

**UNIVERSITE JOSEPH FOURIER - GRENOBLE 1  
SCIENCES & GEOGRAPHIE**

**THESE**

pour obtenir le grade de  
**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER**

**Discipline : INFORMATIQUE**

Présentée et soutenue publiquement  
par

**Alain BOUCHER**

Le 18 janvier 1999

**UNE APPROCHE DECENTRALISEE ET ADAPTATIVE  
DE LA GESTION D'INFORMATIONS EN VISION  
Application à l'interprétation d'images  
de cellules en mouvement**

Directeur de thèse : Catherine Garbay

Composition du jury :

M. Yves CHIARAMELLA	Président
Mme Marinette REVENU	Rapporteur
Mme Monique THONNAT	Rapporteur
M. Patrice DALLE	Examinateur
Mme Catherine GARBAY	Examinateur
M. Xavier RONOT	Invité

Thèse préparée au sein du laboratoire TIMC-IMAG

# Remerciements

Je remercie Mme Catherine GARBAY, Chargée de recherches CNRS et responsable de l'équipe SIC, qui m'a accueilli dans son équipe et qui a encadré mes travaux durant ces quatre années passées à Grenoble. Par ses conseils et son dévouement constant, elle m'a aidé à développer mes aptitudes et mon intérêt pour la recherche. Je lui en suis très reconnaissant.

Je remercie M. Xavier RONOT, Maître de conférence à l'École Pratique des Hautes Études, avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer tout au long de mes travaux et qui a participé au jury de cette thèse.

Je remercie M. Yves CHIARAMELLA, Professeur à l'Université Joseph Fourier de Grenoble, pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Je remercie Mme Marinette REVENU, Professeur à l'Université de Caen, ainsi que Mme Monique THONNAT, Directeur de recherches INRIA à Sophia Antipolis, pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse.

Je remercie M. Patrice DALLE, Maître de conférence à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, pour sa participation au jury de cette thèse.

Je remercie Anne DOISY, ainsi que les membres de l'équipe DyOGen avec qui j'ai eu l'occasion de travailler pendant cette thèse, pour l'aide apportée, ainsi que pour toutes les séquences d'images que j'ai pu utiliser.

Je remercie toutes les personnes que j'ai pu cotoyer dans les équipes SIC, INFODIS, RFMQ, ainsi que des autres équipes de l'Institut Albert Bonniot, autant pour les échanges et les discussions aux niveaux techniques et scientifiques que nous avons eus que pour tous les bons moments passés ensemble. Je n'ose pas nommer tous leurs noms de peur d'en oublier.

Cette thèse a été possible grâce à un financement du Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (Bourse CRSNG 1967).

Enfin, je remercie ma famille, pour l'encouragement constant tout au long de mes études en France, ainsi que tous les amis que j'ai connus pendant ces quatre années passées à Grenoble et qui ont fait de ce séjour une expérience inoubliable.

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 La vision par ordinateur</b>	<b>5</b>
1.1 Différentes philosophies de la vision . . . . .	5
1.1.1 De la vision bas niveau . . . . .	6
1.1.2 . . . à l'interprétation et la reconnaissance . . . . .	6
1.1.3 Approche traditionnelle (paradigme de Marr) . . . . .	6
1.1.4 Vision Active . . . . .	8
1.1.5 Perception active . . . . .	8
1.1.6 Vision animée . . . . .	9
1.1.7 Vision intentionnelle . . . . .	10
1.1.8 Approche systémique . . . . .	10
1.1.9 Quelques mots sur la vision humaine . . . . .	11
1.2 Différents systèmes de vision . . . . .	13
1.2.1 Le système de Nazif et Levine . . . . .	14
1.2.2 Le système de Bellet . . . . .	14
1.2.3 SIGMA . . . . .	15
1.2.4 BORG . . . . .	15
1.2.5 VAP . . . . .	16
1.2.6 MESSIE-II . . . . .	17
1.2.7 VISIONS . . . . .	18
1.3 L'intelligence artificielle distribuée . . . . .	18
1.3.1 La modélisation multi-agents . . . . .	18
1.3.2 Les approches à base de comportements . . . . .	21
1.4 Notre approche . . . . .	23
1.4.1 Concepts de base . . . . .	23
1.4.2 Vue générale du système . . . . .	24
1.4.3 Modèle de l'agent . . . . .	25
1.4.4 Les comportements de l'agent . . . . .	26

