
Organisation et applications des SMA

sous la direction de

René Mandiau

Emmanuelle Grislin-Le Strugeon

André Péninou

 **hermes**

Lavoisier

IST 2818

Organisation et applications des SMA

7736

© LAVOISIER, 2002

LAVOISIER
11, rue Lavoisier
75008 Paris

Serveur web : www.hermes-science.com

ISBN 2-7462-0439-8

Catalogage Electre-Bibliographie

Mandiau, René*Grislin-Le Strugeon, Emmanuelle*Péninou, André (sous la direction de)
Organisation et applications des SMA

Paris, Hermès Science Publications, 2002

ISBN 2-7462-0439-8

RAMEAU : intelligence artificielle répartie
traitement réparti

DEWEY : 006.1 : Méthodes informatiques spéciales.
Intelligence artificielle

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

**Organisation
et applications
des SMA**

sous la direction de

René Mandiau
Emmanuelle Grislin-Le Strugeon
André Péninou

hermes
Science
— PUBLICATIONS —

EXTRAIT DU CATALOGUE GÉNÉRAL

- Calcul réparti à grande échelle – *Metacomputing*, Françoise BAUDE (dir.), 2002.
- La veille stratégique sur l'internet, Henry SAMIER, Victor SANDOVAL, 2002.
- Les intergiciels – *développements récents dans CORBA, Java RMI et les agents mobiles*, Isabelle DEMEURE, Elie NAJM (dir.), 2002.
- Réseaux ATM, Pierre ROLIN (dir.), 2002.
- Analyse et conception de l'IHM, Christophe KOLSKI (dir.), 2001.
- Bases de données et internet – *modèles, langages et système*, Anne DOUCET, Geneviève JOMIER (dir.), 2001.
- Environnements évolués et évaluation de l'IHM, Christophe KOLSKI (dir.), 2001.
- Ingénierie des protocoles et qualité de service, Ana CAVALLI (dir.), 2001.
- Ingénierie des systèmes d'information, Corine CAUVET, Camille ROSENTHAL-SABROUX (dir.), 2001.
- Ingénierie et capitalisation des connaissances, Manuel ZACKLAD, Michel GRUNDSTEIN (dir.), 2001.
- La construction du datawarehouse, 2^e édition revue, Jean-François GOGLIN, 2001.
- Le logiciel à valeur ajoutée, Yves CONSTANTINIDIS, 2001.
- Management des connaissances – *modèles d'entreprise et applications*, Manuel ZACKLAD, Michel GRUNDSTEIN (dir.), 2001.
- Manuel de l'internet, François COLLIN, 2001.
- Principes et architecture des systèmes multi-agents, Jean-Pierre BRIOT, Yves DEMAIZEAU (dir.), 2001.
- Systèmes multimédias communicants, Walid DABBOUS (dir.), 2001.
- Le langage Java – *concepts et pratique*, Irène CHARON, 2000.
- Les systèmes de connaissances, 2^e édition revue et augmentée, Jean-Louis ERMINE, 2000.
- Du client-serveur au web-serveur, Jean-François GOGLIN, Philippe USCLADE, 1999.
- Introduction aux systèmes temps réel, Christian BONNET, Isabelle DEMEURE, 1999.

Liste des auteurs

Emmanuel ADAM
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Jean-Paul BARTHÉS
HEUDIASYC
Université de Compiègne (France)

Flavien BALBO
LAMSADE
Université Paris-Dauphine (France)

Bruno BEAUFILS
LIFL
Université de Lille 1 (France)

Nadia BENNANI
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Olivier BOISSIER
SMA/SIMMO
Université de Saint-Etienne (France)

Thierry CARRON
SMA/SIMMO
Université de Saint-Etienne (France)

Brahim CHAIB-DRAA
Université Laval (Québec, Canada)

Pierre CHEVAILLIER
ENIB
Université de Brest (France)

