, 1]$  respectivement. Les graphes de ces fonctions sur  $[0,1]$  sont donnés comme suit :

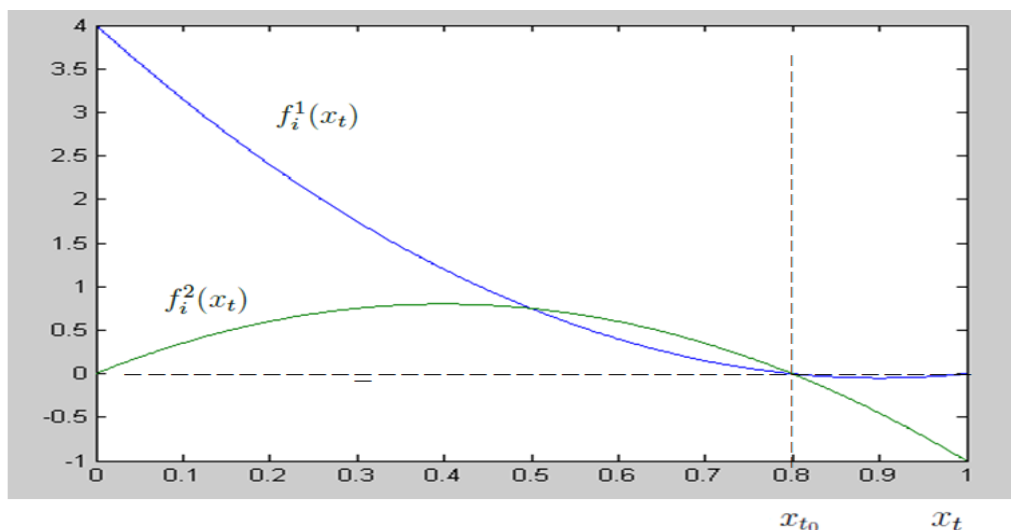


FIGURE 4.9 – Graphes des fonctions  $f_i^1(x_t)$  et  $f_i^2(x_t)$  sur  $[0,1]$ .

**Remarque 4.4.1.** Si le taux de gravité augmente (respectivement diminue), alors le gain de la coalition diminue (respectivement augmente). Par ailleurs, si le taux de gravité est stable le gain de la coalition est nul.

## 4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un système qui gère la prise en charge des patients au service des urgences. L'approche adoptée est intégrée dans un système d'information multi-agents et en utilisant la théorie des jeux. Celle-ci se base sur une interaction dynamique et flexible entre les agents urgentistes, infirmiers et spécialistes pour se coordonner efficacement dont le but est de former des groupes qui prennent en charge les différents agents patients. Nous avons donc présenté dans ce chapitre le protocole de formation de ces groupes tout en montrant qu'ils forment une structure de coalitions. Nous avons associé à chaque coalition une fonction d'utilité qui définit le gain/perte résultant de la prise en charge d'un agent patient.

# Conclusion générale et perspectives

Nous avons abordé dans ce mémoire le problème de formation de coalitions en impliquant les systèmes multi-agents et la théorie des jeux. Nous avons tout d'abord introduit certaines notions fondamentales à l'appréhension des problématiques relatives à de tels systèmes. Nous nous sommes intéressés en particulier aux systèmes composés d'agents communicants, et nous avons présenté différentes méthodes permettant d'étudier et d'appréhender les comportements individuels et collectifs des agents autonomes composant de tels systèmes. Nous avons ensuite présenté le problème de formation de coalitions en décrivant différentes formulations de ce problème utilisées dans des travaux récents.

Dans le cadre de notre contribution, nous avons étudié la coopération entre les agents du personnel d'un établissement hospitalier pour la prise en charge simultanée de plusieurs patients en situation d'urgence. Pour réaliser cette étude, nous avons adopté deux approches complémentaires à savoir approche système multi-agents et approche théorie des jeux. Pour la première approche, nous avons proposé un système d'agents coopératifs dont l'objectif est la formation de groupes d'agents qui ont pour mission de prendre en charge les différents agents patients qui arrivent d'une manière asynchrone. Notre système est conçu dans le but d'optimiser la prise en charge des différents agents patients en particulier ceux dont le taux de gravité est élevé. Pour la deuxième approche, nous avons modélisé le problème étudié sous forme de jeu coopératif (jeu coalitionnel) où nous avons montré que les différentes coalitions formées par le système multi-agents forment une structure de coalitions. De plus, en utilisant la taille de la coalition et le taux de gravité du patient avant et après sa prise en charge, une fonction d'utilité qui détermine le gain/perte de chaque coalition est définie. Ce travail nous a permis de dégager plusieurs perspectives qui nous semblent intéressantes à explorer dans les travaux futures. Parmi ces perspectives, nous citons :

- Implémentation de la proposition sur une plate forme JADE et étude de son application aux services web, test et validation.
- Etude de la stabilité des coalitions et résolution du jeu.



