

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Batna

Faculté des sciences de l'ingénieur Département : Informatique



Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Informatique **Option: Informatique industrielle**

Présenté par :

Mohamed rida ABDESSEMED

Sujet du mémoire

Proposition d'une méthode de classification dans un environnement de robotique collective

Soutenu le: 07/juin /2006 devant le jury composé de :

Dr. Noureddine

BOUGUECHAL

Professeur

Université de Batna

Président Rapporteur

Dr. Mohamed

BATOUCHE

Professeur

Université de Constantine Université de Constantine

Examinateur

Dr. Mohamed

BENMOHAMED

Professeur

Examinateur

Dr. Azzeddine

HAFTARI

Maître de conférence Université de Batna

Résumé

Pour faire émerger une macro-tâche engendrée par une coopération de robots mobiles, autonomes, et à capacité limitée, une approche évolutionniste est présentée dans ce mémoire. Le système de contrôle au niveau de chaque robot est identique, et comprend un automate cellulaire qui sert à choisir entre un certain nombre de comportements fournis à la base. Les algorithmes génétiques appliqués dans ce cas, recherchent les automates cellulaires les plus aptes à faire réussir l'accomplissement de cette macro-tâche prédéterminée, éventuellement complexe, et exigeant une coopération de l'ensemble des robots mobiles précités. Cette approche est appliquée à la formation multi-tas, selon un ou plusieurs critères de classification (dans nos expériences on a opté pour les propriétés « couleur » et « forme») dans un environnement de simulation plat et fermé dans les deux directions, où les robots mobiles sont modélisés via des agents réactifs. Trois solutions guidées chacune par un procédé d'évaluation spécifique, sont proposées dans la classification monocritère et une solution dans la classification multicritères. Dans tous ces cas une structure organisée émerge après un certain nombre de générations, dévoilant les règles sensori-motrices qui permettent aux agents réactifs d'accomplir la tâche de classification en question.

Mots clés : Agent réactif, Algorithme génétique, Auto-organisation, Classification, Formation multi-tas, Robotique collective.

Abstract

In order to emerge a macro-task generated by a co-operation of mobile, autonomous, and capacity limited robots, an evolutionary approach is presented in this memory. Control system is the same for each robot, and includes a cellular automat used to choose between a set of behaviors provided at the base. Genetic algorithms applied in this case, seek the cellular automats ready to succeed the achievement of this predetermined, eventually complex and requiring a total co-operation of the whole mobile robots mentioned above, macro-task. This approach is applied to the multi-heap formation, according to the one or more criterions of classification like "color" and "form" in a flat and closed in the two directions simulation environment, where mobile robots are modeled via reactive agents. Three solutions guided each one by a specific evaluation process, are proposed in monocriterion classification, another one in the multi-criterions classification. In all cases, an organized structure emerges after a certain number of generations, revealing the sensory-motor rules which allow reactive agents to achieve the classification task.

Key words: Auto-organization, Classification, Collective Robotics, Genetic Algorithm, Multi-heap formation, Reactive agent.

Table des matières

Introduction generale	1
Chapitre I : Vie artificielle	
I.1. Historique	3
I.2. Définition de la vie artificielle	3
I.3. Automates cellulaires	5
I.4. Jeu de la vie	9
I.5. Les insectes sociaux	10
I.6. Les robots	12
I.7. Le système classifieur	14
I.8. Animat	16
I.9. La morphogenèse	18
I.10. Principe de l'évolution	20
I.11. Emergence	22
I.12. Relation entre intelligence artificielle et vie artificielle	26
I.13. Conclusion	26
I.14. Références	27
Chapitre II : Auto-organisation, Adaptation & Apprentissage	
II.1. Auto-organisation	32
II.1.1. Concept du système	32
II.1.2. Définition(s)	33
II.1.3. Caractéristiques des systèmes aut-organisés	34
II.1.4. La rétroaction	35
II.1.5. Les mécanismes de l'auto-organisation	36
II.1.6. Règles comportementales locales	37
II.1.7. L'auto-organisation et l'intelligence collective	37
II.2. Adaptation	39
II.2.1. Definition(s)	39
II.2.2. Système adaptatif	40
II.2.3. Architecture d'un système adaptatif	40
II.3. Apprentissage	41
II.3.1. Définition(s)	41
II.3.2. Méthodes d'apprentissage	42
II.3.2.1. Réseaux de neurones	43
II.3.2.2. Apprentissage par renforcement	48
II.3.2.3. Algorithmes génétiques (AG)	51
II.3.3. Estimation de la performance	55
II.4. Conclusion	57
II.5. Références	58
Chapitre III : Système multi-agents & Robotique collective	
III.1 Système multi-agent (SMA)	63
III.1.1. Définitions	64
III.1.1.1. Définition d'un agent	64
III.1.1.2. Caractéristiques d'un agent	64
III.1.1.3. Système multi-agent	67
III.1.2. Dualité Agent/Organisation	69
III.1.2.1. Agent cognitif	69