Rémy COURDIER
IREMIA
Université de la Réunion (France)

Gilles COPPIN
Dept IASC
ENST Bretagne (France)

Amal EL FALLAH
LIPN
Université Paris 13 (France)

Stéphane ESPIÉ
CIR/MSIS
INRETS Arcueil (France)

Laurent GAGUET
LRI
Université Blaise Pascal – Clermont-
Ferrand II (France)

Francis GALLEZ
Solvay Research & Technology Bruxelles
(Belgique)

Pablo GRUER
SeT
Université Technologique de Belfort-
Montbéliard (France)

6 Organisation et applications des systèmes multi-agents

Olivier GUTKNECHT
LIRMM
Université de Montpellier (France)

Zahia GUESSOUM
LIP6
Université Paris 6 (France)

Youssef HAMMADI
Digital Media Systems Department
HP Labs (Grande-Bretagne)

Martin HEUSSE
Dept IASC
ENST Bretagne (France)

Vincent HILAIRE
SeI
Université Technologique de Belfort-
Montbéliard (France)

Yvon KLERMARREC
Dept IASC
ENST Bretagne (France)

Christophe KOLESKI
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Abder KOUKAM
SeT
Université Technologique de Belfort-
Montbéliard (France)

Didier LFMAIRE
I3D
Université de Lille I (France)

René MANDIAU
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Salah MAOUCHI
I3D
Université de Lille I (France)

Philippe MAILHEU
LIFI
Université de Lille I (France)

Suzanne PINSON
LAMSADE
Université Paris-Dauphine (France)

Michel OCCHIO
LEIBNIZ/IMAG
Université de Grenoble (France)

Claudette SAYE-LIAT
SMA/SIMMO
Université de Saint-Etienne (France)

Christian TAHON
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Damien TRENTESAUX
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Didier DONSIZ
LSR-IMAG
Université Joseph Fourier (France)

Sylvain LECOMTE
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Sylvain PIECHOWIAK
LAMIH
Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambrésis (France)

Felix RAMOS
CINVESTAV-IPN
Guadalajara (Mexique)

Emmanuel VERGISON
Solvay Research & Technology
Bruxelles (Belgique)

Table des matières

Introduction	15
PREMIÈRE PARTIE. RÉFLEXIONS SUR LES ORGANISATIONS MULTI-AGENTS	23
Chapitre 1. Approche multi-formalisme pour la spécification des systèmes multi-agents	25
1.1. Introduction	25
1.2. De l'intérêt des spécifications formelles	26
1.2.1. Etat de l'art de la spécification formelle des systèmes multi-agents	26
1.2.2. Spécification multiformalisme	28
1.3. Vers une méthode de spécification	30
1.3.1. Motivation	30
1.3.2. Cadre général	31
1.3.3. Spécification formelle	33
1.4. Validation et vérification des spécifications	35
1.5. Conclusion	36
1.6. Bibliographie	37
Chapitre 2. Une méthode de modélisation et de conception d'organisations multi-agents holoniques	41
2.1. Introduction	41
2.2. Les systèmes holoniques	42
2.2.1. Définition informelle des organisations multi-agents holoniques (OMAH)	44
2.2.2. Une définition formelle des organisations multi-agents holoniques	51
2.3. Spécification des organisations multi-agents holoniques (OMAH)	54
2.3.1. Spécification individuelle des agents holoniques	55