- Etude du problème de formation de coalitions lorsque les agents ont des vues partielles, c'est à dire lorsqu'ils ne connaissent pas tous les agents du système mais uniquement un voisinage.
- Etude du problème de formation de coalitions en prenant en considération la confiance et la réputation des agents au sein du système.

# Bibliographie

- [1] R. Schwartz and S. Kraus. Negotiation on data allocation in multiagent environments. *Techniques et Sciences Informatiques*, 39 :123–172, 2002.
- [2] S. Aknine, P. Caillou, and A. Slodzian. Méthode consensuelle de formation de coalitions multi-agents. 10 :1–10, 2002.
- [3] G. Alexandre. Stratégies de formation de coalitions dans les systèmes multi-agents. *Thèse de Doctorat, Département Informatique, Université Pierre et Marie Curie (PARIS VI)*, 2010.
- [4] C. Alexis. Mécanisme de coordination multi-agents fondé sur des jeux : application à la simulation comportementale de trafic routier en situation de carrefour. *Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis*, 2003.
- [5] A. Andriatrimoson. Assistance robotisée à la personne en environnement coopérant. *Thèse de Doctorat, l'Université d'Evry Val d'Essonne*, 2012.
- [6] R.J. Aumann, M.B Maschler, and R.E. Stearns. Repeated games with incomplete information. *USA : MIT Press*, 1995.
- [7] S. Barbera, P.J. Hammond, and C. Seidl. *Handbook of utility theory*, volume 1. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [8] H. Belleili, M. Bouzid, and M. Sellami. Formation de coalitions pour la maximisation de l'utilité de la réponse : Application à la recherche d'information. *Revue ARIMA*, 17, 54-70, 2005.
- [9] A. Bonzon. Modélisation des interactions entre agents rationnels : les jeux booléens. *Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier de Toulouse 3*, 2007.
- [10] J. Boussaa, M. Sadgal, and A. Elfazziki. A multi-agent approach for space occupation problems. *International Journal of Computer Science (IJCSI)*, 10 :380–390, 2012.
- [11] S.J. Brains, M.A. Jones, and D.M. Kilgour. Dynamic models of coalition formation : Fallback vs build-up. 14 :187–101, 2003.

- [12] Emmanuel Cadiou. La gestion des risques à l'hôpital : réflexion pour la mise en place d'une politique de prévention des risques au centre hospitalier du mans. *Mémoire de l'École Nationale de la Santé Publique*, 2001.
- [13] A. Cardon. A multi-agent model for co-operative communications in crisis management system : the act of communication. *In the 7<sup>th</sup> European-Japanese Conference in Information Modelling and Knowledge bases*, 111-123, 1997.
- [14] A. Cardon and S. Durand. A model of crisis management system including mental representations. *In proceedings of the AAAI Spring Symposium*, 1997.
- [15] A. Cardon and F. Lesage. Toward adaptative information systems : considering concern and intentionality. *In proceedings of KAW*, 1998.
- [16] A. Cardon and F. Lesage. An interpretation process on communication between actors in a distributed system for crisis management. *In Symposium of Informatic Economics*, 1997.
- [17] B. Carlsson and S.J. Johansson. An iterated hawk-and-dove game. agents and multi-agent systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1 :25–37, 1998.
- [18] B. Chaib-draa, I. Jarras, and B. Moulin. Systèmes multi-agents : Principes généraux et applications. *Hermès*, 2001.
- [19] F. Charlène. Modélisation cognitive des interactions dans un processus de négociation : approche multi-agents. *Mémoire de Master, Université de Rouen*, 2007.
- [20] A. Daknou. Architecture distribuée à base d'agents pour optimiser la prise en charge des patients dans les services d'urgence en milieu hospitalier. *Thèse de Doctorat, Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle, Ecole Centrale de Lille*, 2011.
- [21] A. Daknou, H. Zgaya, Hammadi, and H. Hubert. Agent based optimization, and management of healthcare processes at the emergency department. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation, Issue 3*, 2008.
- [22] M. Dufour. Examen clinique articulaire et bilan. *Elsevier Masson SAS, Paris*, 22 :26–48, 2007.
- [23] M. Seif Eddine. Conception d'une architecture basée agents pour la création d'un marché virtuel. *Mémoire Magistère, Département d'Informatique, Université Mentouri de Constantine*, 2008.
- [24] J. Ferber. Les systèmes multi-agents. vers une intelligence collective. *Editions Inter-Editions*, 1995.
- [25] J. Ferber. Les systèmes multi-agents : un aperçu général. *Techniques et Sciences Informatiques*, 33 :979–1012, 1997.

