

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Ecole nationale Supérieure d'Informatique (ESI)

Oued-Smar, Alger

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

d'état en informatique

Option : Systèmes d'information

Thème

**Modélisation multi-agent par écoute flottante d'un marché
financier**

Réalisés par

- DJAMA TANIA
- MOSBAH SAMY

Encadrée par

- Mme HEDJAZI B, DELLAL

Promotion : 2008/2009

ECOLE NATIONAL SUPERIEURE D'INFORMATIQUE

**Modélisation multi-agent par écoute flottante d'un
marché financier**

DJAMA Tania

MOSBAH Samy

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME D'INGENIEUR D'ETAT EN INFORMATIQUE
(SYSTEMES D'INFORMATION)**

SEPTEMBRE 2009

© DJAMA Tania, MOSBAH Samy, 2009.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont en premier lieu aux personnes du centre de recherche pour l'information scientifique et technique (CERIST) qui nous ont offert un terrain de stage pour concrétiser notre formation d'ingénieur d'état en informatique, et plus particulièrement M MEZIANE (directeur du département systèmes d'information du CERIST) pour son accueil et précieux conseils ainsi qu'à Mme HEDJAZI pour nous avoir donné l'opportunité de nous plonger dans un sujet, aussi passionnant que celui-ci, ainsi que pour son encadrement et son suivi tout au long de l'élaboration de notre PFE.

Aussi, nous remercions Mme ATEK et Mme YAKER, membres de notre commission de suivi qui nous ont encouragés dans nos démarches et qui nous ont éclairés par leurs expériences et connaissances.

Nous tenons à adresser un vif remerciement à M MOSBAH pour son immense aide, qui nous a fait gagner un temps précieux. Merci Monsieur pour avoir pris de votre temps en relisant notre rapport et pour toutes vos remarques pertinentes qui, sans nul doute, ont largement contribué à l'amélioration de notre travail.

Nous remercions également l'honorable jury pour avoir consenti à évaluer et à juger notre travail.

Enfin, toute notre gratitude va à l'ensemble du corps enseignant de l'ESI, qui a contribué directement ou indirectement à l'accomplissement de notre graduation, et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

A mes parents, vous êtes tout simplement mon modèle dans la vie ; je vous dois énormément.

A toi Aïda, la meilleure sœur au monde.

A toi Liliane, tu n'as jamais manqué de me témoigner une attention particulière qui m'a toujours touché.

A toi Samy, binôme et ami, je suis très heureuse d'avoir partagé cette expérience avec toi. J'ai découvert en toi un exemple de compréhension.

A toi Samia, ce travail est un peu le tien, tant tu t'y es investie sur tous les plans ; ton soutien a été sans limite.

En ce qui te concerne Moumène, je vais faire bref : merci pour ta patience inconditionnelle et pour avoir été là à chaque fois que j'en ai eu besoin.

TANIA

Dédicace

A mes parents qui ont toujours été là pour me soutenir dans les moments les plus importants de ma vie.

A mon frère Fateh et à Amira ainsi qu'à celui ou celle qui est en route.

A Tania, merci pour ta ponctualité et ta disponibilité en tant que binôme et en tant qu'amie.

A tous mes amis : Malek, Moumène, KMAK, Yacine, Baha, Kacem et à tous ceux qui m'ont soutenu dans ce travail.

SAMY

Résumé

Les systèmes ouverts et complexes comme les marchés financiers sont des systèmes hétérogènes, qui changent dans le temps, évoluent dans un univers fortement dynamique et incertain. Ils sont souvent sujets à d'importantes variations dues à des informations extérieures quantitatives et qualitatives qui produisent des résultats non anticipés.

Ce projet consiste à modéliser et simuler ces systèmes en utilisant un système multi-agent représentant les différentes entités (agents investisseurs ou traders qui représentent des particuliers ou des agents économiques ou entreprises) qui interagissent entre eux dans le cadre des différentes négociations d'achat ou de vente d'actions, qui apprennent sur les prédictions sur les cours des titres et d'optimiser par conséquent la gestion de leurs portefeuilles financiers.

Aujourd'hui, malgré une grande diversité de langages et de modèles, la majorité des modèles adoptent la vision dichotomique de l'interaction, la décomposant en deux éléments : la communication elle-même et l'action résultant de cet échange d'information. Dans les systèmes multi-agent, la communication est généralement organisée en protocoles, déterminant l'ordre des messages échangés, et l'action résultante. Cela limite les effets de la communication, et dans un contexte fortement interactionnel, comme la simulation de marchés financiers, cette approche est insuffisante, car l'interaction n'est pas seulement fondée sur des protocoles préétablis, mais également sur l'attention que porte chaque agent à l'environnement interactionnel du système.

