

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Sciences et Technologies Houari Boumédiène

Bab-Ezzouar — Alger

Département d'Informatique

THÈSE

Présentée par

Abdeslam NASRI

Pour l'obtention du titre de

Magister

Spécialité : **Informatique**

APPORTS DES LOGIQUES NON CLASSIQUES A L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DISTRIBUÉE

Soutenue le 11 Octobre 2000 devant le jury :

M. MEZGHICHE

Professeur (Université de Boumerdès)

Président

A. MOKHITARI-AÏSSANI

Maître de Conférences (USTHB)

Directeur de thèse

N. BADACHE

Maître de Conférences (USTHB)

Examineur

Z. ALIMAZIGHI

Maître de Conférences (USTHB)

Examineur

RÉSUMÉ

L'intelligence artificielle modélise l'interaction de l'agent avec le monde réel où l'état du monde dépend des actions de l'agent et des événements qui apparaissent. Les événements externes sont régis par les lois de l'univers, tandis que les actions de l'agent sont dues à la volonté de ce dernier à exécuter ces actions. Cette approche *interventionniste* de la causalité basée sur la notion du *libre arbitre* de l'agent a été formulée dans la théorie causale normative, *CT* de Mokhtari. D'autre part, les connaissances *statiques* de l'agent quand il est isolé de son environnement ont été modélisées par la logique du *seul savoir*, *OL*, de Levesque. Cette logique, *non monotone*, modélise l'état épistémique de l'agent à un instant donné et permet de raisonner sur *tout* ce qu'il sait à cet instant.

Dans ce document, nous présentons un état de l'art sur quatre différents domaines : les systèmes multi-agents, les logiques mathématiques, les théories de l'action et les systèmes distribués. Ensuite, nous proposons une intégration de la logique *OL* dans la théorie causale *CT*. La logique proposée appelée, *CTOL*, permet de raisonner sur l'état épistémique de l'agent quand il agit dans l'univers. Cette intégration nous a permis *d'importer* la partie propositionnelle de *OL* dans *CT*, de proposer une solution au *frame problem* pour les actions produisant des connaissances, d'établir un lien entre *l'implication stricte* et le *savoir* ainsi qu'entre la *norme* et le *seul savoir* sur les *lignes de temps préférées* et nous avons défini la notion de *distance épistémique intentionnelle*.

Ensuite, nous proposons une extension *CTOL_n* de la logique *CTOL* dans le contexte des systèmes distribués. Cette modélisation nous oblige à revoir la notion de l'action, puisque les agents sont des processus informatiques, et son effet et de prendre en charge la *communication*. Enfin, nous montrons que la *causalité réelle* est beaucoup plus *impliquée* pour la *causalité épistémique* que pour la *causalité potentielle*.

Mots clés : logique causale ; seul savoir ; théorie de l'action ; systèmes distribués ; intelligence artificielle distribuée

ABSTRACT

Artificial intelligence models the interaction between the agent and the real world where the state of the world depends on the agent's actions and events that occur. External events are governed by the laws of nature, whereas agent's actions are due to his/her *free will* to perform an action or not. This *interventionist* approach to causality based on the notion of the agent's *free-will* has been formulated in the causal theory *CT* of Mokhtari. On the other hand, the agent's *static* knowledge when isolated from his environment has been modeled by the logic of *only knowing* of Levesque. This *non-monotonic* logic models the epistemic state of the agent at a given time and allows to reason about *all* what the agent knows at this instant.

In this document we present a state of the art on four different domains: multi-agent systems, mathematical logics, action theories and distributed systems. Subsequently, we propose an integration of the logic *OL* into the causal theory *CT*. The proposed logic, *CTOL*, allows us to represent and reason about the epistemic state of the agent when acting in the real world. Given this integration, we *import* the propositional part of *OL* into *CT*, propose a solution to the so-called *frame problem* for knowledge-producing actions, establish a link between *strict implication* and *knowledge* and also between *norm* and *only knowing* on *preferred time lines* and we define the notion of *intentional epistemic distance*.

Moreover, we propose an extension *CTOL_n* of the logic *CTOL* in the context of distributed systems. This modeling compels us to review the notion of action, since our interacting agents are software processes and its effect and to take into account *communication*. Finally, we show that *actual causality* is more *implicated* for *epistemic causality* than for *potential causality*.

Keywords: causal logic; only knowing; action theory; distributed systems; distributed artificial intelligence

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	I
RÉSUMÉ.....	I
ABSTRACT.....	I
TABLE DES MATIÈRES.....	I
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DISTRIBUÉE.....	4
1.1 DE L'IA CLASSIQUE A L'IAD.....	6
1.2 L'AGENT.....	7
1.2.1 DÉFINITION.....	7
1.2.2 CONSTITUANTS.....	8
1.2.3 CARACTÉRISTIQUES.....	9
1.3 SYSTÈMES MULTI-AGENTS (SMA).....	9
1.3.1 DÉFINITION.....	9
1.3.2 CLASSIFICATION DES SMA.....	10
1.4 ACTIONS ET COMPORTEMENTS DES AGENTS.....	12
1.4.1 LA MODÉLISATION DE L'ACTION.....	12
1.4.2 ÉTATS MENTAUX ET INTENTIONS.....	13
1.4.3 LES MOTIVATIONS.....	15
1.4.4 PASSAGE A L'ACTE.....	15
1.5 COMMUNICATIONS.....	16
1.6 INTERACTIONS.....	16
1.7 FORMES DE COORDINATION D'ACTIONS.....	17
1.7.1 COORDINATION PAR SYNCHRONISATION.....	17
1.7.2 COORDINATION PAR PLANIFICATION.....	17
1.7.3 COORDINATION RÉACTIVE.....	18
1.7.4 COORDINATION PAR RÉGLEMENTATION.....	18
1.8 APPLICATIONS DES SMA.....	18
1.9 CONCLUSION.....	19
CHAPITRE 2 LOGIQUES POUR RAISONNER SUR LES ACTIONS.....	21
2.1 LOGIQUES MODALES.....	23
2.1.1 SYNTAXE.....	23
2.1.2 SÉMANTIQUE DES MONDES POSSIBLES.....	23
2.1.3 RÈGLES DE VALUATION.....	24