<b>2</b>	<b>La représentation des informations</b>	<b>29</b>
2.1	La représentation des informations en vision . . . . .	29
2.1.1	Systèmes de vision bas niveau . . . . .	30
2.1.2	Systèmes de vision haut niveau . . . . .	30
2.2	L'environnement et les informations dans le système . . . . .	32
2.3	L'environnement du système . . . . .	33
2.3.1	Représentation de l'environnement . . . . .	33
2.3.1.1	Les images sources . . . . .	34
2.3.1.2	Le gradient . . . . .	35
2.3.1.3	La variance . . . . .	36
2.3.1.4	Le mouvement . . . . .	36
2.3.1.5	Les images résultats de segmentation . . . . .	36
2.3.2	Apport de la représentation de l'environnement . . . . .	37
2.3.2.1	Liberté de la représentation . . . . .	37
2.3.2.2	L'environnement comme un territoire . . . . .	37
2.4	Utilisation de l'information mouvement . . . . .	38
2.4.1	Calcul de l'information mouvement . . . . .	39
2.4.2	Le mouvement par différence d'images . . . . .	39
2.4.3	Notre méthode de calcul de la différence d'images . . . . .	41
2.5	Les informations construites sur les entités . . . . .	42
2.5.1	Représentation des informations . . . . .	43
2.5.1.1	Informations statistiques sur l'image . . . . .	46
2.5.1.2	Informations sur les primitives région ou contour . . . . .	47
2.5.1.3	Informations sur les groupes de primitives (groupement perceptuel) . . . . .	48
2.5.2	Apport de la représentation des informations . . . . .	50
2.5.2.1	Niveaux de représentation logique . . . . .	50
2.5.2.2	Hiérarchisation logique vs organisation planaire . . . . .	52
<b>3</b>	<b>La gestion des informations</b>	<b>53</b>
3.1	La gestion des informations dans les systèmes de vision . . . . .	53
3.1.1	Systèmes centrés tâches . . . . .	54
3.1.2	Systèmes centrés concepts . . . . .	56
3.1.3	Systèmes hybrides . . . . .	57
3.2	Stratégie orientée gestion des informations . . . . .	58
3.3	Les comportements de gestion des informations . . . . .	59
3.4	L'évaluation des informations . . . . .	59
3.4.1	Évaluation globale . . . . .	60
3.4.2	Les critères d'évaluation . . . . .	60