Nous proposons dans ce projet d'appréhender les interactions et par conséquent l'anticipation avec une autre façon ne subissant pas ces limites, l'écoute flottante (Overhearing), c'est-à-dire, le fait pour un agent de pouvoir recevoir des messages qui ne lui étaient pas destinés à priori.

Mots-clés :

Système multi-agent, Marché financier, Apprentissage, Système de classifieurs, Ecoute flottante, Simulation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : LES AGENTS ET LES SYSTEMES MULTI-AGENTS.....	3
1. INTRODUCTION	3
2. L'AGENT	3
2.1. DEFINITION D'UN AGENT.....	3
2.2. ARCHITECTURES D'AGENTS.....	5
2.2.1. AGENT REFLEXE SIMPLE	6
2.2.2. AGENT REFLEXE A ETATS.....	7
2.2.3. AGENT A BASE DE BUTS	8
2.2.4. AGENT A BASE D'UTILITE	9
2.3. TYPOLOGIES D'AGENT	10
2.3.1. AGENTS REACTIFS	10
2.3.2. AGENTS COGNITIFS.....	10
2.3.3. AGENTS HYBRIDES	13
2.4. APPRENTISSAGE D'AGENTS PAR SYSTEMES DE CLASSIFIEURS.....	14
2.4.1. LES SYSTEMES DE CLASSIFIEURS.....	14
2.4.1.1. LES REGLES ET LES MESSAGES	15
2.4.1.2. L'ALGORITHME DU BUCKET BRIGADE.....	17
2.4.1.3. L'ALGORITHME GENETIQUE (RULES DISCOVERY)	17
2.4.1.3.1. FONCTIONNEMENT DE L'ALGORITHME GENETIQUE (AG)	18
2.4.1.3.2. LES DIFFERENTS OPERATEURS DANS LES ALGORITHMES GENETIQUES.....	18
3. SYSTEMES MULTI-AGENT (SMA).....	20
3.1. QU'EST-CE QU'UN SMA	20
3.2. DOMAINE D'APPLICATION.....	20
3.2.1. LA SIMULATION MULTI-AGENT	21
3.3. LES INTERACTIONS DANS LES SMA	23
3.3.1. LA COOPERATION DANS LES SMA.....	23
3.3.2. LA COMMUNICATION DANS LES SMA.....	24
3.3.2.1. DEFINITION	24
3.3.2.2. STRATEGIES DE COMMUNICATION DANS LES SMA	24
3.3.2.2.1. LA COMMUNICATION PAR MEMOIRE PARTAGEE	24
3.3.2.2.2. LA COMMUNICATION PAR ENVOIE DE MESSAGES.....	25
3.3.2.3. LANGAGES DE COMMUNICATION ENTRE AGENTS.....	25
3.3.2.3.1. KQML	25
3.3.2.3.2. FIPA-ACL.....	27
3.3.2.4. CONCEPT D'ECOUTE FLOTTANTE.....	233
3.3.2.4.1. DEFINITIONS.....	30

3.3.2.4.2. EXEMPLE D'UTILISATION DE L'ECOUTE FLOTTANTE	31
3.3.3. NEGOCIATION	32
3.4. L'ORGANISATION DANS LES SMA	33
3.5. MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DES SMA	34
3.5.1. LA METHODOLOGIE VOYELLES « AEIO »	34
3.5.2. LA MÉTHODOLOGIE GAIA	35
3.5.3. METHODOLOGIE AGR (Agent/Groupe/Rôle)	36
3.6. LES PLATEFORMES DE DEVELOPPEMENT DES SMA	37
3.6.1. LA PLATEFORME MADKIT (Multi-Agent Developement Kit)	37
3.6.2. LA PLATEFORME JADE (Java Agent DEveloppement framework)	38
3.6.3. LA PLATEFORME ZEUS	38
4. CONCLUSION	320
CHAPITRE II : LES MARCHES FINANCIERS	40
1. INTRODUCTION	40
2. QU'EST-CE QU'UN MARCHÉ FINANCIER	40
2.1. DÉFINITION	40
2.2. LES INTERVENANTS D'UN MARCHÉ FINANCIER	42
2.3. DIFFÉRENTS TYPES DE MARCHÉS FINANCIERS	42
2.3.1. NYSE	42
2.3.2. NASDAQ	44
2.3.3. EURONEXT	45
2.3.3.1. ETAPES DE CONSTRUCTION D'EURONEXT	46
2.3.3.2. LES ACTEURS AU SEIN D'EURONEXT	47
2.3.3.3. LES PRODUITS FINANCIERS	47
2.3.3.4. LES ORDRES	48
2.3.3.5. LE CARNET D'ORDRES	52
2.3.3.6. COTATION D'UN TITRE FINANCIER	54
2.3.3.7. FONCTIONNEMENT D'EURONEXT	57
2.3.3.8. DEROULEMENT D'UNE JOURNEE DE COTATION SUR EURONEXT	58
3. LES TECHNIQUES D'ÉVALUATIONS D'UNE ACTION	59
3.1. L'ANALYSE FONDAMENTALE	59
3.2. L'ANALYSE TECHNIQUE	59
3.2.1. L'ANALYSE GRAPHIQUE OU CHARTISTE	59
3.2.2. L'ANALYSE STATISTIQUE	60
4. CALCUL DU RISQUE D'UN ACTIF FINANCIER	61
4.1. DÉFINITION DU RISQUE	61
4.2. MESURE DU RISQUE D'UN ACTIF FINANCIER	62
4.3. LES PARAMÈTRES DE LA MESURE DU RISQUE	62
4.4. LA VALUE at RISK (VaR)	63

