

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE MOHAMED KHIDER**

**BISKRA**

**Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur**  
**Département d'Informatique**

**Mémoire de Magister**

**Option : Intelligence Artificielle et Images**

**Résolution de problèmes par émergence :**  
**application à la mise en correspondance d'images**

Réalisé par :

**Hmidi Zohra**

**Composition du jury**

**Dr. KAZAR Okba, Maître de Conférence, Université de Biskra**

**Président**

**Pr. BATOUCHE Med Chaouki, Professeur, Université de Constantine**

**Rapporteur**

**Dr. KHOLLADI Med Khireddine, Maître de Conférence, Université de Constantine**

**Examineur**

**Dr. SAIDOUNI Djamel Eddine, Maître de Conférence, Université de Constantine**

**Examineur**

**Session 2006**

# Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le domaine de la vie artificielle, il concerne la résolution des problèmes par émergence. Nous nous sommes intéressés à l'exploitation de ce phénomène pour faire le recalage d'images en niveaux de gris. Pour cela, nous adoptons un algorithme appelé API qui présente une modélisation du comportement de fourragement d'une population de fourmis primitives (*Pachycondyla apicalis*). Ces fourmis sont caractérisées par une stratégie de recherche de proie relativement simple où les individus chassent en solitaire et tentent de couvrir uniformément un espace donné autour de leur nid par des recherches locales sur des sites de chasse. Le nid peut être déménagé périodiquement. Cela correspond en optimisation à un algorithme effectuant plusieurs recherches aléatoires en parallèle et localisées uniformément dans un sous-espace centré en un point et de taille donnée. Le déplacement du nid correspond à un opérateur de réinitialisation dans les recherches parallèles où le point central est déplacé.

Nous utilisons le détecteur de coins de Harris pour extraire les points d'intérêt des images, l'algorithme API pour la mise en correspondance de ces points, et une technique de décomposition en valeurs singulières pour l'estimation de la transformation optimale.

**Mots clés :** *vie artificielle, intelligence collective, systèmes complexes, émergence, auto-organisation, algorithme API, résolution de problèmes, mise en correspondance d'images.*

# Abstract

This report appears in the domain of the artificial life, it concerns the resolution of the problems by emergence. We were interested in the exploitation of this phenomenon to make the matching of grey level images. For that, we adopt an algorithm named API based on a model of the foraging behavior of a population of primitive ants (*Pachycondyla apicalis*). These ants are characterized by a relatively simple but efficient strategy for prey search in which individuals hunt alone and try to cover a given area around their nest. This is performed by parallel local searches on hunting sites with a sensitivity to successful sites. Also, the nest is moved periodically. This corresponds in optimization to an algorithm performing several random parallel searches which are localized uniformly in a sub-space centred around a point. Moving the nest corresponds to a restart operator of the parallel searches where the central point is moved.

We use the Harris corner detector to extract interest points from input images, the API algorithm for the matching of these points, and a technique of decomposition in singular values for the evaluation of the optimal transformation.

**Key words:** *artificial life, collective intelligence, complex systems, emergence, self-organising, API algorithm, resolution of problems, image matching.*

## ملخص

تندرج هذه المنكرة في مجال الحياة الاصطناعية، وهي تهتم بحل المشاكل بواسطة الظهور. نحن نركز في هذا العمل على استغلال هذه الظاهرة للقيام بالموافقة بين الصور. ولتحقيق هذا، قمنا بتبني خوارزمية تسمى "أ.ب.بي" والتي تقدم نموذج عن سلوك مجموعة من النمل أثناء عملية التموين. مجموعة النمل هذه، مميزة بإستراتيجية بحث عن الفريسة سهلة، حيث أن كل عنصر يصيد بطريقة منعزلة، ويحاول تغطية مكان معين حول العش بطريقة متماثلة وذلك بواسطة بحث محلي حول موقع صيد. العش يمكن أن ينتقل دوريا. هذا يوافق في عملية التحسين خوارزمية تقوم بعدة أبحاث عشوائية متوازية و محددة بطريقة متماثلة في أماكن مركزة حول نقطة معينة وبطول معطى. تنقل العش يوافق عملية إعادة البدء في الأبحاث المتوازية، حيث أن النقطة المركزية تنتقل.

لقد استعملنا في هذا العمل محدد الزوايا "هاريس" من أجل استخراج نقاط التحكم، الخوارزمية "أ.ب.بي" من أجل الموافقة بين هذه النقط، وتقنية التقسيم إلى قيم وحيدة من أجل تقدير التحويل المثالي.

**الكلمات المفتاح:** الحياة الاصطناعية، الذكاء الجماعي، الظهور، التنظيم الذاتي، خوارزمية "أ.ب.بي"، حل المشاكل، الموافقة بين الصور.