8 Organisation et applications des systèmes multi-agents

2.3.2. Spécification des activités coopératives de l'organisation multi-agent holonique	57
2.4. Exemples d'application	59
2.4.1. Spécification de systèmes orientés holons pour l'aide au travail coopératif (SOHTCO)	59
2.4.2. Spécification d'un système d'agents d'information coopératifs pour la veille coopérative (SAIVCO)	65
2.5. Conclusion	72
2.6. Bibliographie	73
Chapitre 3. Agents et dilemmes sociaux	77
3.1. Introduction : dilemme et stratégies	77
3.1.1. Les comportements modélisés par des stratégies	78
3.1.2. Une ébauche de taxonomie	80
3.2. Evaluations des stratégies	81
3.2.1. Tournoi et évolutions	81
3.2.2. Classes complètes	82
3.2.3. Quelques résultats	84
3.3. Comportements adaptatifs	85
3.3.1. Gradual	85
3.3.2. bad bet	87
3.3.3. Expériences et analyses	88
3.4. Conclusion	90
3.5. Bibliographie	91
Chapitre 4. Coordination d'actions par planification multi-agent	93
4.1. Introduction	93
4.2. La planification multi-agent comme spécialisation de la résolution distribuée de problème	93
4.3. La coordination par planification multi-agent	94
4.4. Planification multi-agent centralisée et plans distribués	95
4.5. Planification multi-agent distribuée	95
4.5.1. Planification distribuée pour plan centralisé	95
4.5.2. Planification distribuée pour plan distribué	96
4.6. Processus de coordination d'actions par planification	98
4.7. Exécution concurrente de plans et dynamique de l'environnement	98
4.8. Quelle stratégie adopter pour allouer les tâches aux agents ?	99
4.8.1. Les méthodes statiques	100
4.8.2. Les méthodes dynamiques	100
4.8.3. Approche multicritère fondée sur les relations de surclassement	101

4.9. Conclusion	105
4.10. Bibliographie	105

Chapitre 5. Aspects formels des systèmes multi-agents 109

5.1. Introduction	109
5.2. Les fondements de la modélisation formelle des SMA	110
5.3. Les logiques pour raisonner sur des attitudes mentales	111
5.3.1. Raisonner sur la connaissance et la croyance	111
5.3.2. Raisonner sur les attitudes motivationnelles	116
5.4. Les logiques pour raisonner sur les aspects sociaux	118
5.4.1. Attitude mentale et aspects sociaux	119
5.4.2. La communication	120
5.5. Exemple de modélisation formelle d'un agent délibératif dans un SMA	121
5.5.1. La planification agent comme processus mental	122
5.5.2. Modélisation du raisonnement et des représentations de l'agent	124
5.6. Autres aspects formels pour l'interaction entre agents	125
5.7. Conclusion	128
5.8. Bibliographie	129

Chapitre 6. Le temps dans les systèmes multi-agents 133

6.2. Problématique liée au temps et aux SMA	135
6.2.1. Aspects théoriques et définition du temps	135
6.2.2. L'approche voyelles : AEIO	142
6.3. Le temps dans l'interaction	143
6.3.1. Langages de communication temporels	144
6.3.2. Protocoles et gestion de conversation	147
6.4. Le temps dans l'organisation	149
6.4.1. Relations sociales temporelles	150
6.4.2. Structures organisationnelles	151
6.5. Le temps dans l'agent	154
6.5.1. Guardian	154
6.5.2. Alarms	155
6.5.3. ACTEM	156
6.5.4. AOP	157
6.5.5. STARS	157
6.5.6. Discussion	158
6.6. Vers des systèmes multi-agents temporels	159
6.7. Conclusion	161
6.8. Bibliographie	162

DEUXIÈME PARTIE. APPLICATIONS. 167

Chapitre 7. Problèmes de satisfaction de contraintes et systèmes multi-agents. 169

7.1. Introduction 169

7.2. Présentation des CSP. 170

 7.2.1. Définitions 170

 7.2.2. Le backtracking 172

 7.2.3. Le filtrage. 176

 7.2.4. Combinaison du filtrage et du backtracking 179

 7.2.5. Autres approches 180

7.3. Les CSP dynamiques (DCSP) 180

 7.3.1. Présentation des CSP dynamiques 180

 7.3.2. Utilisation des CSP dynamiques 182

7.4. Les CSP distribués (DisCSP). 182

 7.4.1. Introduction 182

 7.4.2. Présentation des DisCSP. 185

7.5. Conclusion. 196

7.6. Bibliographie 197

Chapitre 8. Comparaison des plates-formes SMA françaises à travers un *toy problem* 207