5.	<i>BULLES SPECULATIVES ET KRACHS FINANCIERS</i>	63
5.1.	<i>LES BULLES SPECULATIVES</i>	64
5.1.1.	<i>DEFINITION</i>	64
5.1.2.	<i>BULLES RATIONNELLES</i>	64
5.1.3.	<i>BULLES IRRATIONNELLES</i>	64
5.2.	<i>LES KRACHS BOURSIERS</i>	65
5.2.1.	<i>CYCLE D'UN KRACH BOURSIER</i>	65
6.	<i>CONCLUSION</i>	67
<i>CHAPITRE III : SIMULATION MULTI- AGENTS DE MARCHE FINANCIER</i>		68
1.	<i>INTRODUCTION</i>	68
2.	<i>MODELE ET SIMULATION MULTI-AGENT</i>	68
3.	<i>MODELES TRADITIONNELS POUR L'ETUDE DES MARCHES FINANCIERS</i>	69
3.1.	<i>THEORIE DE L'EFFICIENCE</i>	71
3.2.	<i>THEORIE DE LA STOCHASTICITE DU PRIX</i>	72
4.	<i>APPORT DES SMA DANS LA SIMULATION DE MARCHES FINANCIERS</i>	73
5.	<i>STRUCTURE D'UN MARCHE FINANCIER ARTIFICIEL</i>	74
6.	<i>DIFFERENTS MODELES DE MICROSTRUCTURE</i>	75
6.1.	<i>LES MODELES SYNCHRONES</i>	76
6.2.	<i>LES MODELES ASYNCHRONES</i>	76
7.	<i>EXEMPLE DE MARCHE FINANCIER ARTIFICIEL</i>	76
8.	<i>SYNTHESE DES DIFFERENTS AGENTS INVESTISSEURS DANS LES MARCHES FINANCIERS ARTIFICIELS</i>	78
8.1.	<i>AGENT A CAPACITE COGNITIVE REDUITE</i>	79
8.1.1.	<i>AGENTS ALEATOIRES</i>	79
8.1.2.	<i>AGENTS REACTIFS A SEUIL D'ACTIVATION</i>	79
8.2.	<i>AGENTS COGNITIFS</i>	79
8.2.1.	<i>AGENTS INDUCTIFS DU SANTA FE STOCK MARKET</i>	79
8.2.2.	<i>AGENTS SOCIAUX</i>	80
9.	<i>CONCLUSION</i>	81
<i>CHAPITRE IV : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME</i>		82
1.	<i>INTRODUCTION</i>	82
2.	<i>CHOIX DU MARCHE A MODELISER</i>	83
3.	<i>CHOIX DE LA METHODOLOGIE</i>	83
4.	<i>ANALYSE</i>	84
4.1.	<i>IDENTIFICATION DES AGENTS</i>	84
4.2.	<i>IDENTIFICATION DES UTILISATEURS</i>	85
4.3.	<i>SCHEMA GENERAL DU SYSTEME</i>	86
4.4.	<i>ENVIRONNEMENT DU SYSTEME</i>	87
4.5.	<i>IDENTIFICATION DES INTERACTIONS</i>	87
4.5.1.	<i>LES INTERACTIONS ENTRE LES AGENTS DU SYSTEME</i>	87