Annexe B (Glossaire)

4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère	III.2 Robotique collective
III.2 Robotique collective	III.2 Robotique collective
III.2.1. Motivations	III.2.1. Motivations 74 III.2.2. Contrôle d'un robot 75 III.2.3. Contrôle d'un collectif de robots 75 III.2.4. Les insectes sociaux 77 III.2.5. La coopération en robotique collective 78 III.2.6. Un exemple de résolution de conflits : le compétition agressive 79 III.2.7. Un exemple de méthodologie en robotique collective : Cirta 79 III.3. Conclusion 80 III.4. Références 81 Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction 86 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 86 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97
III.2.2. Contrôle d'un robot 75	III.2.2. Contrôle d'un robot
III.2.3. Contrôle d'un collectif de robots III.2.4. Les insectes sociaux III.2.5. La copération en robotique collective 78 III.2.5. La copération en robotique collective 78 III.2.6. Un exemple de résolution de conflits : le compétition agressive 79 III.2.7. Un exemple de méthodologie en robotique collective : Cirta 79 III.3. Conclusion 80 III.4. Références 81 Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 41. Introduction 42. Définitions de groupement, classification et tri 86 43. Les algorithmes de classification biomimétique 88 44. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 44.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 44.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 45. Problème de classification monocritère 100 46. Solutions proposées pour l'approche monocritère 101 46.1. Première solution 102 47. Problème de classification multicritère 103 48. Solution proposée pour l'approche multicritère 104 49. Regroupement sélectif exclusif au mieux 105 49. Conclusion 106 410. Références 107 Chapitre V : Mise en œuvre & résultats de la simulation 117 52. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 118 52.1. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 119 52.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 110 54. Résultats de la simulation 111 54.1. Règles décelées 117 54.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 120 54.4. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 121 55. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis 122 56. Conclusion 125 57. Références 125 57. Références	III.2.3. Contrôle d'un collectif de robots
III.2.4. Les insectes sociaux	III.2.4. Les insectes sociaux
III.2.5. La coopération en robotique collective	III.2.5. La coopération en robotique collective
III.2.6. Un exemple de résolution de conflits : le compétition agressive 79 III.2.7. Un exemple de méthodologie en robotique collective : Cirta 79 III.3. Conclusion 80 III.4. Références 81 III.4. Références 81 III.4. Références 82 Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction 86 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 86 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère 97 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère 97 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère 97 4.6. I remière solution 97 4.6. Problème de classification multicritère 97 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère 98 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 99 4.9. Conclusion 90 4.9. Conclusion 90 4.0. Références 90 Chapitre V : Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 91 5.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 91 5.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 91 5.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 91 5.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 91 5.2. Mise en œuvre de la simulation 91 5.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 91 5.3. Choix entre simulation 91 5.4. Régultats de la simulation 91 5.4. Rise à l'échelle du nombre d'agents-robots 91 5.4. Rise à l'échelle du nombre d'agents-robots 91 5.4. Rise à l'échelle du nombre d'agents-robots 91 5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis 91 5.6. Conclusion 91 5.7. Références 92 5.7. Références 92 5.7. Références 92 5.8. Rise decelées 92 5.8. Problème 92 5.9. Références 92 5.9. Références 92 5.9. R	III.2.6. Un exemple de résolution de conflits : le compétition agressive
III.2.7. Un exemple de méthodologie en robotique collective : Cirta 79 III.3. Conclusion 80 III.4. Références 81 III.4. Références 81 III.4. Références 85 III.4. Références 86 III.4. A conclusion 85 III.4. A conclusion 85 III.4. A conclusion 85 III.4. A conclusion 86 III.4. A conclusion 87 III.4. A conclusion 87 III.4. A conclusion 87 III.4. A conclusion 88 III.4. A conclusion 89 III.5. A conclusion 89 III.6.	III.2.7. Un exemple de méthodologie en robotique collective : Cirta 79 III.3. Conclusion 80 III.4. Références 81 Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction 86 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 86 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97
III.3. Conclusion	III.3. Conclusion
III.4. Références Chapitre IV: Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 86 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 4.4.1. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère. 100 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère. 101 4.6. Première solution 101 4.6. Problème de classification multicritère. 102 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère. 103 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 104 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 106 4.10. Références. 107 Chapitre V: Mise en œuvre de la première solution monocritère. 110 5.2. Mise en œuvre de la simulation 5.1. Introduction 111 5.2.1. Mise en œuvre de la dixème solution monocritère. 112 5.2.3. Mise en œuvre de la dixème solution monocritère. 113 5.4. Résultats de la simulation 114 5.4.1. Règles décelées 115 5.4.2. Résultats des expériences effectuées dans le cas monocritère. 116 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 117 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 118 5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis 120 5.6. Problème de la boucle infinie. 121 5.7. Références. 122 5.7. Références.	III.4. Références Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97
Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88. 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95. 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97. 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99. 4.5. Problème de classification monocritère. 106. 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère. 107. 4.6.1. Première solution 108. 4.6.2. Deuxième solution 109. 4.6.3. Troisième solution 100. 4.6.3. Troisième solution 100. 4.6.3. Aroisième solution 101. 4.7. Problème de classification multicritère. 102. 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère. 103. 4.9. Conclusion 104. 106. Références. 106. 107. 108. 108. 108. 109. 109. 109. 109. 109. 109. 109. 109	Chapitre IV : Problème de classification & solutions proposées en robotique collective 4.1. Introduction
4.1. Introduction 86 4.2. Définitions de groupement, classification et tri 86 4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère 100 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère 100 4.6.1. Première solution 102 4.6.3. Troisième solution 103 4.6.3. Troisième solution 104 4.7. Problème de classification multicritère 105 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère 106 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 106 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 106 4.9. Références 107 Chapitre V : Mise en œuvre & résultats de la simulation 111 5.2. I. Introduction 111 5.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 112 5.2. Mise en œuvre de la simulation 111 5.2.1. Mise en œuvre de la solution multicritère 112 5.3. Choix entre s	4.1. Introduction
4.2. Définitions de groupement, classification et tri	4.2. Définitions de groupement, classification et tri
4.3. Les algorithmes de classification biomimétique 88 4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère 100 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère 100 4.6.1. Première solution 101 4.6.2. Deuxième solution 102 4.6.3. Troisième solution 103 4.7. Problème de classification multicritère 106 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère 105 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 100 4.9. Conclusion 100 4.10. Références 100 Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation 111 5.2. Mise en œuvre de la simulation 111 5.2.1. Mise en œuvre de la promière solution monocritère 112 5.2.2. Mise en œuvre de la solution monocritère 112 5.2.3. Mise en œuvre de la solution multicritère 112 5.2. A. Mise en œuvre de la solution monocritère 112 5.2.1. Mise en œuvre de la solution monocritère 112	4.3. Les algorithmes de classification biomimétique
4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective 95 4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère. 100 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère. 100 4.6.1. Première solution 101 4.6.2. Deuxième solution 102 4.6.3. Troisème solution 103 4.6.3. Troisème solution 104 4.7. Problème de classification multicritère. 105 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère 105 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 106 4.9. Conclusion 100 4.10. Références 100 4.10. Références 100 Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation 111 5.2. Mise en œuvre de la première solution monocritère 111 5.2.1. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 112 5.2.2. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère 113 5.2.4. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère 114 5.2.4. Mise en œuvre de la simulation 117 5.4.1. Règles décelées 112 5.4.2. Résultats de la simulation 117 5.4.1. Règles décelées 112 5.4.2. Résultats de la simulation 117 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 120 5.4.4. Mise à l'échelle du nombre d'objets 120 5.4.5. Mise à l'échelle du nombre d'objets 120 5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis 121 5.6. Conclusion 122 5.6. Conclusion 122 5.7. Références 122	4.4. Problème de formation de Tas en robotique collective
4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile 97 4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère. 100 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère. 100 4.6.1. Première solution 101 4.6.2. Deuxième solution 102 4.6.3. Troisième solution 103 4.6.3. Troisième solution 104 4.7. Problème de classification multicritère 105 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère 105 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 100 4.9. Conclusion 100 4.10. Références 100 6.1. Introduction 111 5.2. Mise en œuvre de la simulation 111 5.2.1. Mise en œuvre de la première solution monocritère 112 5.2.2. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère 112 5.2.3. Mise en oeuvre de la solution multicritère 115 5.4.1. Résultats de la simulation 116 5.4.1. Règles décelées 117 5.4.2. Résultats de la simulation 117 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 112 5.4.4. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 112 5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis 122 5.6. Conclusion 122 5.6. Conclusion 122 5.7. Références 122	4.4.1. Principe de fonctionnement réactif d'un robot mobile