8.1. Introduction 207

8.2. Le système Magique 209

 8.2.1. Description générale de la plate-forme 209

 8.2.2. Résolution du problème 210

 8.2.3. Conclusion sur la plate-forme Magique 213

8.3. La plate-forme Smas 214

 8.3.1. Description générale de la plate-forme 214

 8.3.1. Résolution du problème 214

8.4. La plate-forme Mask 218

 8.4.1. Présentation générale 218

 8.4.2. Résolution du problème 219

 8.4.3. Conclusion sur la plate-forme Mask 222

8.5. La plate-forme DIMA 223

 8.5.1. Description générale 223

 8.5.2. Résolution du problème 224

 8.5.3. Conclusion sur la plate-forme DIMA 226

8.6. La plate-forme Geamas 227

 8.6.1. Description générale 227

 8.6.2. Résolution du problème 228

8.6.3. Les mécanismes d'interactions entre agents : messages et protocoles	229
8.6.4. Conclusion sur la plate-forme Geamas	231
8.7. L'environnement oRis	231
8.7.1. Description générale	231
8.7.2. Résolution du problème	232
8.7.3. Conclusion sur l'environnement oRis	236
8.8. La plate-forme MadKit	236
8.8.1. Description générale	236
8.8.2. Architecture	236
8.8.3. Construction des agents	238
8.8.4. Conclusion et évolutions sur la plate-forme Madkit.	239
8.9. Conclusion	240
8.10. Bibliographie	240

Chapitre 9. Routage par agents dans les réseaux de communication 243

9.1. Introduction	243
9.2. Les évolutions de TCP (<i>Transmission Control Protocol</i>)	245
9.2.1. TCP : problématique et solution	245
9.2.2. Les moyens d'interaction entre les agents TCP et leur environnement	246
9.2.3. Conclusion sur TCP	249
9.3. Le routage	250
9.4. <i>Cooperative Asymmetric Forward (CAF)</i> : un algorithme de routage	251
9.4.1. Exploration guidée	251
9.4.2. Application à l'équilibrage de charge	253
9.4.3. Quelques résultats.	254
9.5. Conclusions et perspectives.	255
9.5.1. Vers une association entre théorie et empirisme	255
9.5.2. Perspectives	257
9.6. Bibliographie	257

Chapitre 10. Approche multi-acteur dans la simulation de trafic automobile. 259

10.1. Introduction	259
10.2. Problématique du trafic automobile	260
10.2.1. Etude des phénomènes et des comportements	260
10.2.2. Les modèles de simulation de trafic	263
10.3. ARCHISIM	263
10.3.1. Motivations et concepts	263
10.3.2. Fondements.	264

12 Organisation et applications des systèmes multi-agents

10.3.3. Réalisations	265
10.3.4. Validation	268
10.4. Travaux en cours	273
10.4.1. Modélisation de carrefours urbains	274
10.4.2. Modélisation d'infrastructure autoroutière avec trafic dense	274
10.4.3. Faisabilité de l'application du modèle pour la formation à la conduite	275
10.5. Conclusion	276
10.6. Bibliographie	277

Chapitre 11. Approche multi-agent pour la conception de sites

robotisés	279
11.1. Introduction	279
11.2. Paramétrage	280
11.2.1. Définition des référentiels	280
11.2.2. Situation des référentiels	281
11.2.3. Décomposition en matrices homogènes élémentaires	282
11.3. Les agents	283
11.3.1. L'architecture	283
11.3.2. La perception	283
11.3.3. L'action	285
11.3.4. La communication	287
11.4. Implémentation et application à une cellule industrielle de mesure	287
11.4.1. Plate-forme de développement	287
11.4.2. Le manipulateur	287
11.5. Conclusion	289
11.5.1. Résultats	289
11.5.2. Perspectives	290
11.6. Bibliographie	291