4.5.2. LES INTERACTIONS ENTRE LE SYSTEME ET L'UTILISATEUR.....	88
4.6. L'ORGANISATION.....	89
5. CONCEPTION.....	90
5.1. PROTOCOLES D'INTERACTIONS DU SYSTEME.....	90
5.1.1. PROTOCOLE « Consultation d'un Carnet d'Ordres ».....	90
5.1.2. PROTOCOLE « Enregistrement d'un ordre ».....	91
5.1.3. PROTOCOLE « Confirmation d'une transaction ».....	92
5.1.4. PROTOCOLE « Annulation d'un ordre ».....	93
5.1.5. PROTOCOLE « Demande écoute ».....	94
5.1.6. PROTOCOLE « Récupération des informations ».....	95
5.2. LES CLASSES D'AGENT.....	96
5.2.1. L'AGENT MARCHE.....	96
5.2.1.1. ARCHITECTURE INTERNE.....	96
5.2.1.2. CLASSE AGENT MARCHE.....	97
5.2.1.3. DESCRIPTION DE L'AGENT MARCHE.....	98
5.2.2. L'AGENT INVESTISSEUR.....	100
5.2.2.1. ARCHITECTURE INTERNE.....	100
5.2.2.2. COMPORTEMENT DES AGENTS INVESTISSEURS.....	101
5.2.2.3. CLASSE AGENT INVESTISSEUR (AI).....	103
5.2.2.3.1. DESCRIPTION DE L'AGENT INVESTISSEUR (AI).....	104
5.2.2.4. CLASSE AGENT INVESTISSEUR (AI _E).....	106
5.2.2.4.1. DESCRIPTION DE L'AGENT INVESTISSEUR (AI _E).....	107
5.2.3. L'AGENT ECOUTEUR.....	109
5.2.3.1. ARCHITECTURE INTERNE.....	109
5.2.3.2. CLASSE AGENT MARCHE.....	110
5.2.3.3. DESCRIPTION DE L'AGENT MARCHE.....	110
5.3. MODULE D'APPRENTISSAGE : DESCRIPTION DES SYSTEMES DE CLASSIFIEURS.....	111
5.3.1. MODELISATION DU PREMIER SYSTEME DE CLASSIFIEURS (SC ₁).....	112
5.3.2. MODELISATION DU DEUXIEME SYSTEME DE CLASSIFIEURS (SC ₂).....	114
5.4. DIAGRAMMES D'ACTIVITES DES AGENTS.....	116
5.4.1. DIAGRAMME D'ACTIVITE DE L'AGENT MARCHE.....	116
5.4.2. DIAGRAMME D'ACTIVITE DE L'AI.....	117
5.4.3. DIAGRAMME D'ACTIVITE DE L'AI _E	118
5.4.4. DIAGRAMME D'ACTIVITE DE L'AGENT ECOUTEUR.....	119
5.5. CONCEPTION DE LA BASE DE DONNEES.....	119
5.5.1. IDENTIFICATION DES CLASSES.....	120
5.5.2. DESCRIPTION DES CLASSES.....	121
5.5.3. DESCRIPTION DES ASSOCIATIONS.....	123
6. CONCLUSION.....	125

CHAPITRE V : REALISATION DU SYSTEME	126
1. INTRODUCTION	126
2. ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT	126
2.1. LA PLATEFORME MULTI-AGENT	126
2.2. LE LANGAGE DE PROGRAMMATION.....	127
2.3. LE SGBD	127
2.4. LE MODULE D'APPRENTISSAGE.....	128
3. ARCHITECTURE LOGICIELLE DU PROTOTYPE	129
4. L'AGENT ECOUTEUR.....	130
5. FONCTIONNEMENT DU SMA.....	131
5.1. DEROULEMENT D'UNE COTATION POUR L'AGENT MARCHE.....	132
5.2. PRISE DE DECISION ET EMISSION D'UN ORDRE POUR UN AGENT INVESTISSEUR (AI).....	133
5.3. PRISE DE DECISION ET EMISSION D'UN ORDRE POUR UN AGENT INVESTISSEUR (AI _e).....	134
5.4. DEROULEMENT D'UN PROCESSUS D'ECOUTE POUR UN AGENT ECOUTEUR.....	135
6. LES INTERFACES HOMME MACHINE	136
6.1. LES INTERFACES DE PARAMETRAGES DE LA SIMULATION.....	136
6.2. LES INTERFACES DE SUIVIS DE LA SIMULATION	138
6.3. LES INTERFACES D'AFFICHAGE DES RESULTATS	140
7. CONCLUSION	141
CONCLUSION GENERALE	143
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	145
ANNEXE A : SYNTHESE D'AUML	147
ANNEXE B : LA PLATEFORME JADE	155
ANNEXE C : LA BIBLIOTHEQUE ART.....	167