4.4.2. Principe de l'approche évolutionniste utilisée 99 4.5. Problème de classification monocritère. 100 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère. 100 4.6.1. Première solution 101 4.6.2. Deuxième solution 102 4.6.3. Troisième solution 104 4.7. Problème de classification multicritère. 105 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère. 105 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux 106 4.9. Conclusion 106 4.10. Références. 107 Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation 11 5.2.1. Mise en œuvre de la simulation 11 5.2.2. Mise en œuvre de la première solution monocritère. 11 5.2.3. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère. 11 5.2.4. Mise en œuvre de la solution multicritère. 11 5.3. Choix entre simulation synchrone et asynchrone 116 5.4.1. Règles décelées 117 5.4.2. Résultats de la simulation 117 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 120 5.4.4. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 120 5.5. Comparaison des règles trouv	4.4.5 D. f. of the 10.10 and the 2.11 About 14.12 APP 2.
4.5. Problème de classification monocritère. 4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère. 100 4.6.1. Première solution. 4.6.2. Deuxième solution. 4.6.3. Troisième solution. 4.6.3. Troisième solution. 4.7. Problème de classification multicritère. 4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère. 4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux. 4.9. Conclusion. 4.10. Références. 107 Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation. 5.1. Introduction. 5.2. Mise en œuvre de la première solution monocritère. 115 5.2.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère. 116 5.2.4. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère. 117 5.3. Choix entre simulation synchrone et asynchrone. 5.4. Résultats de la simulation. 117 5.4.1. Règles declées. 117 5.4.2. Résultats des expériences effectuées dans le cas monocritère. 117 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots. 5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis. 120 5.6. Cronclusion. 121 5.6. Conclusion. 122 5.7. Références.	
4.6. Solutions proposées pour l'approche monocritère	
4.6.1. Première solution	100
4.6.2. Deuxième solution	
4.6.3. Troisième solution	4.6.1. Première solution 101
4.6.3. Troisième solution	4.6.2. Deuxième solution
4.7. Problème de classification multicritère	4.6.2 m · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4.8. Solution proposée pour l'approche multicritère	A # The CINE CO. In City of the Atlanta City of the Ci
4.9. Regroupement sélectif exclusif au mieux	4.0. (0.1.4)
4.9. Conclusion 106 4.10. Références 107 Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation 115 5.1. Introduction 115 5.2. Mise en œuvre de la simulation 115 5.2.1. Mise en œuvre de la première solution monocritère 115 5.2.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère 116 5.2.3. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère 117 5.2.4. Mise en oeuvre de la solution multicritère 115 5.3. Choix entre simulation synchrone et asynchrone 116 5.4. Résultats de la simulation 117 5.4.1. Règles décelées 117 5.4.2. Résultats des expériences effectuées dans le cas monocritère 117 5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots 120 5.4.4. Mise à l'échelle du nombre d'objets 120 5.4.5. Mise à l'échelle de l'espace d'entraînement 120 5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis 121 5.6. Problème de la boucle infinie 122 5.6. Conclusion 122 5.7. Références 123	40 D
4.10. Références. Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation 5.1. Introduction. 5.2. Mise en œuvre de la simulation. 5.2.1. Mise en œuvre de la première solution monocritère. 115.2.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère. 116.2.2. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère. 117.2.2. Mise en œuvre de la troisième solution monocritère. 118. S.2.3. Mise en oeuvre de la solution multicritère. 119. S.2.4. Mise en oeuvre de la solution multicritère. 110. S.2.4. Mise en oeuvre de la solution multicritère. 111. S.3. Choix entre simulation synchrone et asynchrone 112. S.4. Résultats de la simulation. 113. S.4.1. Règles décelées. 114. S.4.2. Résultats des expériences effectuées dans le cas monocritère. 115. S.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots. 116. S.4.4. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots. 117. S.4.5. Mise à l'échelle du nombre d'objets. 118. S.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis. 129. S.6. Problème de la boucle infinie. 120. S.7. Références.	
Chapitre V: Mise en œuvre & résultats de la simulation 5.1. Introduction	110 D/f/
5.1. Introduction	
5.2. Mise en œuvre de la simulation	5.1 Introduction
5.2.1. Mise en œuvre de la première solution monocritère	5.2 Min de la circulation
5.2.2. Mise en œuvre de la dixième solution monocritère	
5.2.3. Mise en oeuvre de la troisième solution monocritère	7.2.2.3 M
5.2.4. Mise en oeuvre de la solution multicritère	FA 2 NP
5.3. Choix entre simulation synchrone et asynchrone	FAA 380
5.4. Résultats de la simulation	
5.4.1. Règles décelées	110
5.4.2. Résultats des expériences effectuées dans le cas monocritère	11/
5.4.3. Mise à l'échelle du nombre d'agents-robots	• III
5.4.4. Mise à l'échelle du nombre d'objets	-
5.4.5. Mise à l'échelle de l'espace d'entraînement	
5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
5.5. Comparaison des règles trouvées avec celles décelées chez les fourmis	5.4.5. Mise à l'échelle de l'espace d'entraînement 120
5.6. Problème de la boucle infinie. 122 5.6. Conclusion 122 5.7. Références 123	
5.6. Conclusion	F C D 11 1. 1. 1 1. 1 1
5.7. Références	
Conclusion générale & perspectives	Conclusion générale & perspectives
	Annexe A (Environnement de simulation basé agents : NetLogo)