2.1.4	SYSTÈME DE DÉDUCTION	25
2.1.5	LIMITES DE LA SÉMANTIQUE DES MONDES POSSIBLES.....	27
2.1.6	LOGIQUES MODALES NON MONOTONES	28
2.2	LOGIQUE AUTOEPISTEMIQUE	29
2.2.1	CARACTÉRISATION DES ENSEMBLES STABLES.....	30
2.2.2	LA SÉMANTIQUE.....	31
2.2.3	UNE INTERPRÉTATION OPÉRATIONNELLE DE LA LAE.....	32
2.2.4	DISCUSSION.....	34
2.3	LA LOGIQUE OL.....	34
2.3.1	LA LOGIQUE OL ET LA LOGIQUE AUTOÉPISTEMIQUE.....	36
2.3.2	AUTRES CARACTÉRISATIONS DU SEUL SAVOIR.....	37
2.3.3	EXTENSION DE OL AU MULTI-AGENTS	38
2.3.4	QUELQUES POINTS D'APPRÉCIATION	39
2.4	LOGIQUES MODALES TEMPORELLES.....	40
2.4.1	LE LANGAGE ET LES SYSTÈMES.....	40
2.4.2	LA SÉMANTIQUE.....	41
2.5	AUTRES FORMALISMES	43
2.6	CONCLUSION	44
CHAPITRE 3 THÉORIES DE L'ACTION.....		46
3.1	CALCUL DES SITUATIONS	47
3.1.1	LES LIGNES DE TEMPS.....	50
3.1.2	LES CONNAISSANCES.....	50
3.1.3	LE SEUL SAVOIR	52
3.2	LES APPROCHES SYSTÉMATIQUES.....	53
3.3	APPROCHES CAUSALES	53
3.3.1	LA THÉORIE CT.....	54
3.4	CONCLUSION	59
CHAPITRE 4 LES SYSTÈMES DISTRIBUÉS		60
4.1	L'ALGORITHMIQUE DISTRIBUÉE	61
4.2	LA COMMUNICATION DANS UN SYSTÈME DISTRIBUÉ	63
4.3	LE TEMPS DANS UN SYSTÈME DISTRIBUÉ	64
4.4	PROBLÉMATIQUE DES SYSTÈMES DISTRIBUÉS.....	65
4.4.1	L'ACCORD BYZANTIN.....	66
4.4.2	LE PROBLÈME DE CONSENSUS.....	68
4.4.3	LE PROBLÈME DE COORDINATION DISTRIBUÉE.....	69
4.4.4	LES DÉTECTEURS DE DÉFAILLANCES DES PROCESSUS.....	70
4.5	DANS LE CONTEXTE DE L'IAD.....	71
4.5.1	LES SYSTÈMES BASÉS SUR LES EXÉCUTIONS.....	72
4.5.2	REPRÉSENTATION DES ACTIONS.....	73

4.5.3	<i>LES CONNAISSANCES COMMUNES</i>	74
4.6	CONCLUSION	77
CHAPITRE 5 LE SAVOIR ET LE SEUL SAVOIR DANS LA THÉORIE CAUSALE NORMATIVE .		78
5.1	RETOUR A LA LOGIQUE OL	80
5.2	LA LOGIQUE CTOL	82
5.2.1	<i>LA SÉMANTIQUE</i>	82
5.2.2	<i>PROPRIÉTÉS</i>	85
5.2.3	<i>INCORPORATION DE OL</i>	86
5.2.4	<i>CONNAISSANCES, ACTIONS ET TEMPS</i>	88
5.3	EXEMPLES	91
5.3.1	<i>LE YSP</i>	91
5.3.2	<i>L'ACCIDENT DE VOITURES</i>	91
5.3.3	<i>LE COFFRE A OUVERTURE AUTOMATIQUE</i>	93
5.4	LES BASES DE CONNAISSANCES CTOL	94
5.5	CONCLUSION	94
CHAPITRE 6 CTOL DANS LES SYSTÈMES DISTRIBUÉS		96
6.1	LA LOGIQUE CTOLN.....	97
6.1.1	<i>LE LANGAGE</i>	101
6.1.2	<i>LA SÉMANTIQUE</i>	103
6.1.3	<i>ACTION, COMMUNICATION ET SYNCHRONISME</i>	105
6.1.4	<i>EVALUATION DES FORMULES</i>	107
6.1.5	<i>CONNAISSANCES COMMUNES ET ACTIONS COORDONNÉES</i>	109
6.2	APPLICATIONS.....	114
6.2.1	<i>LA COORDINATION DISTRIBUÉE UNIFORME</i>	114
6.2.2	<i>LE PROBLÈME DE CONSENSUS</i>	116
6.3	CONCLUSION	118
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		120
BIBLIOGRAPHIE		122