- [26] D. Goodman and N. Mandayam. Power control for wireless data, *IEEE Personal Commun.* 7 :48–54, 2000.
- [27] B. Hedjazi and Dellal. Workflow de décision coopérative à base de système multi-agents : Cas de processus de décision spatial. *Mémoire de Magistère, Institut National de Formation en Informatique (I.N.I) Algérie*, 2006.
- [28] H. Houada. Approche mixte de modélisation par réseaux de petri et sma. *Mémoire de Magistère, Département d'Informatique, Université Mentouri de Constantine*, 2010.
- [29] B. Houssein. Enchères multi-objets pour la négociation automatique et le commerce électronique. *Mémoire de Master, Université Laval*, 2001.
- [30] T. Ito, H. Ochi, and T. Shintani. A group buy protocol based on coalition formation for agent mediated e-commerce. *International Journal of Computer and Information Science (IJCIS)*, 10 :1–10, 2002.
- [31] W. Karine. Gestion de conflits dans une architecture multi-agents d'analyse automatique de textes. *Thèse de Doctorat, Université Stendhal - Grenoble 3*, 1998.
- [32] F. Kazemeyni, E. B. Johnsen, O. Owea, and I. Balasingham. Formal modeling and validation of a power-efficient grouping protocol for wsns. *The Journal of Logic and Algebraic Programming*, 14 :284–297, 2012.
- [33] M. Klusch and O. Shehory. A polynomial kernel-oriented coalition algorithm for rational information agents. *Computational Intelligence*, 2 :157–164, 1996.
- [34] S. Kraus. Strategic negotiation in multiagent environments. *MIT Press, Cambridge, MA, USA*, 2001.
- [35] F. Lapostolle, M. Rusce, S. Darricau, T.Petrovic, C.Lapandy, and F.Adnet. Stratégie diagnostique en urgence, d'un patient présentant une douleur thoracique. *Elsevier Masson SAS, Paris*, 6 :101–105, 2010.
- [36] K. Maafa. Sur les jeux stratégiques multicritères avec coalitions et gains non transférables. *Mémoire de Magistère, Université Abderhmane Mira de Béjaia*, 2010.
- [37] L.B. Marjorie. Un simulateur multi-agents pour l'aide à la décision d'un collectif : Application à la gestion d'une ressource limitée agro-environnementale. *Thèse de Doctorat, Université Paris IX-Dauphine*, 2003.
- [38] R.C. Mihailescu, M. Vasirani, and S. Ossowski. Dynamic coalition adaptation for efficient agent-based virtual power plants. 1 :1–12, 2006.
- [39] R.C. Mihailescu, M. Vasirani, and S. Ossowski. Dynamic coalition formation and adaptation for virtual power stations in smart grids. 4 :1–4, 2007.
- [40] D.A. Miller, S. Tilak, and T. Fountain. "token" equilibria in sensor networks with multiple sponsors, in : Proceedings of the 1st international conference on collaborative