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Chapitre 1. Théorie de l'émergence</b>	
Introduction .....	05
1.1 Les besoins futurs en informatique .....	05
1.2 Sources d'inspiration .....	06
1.3 Historique .....	07
1.3.1 La Grèce antique : les premières réflexions .....	07
1.3.2 Proto-émergentisme : l'évolutionnisme d'émergence .....	08
1.3.3 Néo-émergentisme : théorie de la complexité .....	08
1.4 Définitions .....	10
1.4.1 Notion d'émergence .....	10
1.4.2 Définition statique (synchronique) .....	11
1.4.3 Définition interactionnelle (diachronique) .....	11
1.4.4 Emergence au sens faible .....	11
1.4.5 Emergence au sens fort .....	12
1.4.6 Caractéristiques de l'émergence .....	12
1.4.7 Identification d'un phénomène émergent .....	14
1.5 L'émergence au sein de systèmes artificiels .....	15
1.6 L'émergence pour la compréhension .....	16
1.7 L'émergence dans les systèmes multi-agents .....	17
1.7.1 Résolution de problèmes multi-agent .....	17
1.7.2 Une méthodologie de conception .....	18
1.7.3 Description du niveau macro .....	20
1.7.4 Description du niveau micro .....	20
1.8 Conclusion .....	22
<b>Chapitre 2. Techniques d'émergence</b>	
Introduction .....	24
2.1 La recherche dans les espaces d'états .....	24
2.2 Techniques d'intelligence collective .....	25
2.2.1 Boids de Reynolds .....	25
2.2.2 Algorithmes de colonies de fourmis .....	27
2.2.2.1 L'optimisation par colonie de fourmis .....	28
2.2.2.2 Le routage par colonie de fourmis .....	29
2.2.3 Optimisation par essais particuliers .....	30
2.2.4 Algorithmes d'araignées sociales .....	31
2.2.5 Algorithmes de colonies d'abeilles .....	32
2.2.6 Discussion .....	33
2.3 Automates cellulaires .....	33
2.4 Théorie AMAS – Technologie AMAS .....	34
2.4.1 La théorie AMAS .....	35
2.4.1.1 Théorème de l'adéquation fonctionnelle .....	35
2.4.1.2 Adapter le système par ses parties .....	38

2.4.2 La Technologie AMAS .....	38
2.4.2.1 Les composantes d'un agent AMAS .....	39
2.4.2.2 Les Situations Non Coopératives .....	40
2.5 Autres techniques .....	42
2.6 Applications .....	42
2.6.1 Application au traitement d'images .....	42
2.6.1.1 Segmentation d'images .....	43
2.6.1.2 Analyse géographique .....	43
2.6.1.3 Détection de contours .....	45
2.6.1.4 Détection de régions .....	45
2.6.1.5 Classification d'images .....	47
2.6.2 Application aux problèmes d'optimisation .....	48
2.6.2.1 Optimisation par mariage dans les colonies d'abeilles .....	48
2.6.2.2 Optimisation par le Jeu de la Vie .....	49
2.7 Conclusion .....	49
<b>Chapitre 3. Mise en correspondance d'images</b>	
Introduction .....	50
3.1 Recalage d'images .....	50
3.2 Types de problèmes de recalage .....	51
3.3 Composantes d'un système de recalage .....	53
3.3.1 Espace de paramètres .....	53
3.3.2 Espace de recherche .....	54
3.3.2.1 Transformation rigide .....	54
3.3.2.2 Transformation affine .....	55
3.3.2.3 Transformation projective .....	55
3.3.2.4 Transformation perspective .....	55
3.3.2.5 Transformation polynomiale .....	55
3.3.3 Stratégie de recherche .....	56
3.3.4 Métrique de similarité .....	56
3.3.4.1 Somme des différences au carré .....	56
3.3.4.2 Coefficient de corrélation .....	57
3.3.4.3 Information mutuelle .....	57
3.4 Approches algorithmiques de recalage .....	58
3.4.1 Méthodes géométriques .....	59
3.4.2 Méthodes iconiques .....	59
3.5 Recalage à base d'amers .....	60
3.5.1 Points de contrôles .....	61
3.5.2 Extraction des points de contrôle .....	62
3.5.3 Détecteur de Moravec .....	62
3.5.4 Détecteur d'Harris .....	63
3.5.5 Estimation de la transformation .....	64
3.5.5.1 Pseudo inverse .....	65
3.5.5.2 Décomposition en valeurs singulières .....	66
3.5.5.3 Quaternions .....	66
3.6 Conclusion .....	67
<b>Chapitre 4. Recalage d'images par l'algorithme API</b>	
Introduction .....	68
4.1 Biologie de <i>Pachycondyla apicalis</i> .....	69

4.2	Modélisation algorithmique .....	72
4.2.1	Espace de recherche et fonction d'évaluation .....	72
4.2.2	Comportement local des fourmis .....	73
4.2.3	Exploration globale .....	74
4.2.4	Algorithmes .....	76
4.3	Extensions de l'algorithme API .....	77
4.3.1	Recrutement .....	77
4.3.2	Population hétérogène .....	78
4.3.3	Prise en compte de la décision de sortir du nid .....	79
4.4	La mise en correspondance des points de contrôle .....	80
4.4.1	Extraction des points de contrôle .....	80
4.4.2	Mise en correspondance des points de contrôle .....	81
4.4.3	Estimation de la transformation .....	83
4.5	Description de l'algorithme .....	84
4.6	Résultats expérimentaux .....	85
4.7	Conclusion .....	87
	<b>Conclusion générale</b> .....	<b>89</b>
	<b>Bibliographie</b>	