Chapitre 12. Ordonnancement distribué dans les ateliers flexibles

12.1. Introduction	293
12.2. Pilotage des ateliers flexibles	293
12.3. Système de pilotage multi-agent (SPMA)	296
12.3.1. Caractérisation et analyse	296
12.3.2. Synthèse	298
12.4. Illustration	300
12.5. Conclusion	303
12.6. Bibliographie	304

Chapitre 13. Système d'information à base d'agents	307
13.1. Introduction	307
13.2. Apport des agents aux systèmes d'information	308
13.2.1. Des agents pour s'adapter aux systèmes en réseau.	308
13.2.2. Des agents pour s'adapter à l'utilisateur.	309
13.3. Architecture d'un système d'information à base d'agents	310
13.3.1. Architecture générale	310
13.3.2. Caractéristiques des agents.	312
13.4. Un exemple de système d'information personnalisé à base d'agents dans le domaine des transports.	313
13.4.1. Besoin d'un système d'information personnalisé	313
13.4.2. Architecture du système	314
13.4.3. Personnalisation	314
13.4.4. Perspectives	317
13.5. Conclusion	318
13.6. Bibliographie	318
Chapitre 14. Apport des agents mobiles dans le commerce électronique	321
14.1. Introduction	321
14.2. Principes de fonctionnement et plates-formes mobiles	322
14.2.1. Définition d'un agent mobile	323
14.2.2. Les plates-formes à agents mobiles.	323
14.2.3. Agents mobiles et sécurité	326
14.3. Agents mobiles et commerce électronique	327
14.3.1. Types de commerce électronique	328
14.3.2. Les différents acteurs	328
14.3.3. Le M-Commerce.	328
14.4. Apport des agents	329
14.5. Conclusion	330
14.6. Bibliographie	330
Chapitre 15. Capitalisation des connaissances dans l'entreprise.	333
15.1. Introduction	333
15.2. Définition et objectifs de la capitalisation des connaissances	333
15.2.1. La capitalisation des connaissances dans l'entreprise	334
15.2.2. Les connaissances dans l'entreprise	334
15.2.3. Mise en œuvre et technologies informatiques.	335
15.3. Utiliser des agents pour capitaliser les connaissances	336
15.3.1. Assistance automatique à la recherche d'information	336
15.3.2. Assistance à la résolution de problèmes	337

14 Organisation et applications des systèmes multi-agents

15.3.3. Architecture de systèmes de capitalisation autour de systèmes multi-agents	337
15.4. Conclusion	341
15.5. Bibliographie	342
Chapitre 16. L'intelligence compétitive dans les entreprises	345
16.1. Introduction	345
16.2. L'intelligence compétitive : un mode de gestion dynamique des connaissances.	346
16.3. Les stratégies de déploiement de l'intelligence compétitive	347
16.3.1. Trois stratégies de déploiement possibles	347
16.3.2. La stratégie top-down : une solution à macro-échelle	348
16.3.3. La stratégie bottom-up : une solution à micro-échelle.	348
16.3.4. La troisième voie : l'appel à la sous-traitance	348
16.4. L'intelligence compétitive : un service plus qu'un produit.	349
16.5. La typologie de l'information	349
16.5.1. Les sources d'informations.	349
16.5.2. La base du modèle informationnel	351
16.6. Le processus de veille « marchés ».	351
16.6.1. L'architecture type d'un système d'intelligence compétitive.	352
16.6.2. Le traitement des informations	353
16.6.3. Une interface homme-machine facile à configurer.	354
16.7. Les modes de diffusion de l'information	355
16.8. Conclusion	356
16.9. Bibliographie	356
Conclusion.	359
Index	363