- computing : Networking, applications and worksharing. *Renewable Power Generation IET*, 2005.
- [41] B. Naima. Application de la théorie des jeux dans les réseaux de télécommunication. *Mémoire de Magistère, Université Abderhmane Mira de Béjaia*, 2011.
- [42] J. Von Neumann and O. Morgenstern. Theory of games and economic behavior. *Princeton University Press*, 1947.
- [43] F. Nils. Modèles multi-agents pour l'aide à la décision et la négociation en aménagement du territoire, *Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier*, 2003.
- [44] M.C. Pham. La prise en charge du patient à l'hôpital : Mieux gérer la complexité de la coordination des acteurs. *Mémoire de l'Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes*, 2002.
- [45] M. Pielke, M. Troschel, M. Kurrat, and H.J. Appellrath. Operation strategies to integrate micro units in domestic appliances into the public power supply. *Proceedings of the VDE-Kongress*, 2008.
- [46] D. Pudjianto, C. Ramsay, and G. Strbac. Virtual power plant and system integration of distributed energy resources. *Renewable Power Generation IET*, 7 :10–16, 2007.
- [47] A. Rapoport and A.M. Chammah. Prisoner's dilemma : a study in conflict and cooperation. *The University of Michigan Press, Ann Arbor*, 1965.
- [48] S. Sabri. Application de la théorie des jeux pour la définition, développement et implémentation d'un algorithme de clustering. *Mémoire de Magistère, Université Abderhmane Mira de Béjaia*, 2011.
- [49] R. Sabrina and K. Nadia. E-businessse : Conception et réalisation d'un protocole de négociation en impliquant la théorie des jeux. *Mémoire de Master, Département d'Informatique, Université Abderhmane Mira de Béjaia*, 2010.
- [50] H. Sahki. Vers une architecture d'un système de dialogue multi agents basé sur l'argumentation application à la négociation dans le domaine de e-commerce. *Mémoire Magistère, Département d'Informatique, Université Mentouri de Constantine*, 2008.
- [51] T. Sandholm, K. Larson, M. Andersson, O. Shehory, and F. Tohmé. Coalition structure generation with worst case guarantees. *Artificial Intelligence*, 111 :209–238, 1999.
- [52] O. Shehory and S. Kraus. Feasible formation of coalitions among autonomous agents in nonsuperadditive environments. *Computational Intelligence*, 3 :218–251, 1999.
- [53] K.P. Sycara. Multiagent systems. *AI magazine*, 14 :79–93, 1998.
- [54] R. Sylvain. Sémantique, interactions et langages de description des services web complexes. *Thèse de Doctorat, Spécialité : Informatique, Université de Reims Champagne-Ardenne*, 2006.

- [55] M. Wooldridge. *Intelligent agents multiagent systems*, MIT Press, 1999.
- [56] H. Zgaya. Conception et optimisation distribuée d'un système d'information d'aide à la mobilité urbaine : Une approche multi-agents pour la recherche et la composition des services liés à la mobilité. *Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lille*, 2007.
- [57] L. Zhou. A new bargaining set of an n-person game and endogenous coalition formation. *Games and Economic Behavior*, 6 :512–526, 1994.

# Annexe

## 4.6 ANNEXE 01

### Classification Clinique des Malades aux Urgences

En fonction du degré d'urgence et de gravité du motif de recours, le patient est installé directement en Salle d'Accueil des Urgences Vitale, en salle de consultation ou en salle d'attente. Cette décision d'orientation est basée sur un pré-diagnostic de son état fait par le médecin urgentiste exprimé suivant la Classification Clinique des Malades des Urgences CCMU (Classe de 1 à 5). Les patients qui ont une CCMU de 1 à 3 vont à l'unité fonctionnelle et de 4 et 5 vers l'unité grave (TABLE 4.2).

<i>Classification</i>	<i>Définition</i>
CCMU1	Etat lésionnel ou pronostic vital jugé stable et abstention d'acte complémentaire diagnostique ou thérapeutique aux urgences.
CCMU2	Etat lésionnel ou pronostic fonctionnel jugé stable et décision d'acte complémentaire diagnostique ou thérapeutique aux urgences.
CCMU3	Etat lésionnel ou pronostic fonctionnel jugé susceptible de s'aggraver dans l'immédiat, il n'engage pas le pronostic vital et la décision d'acte diagnostique ou thérapeutique aux urgences.
CCMU4	Situation pathologique engageant le pronostic vital et dont la prise en charge ne nécessite pas de manoeuvres de réanimation aux urgences.
CCMU5	Situation pathologique engageant le pronostic vital et dont la prise en charge comporte la pratique de manoeuvres de réanimation.

TABLE 4.5 – Classification Clinique des Malades aux Urgences.

## 4.7 ANNEXE 02

L'objectif premier, en présence d'un patient, est de déceler la présence de signes de gravité qui relèveraient d'un traitement urgent et de préciser le diagnostic [44]. Ainsi, après avoir effectué plusieurs recherches, et après plusieurs consultations du personnel médicales de CHU Khelil Amrane de Béjaia, nous avons rassemblé un ensemble des signes (critères) qui composent un bilan clinique des patients arrivants au service des urgences.



<i>Critère</i>	<i>Explication</i>	<i>Toutes les valeurs</i>	<i>État normale</i>	<i>Seuil de gravité</i>	<i>Service à consulter</i>
Fréquence respiratoire	Nombre de mouvements respiratoires par minutes	0<	Enfant : [22,30], Adulte : [14,22]	Enfant : <22 ou >30 Adulte : <14 ou >22	Pneumologie, Réanimation
Signes de lutte respiratoire	Signes de difficultés respiratoires	Absence, Existence	Absence	Existence	Réanimation
Degré de conscience	Évalue l'état de la conscience du patient (du l'éveil (15) jusqu'au coma profond (<5))	[3,15]	[12,15]	[3,7]	Neurologie
Fréquence cardiaque	Nombre de battements cardiaque par minute	[0,250]	[50,100]	<50 ou >100	Cardiologie
Tension artérielle systolique	C'est la pression maximale qui régné à l'intérieur des vaisseaux sanguins	[0,30]	[10,14]	<10 ou >14	Cardiologie
Tension artérielle diastolique	C'est la pression minimale qui régné à l'intérieur des vaisseaux sanguins	[0,30]	[6,9]	<6 ou >9	Cardiologie
Température	Température corporelle en degré celsius	[0,60]	matin : [36,37] soir : [36.5,37.5]	matin : <36 ou >37 soir : <36.5 ou > 37.5	Medecine interne, Infectieux
La diurèse	Quantité d'urines éliminer par 24h	> 0ml	En moyenne 1500ml	<300ml ou >3000ml	Néphrologie, Urologie

<i>Critère</i>	<i>Explication</i>	<i>Toutes le valeurs</i>	<i>État normale</i>	<i>Seuil de gravité</i>	<i>Service à consulter</i>
Glycémie capillaire	La mesure du taux du glucose dans sang capillaire	>0 g/l	À jeun : [0.65, 1.21] Post prandial [0.65, 2]	<0.65(g/l) >1.21 (g/l)(À jeun) >2 (g/l)(Post prandial)	Réanimation
Traumatisme	Présence ou non de traumatisme grave mettant en jeu le pronostic vital et/ou fonctionnaire	Existence Absence	Absence	Existence	Orthopédie Traumatologie Neurochirurgie
Signes méningé	Présence de signes en faveur d'une infection méningé	Existence Absence	Absence	Existence	Infectieux
Abdomen chirurgical	Présence de signes en faveur d'une pathologie chirurgicale abdominale	Existence Absence	Absence	Existence	Chirurgie viscérale

TABLE 4.6 – Critères d'évaluation d'un bilan

## RÉSUMÉ

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre des systèmes multi-agents composés d'agents intelligents, évoluant de manière autonome et guidés par leurs propres objectifs à atteindre. Un agent peut décider d'évoluer seul, sans coopérer avec les autres agents. Il existe cependant des situations dans lesquelles une telle évolution individuelle rend impossible l'atteinte de ces objectifs, par manque d'expertise ou de temps. Dans de tels cas, la coopération de plusieurs agents par formation de groupes d'intérêts communs (coalitions), permet une réalisation collective des objectifs.

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié la coopération entre les agents du personnel d'un établissement hospitalier pour la prise en charge simultanée de plusieurs patients en situation d'urgence. Nous avons proposé un système multi-agents, dans lequel les agents sont distribués, qui a pour objectif la formation de groupes d'agents pour prendre en charge les différents agents patients. D'autre part, nous avons modélisé le problème sous forme d'un jeu coalitionnel en montrant que les différents groupes d'agents forment une structure de coalitions. De plus une fonction d'utilité est associée à chacune des coalitions formées.

**Mots clés :** Système multi-agents, formation de coalitions, coopération, théorie des jeux, prise en charge des patients, urgences médicales.

## ABSTRACT

The work presented in this document deal with the multi-agent systems composed of intelligent agents, operating independently and guided by their own objectives. An agent may decide to evolve alone without cooperating with other agents. However, there are situations in which such individual evolution makes impossible to achieve these objectives, by a lack of expertise or time. In such cases, the cooperation of several agents by forming common interest groups (coalitions), allows a collective achievement.

In the framework of this work, we have studied the cooperation between the agents of a hospital's staff in order to support simultaneously several patients in emergency situations. We proposed a multi-agent system, in which the agents are distributed, which aims to form groups of agents to support the different agents patients. Secondly, we modeled the problem as a coalitional game by showing that the different groups of agents form a coalition structure. Moreover, a utility function is associated with each coalition.

**Key words :** Multi-agent system, coalition building, cooperation, game theory, support of patients, medical emergencies.