3.4.3	Critères d'évaluation de pixels . . . . .	61
3.4.4	Critères d'évaluation de primitives . . . . .	63
3.4.5	Évaluation floue . . . . .	63
3.4.6	Observations . . . . .	64
3.5	Le comportement de perception . . . . .	64
3.5.1	Principe de l'algorithme . . . . .	65
3.5.2	Les critères d'évaluation pour les régions . . . . .	67
3.5.2.1	Critère de seuillage . . . . .	68
3.5.2.2	Critère d'homogénéité . . . . .	70
3.5.2.3	Critère de compacité . . . . .	70
3.5.2.4	Critère d'inclusion . . . . .	71
3.5.3	Les critères d'évaluation pour les contours . . . . .	71
3.5.4	Configuration de l'évaluation . . . . .	73
3.5.4.1	Adaptation selon les informations de groupe . . . . .	73
3.5.4.2	Évaluation tenant compte de la segmentation précédente . . . . .	73
3.6	Le comportement d'interaction . . . . .	75
3.6.1	Fusion . . . . .	76
3.6.2	Continuité des contours . . . . .	78
3.6.3	Prémises de négociation . . . . .	79
3.6.4	La gestion des relations entre agents . . . . .	81
3.7	Le comportement de différenciation . . . . .	82
3.7.1	Principe de l'algorithme . . . . .	84
3.7.2	Les critères d'évaluation . . . . .	84
3.7.2.1	Critère statistique . . . . .	85
3.7.2.2	Critère d'intersection . . . . .	88
3.7.2.3	Critère d'adjacence . . . . .	89
3.7.3	Caractère dynamique de l'évaluation . . . . .	90
3.8	L'adaptation comme interaction . . . . .	91
<b>4</b>	<b>Le contrôle du système</b> . . . . .	<b>93</b>
4.1	Le contrôle dans les systèmes de vision . . . . .	93
4.1.1	Contrôle centralisé . . . . .	94
4.1.2	Contrôle décentralisé . . . . .	97
4.2	Le contrôle dans les systèmes multi-agents . . . . .	100
4.3	La liberté de contrôle . . . . .	103
4.4	Le comportement de reproduction . . . . .	104
4.4.1	Reproduction dans la même image . . . . .	105
4.4.2	Une stratégie d'exploration . . . . .	105
4.4.3	Principe de l'algorithme . . . . .	106

4.4.4	Observations et améliorations sur l'algorithme . . . . .	108
4.4.5	Les critères d'évaluation des pixels . . . . .	109
4.4.5.1	Critère d'extrémum . . . . .	110
4.4.5.2	Critère d'opposition . . . . .	112
4.4.5.3	Critère de distance . . . . .	113
4.4.5.4	Critère d'inclusion . . . . .	113
4.4.6	Reproduction vers l'image suivante . . . . .	114
4.4.7	Initialisation des premiers agents . . . . .	115
4.5	La gestion des comportements . . . . .	116
4.5.1	Fonctionnement général . . . . .	116
4.5.2	Événements . . . . .	118
4.6	Le séquenceur . . . . .	119
4.7	Spécialisation des agents . . . . .	120
4.7.1	Utilité de la spécialisation . . . . .	120
4.7.2	Connaissances fournies par la spécialisation . . . . .	121
4.7.3	Définition du fichier de configuration . . . . .	121
4.8	Positionnement du système . . . . .	124
<b>5</b>	<b>Application à la reconnaissance de cellules vivantes</b>	<b>127</b>
5.1	L'application cytologique . . . . .	127
5.1.1	Objectif de l'étude . . . . .	127
5.1.2	L'acquisition des images . . . . .	128
5.1.3	Approches existantes . . . . .	130
5.1.4	Difficultés de l'application . . . . .	132
5.2	Le système réalisé . . . . .	132
5.2.1	Développement du système . . . . .	132
5.2.2	Objectifs et spécialisations des agents . . . . .	133
5.2.3	L'interface du système . . . . .	136
5.2.4	L'initialisation des premiers germes . . . . .	137
5.2.5	Prétraitement des images . . . . .	137
5.2.6	Exemple d'application (cicatrisation <i>in vitro</i> ) . . . . .	138
5.3	Résultats . . . . .	140
5.3.1	Adaptation et décentralisation de la stratégie de reproduction . . . . .	141
5.3.2	Adaptation du comportement de perception . . . . .	143
5.3.2.1	Utilisation d'informations dynamiques pour la perception . . . . .	144
5.3.2.2	Adaptation et évolution des paramètres . . . . .	145
5.3.2.3	Coopération pour la reconnaissance . . . . .	147
5.3.2.4	Combinaison multi-critères et paramétrage . . . . .	151
5.3.3	Coopération globale pour le comportement de différenciation . . . . .	153

5.3.4	Gestion réactive des comportements . . . . .	156
5.3.5	Expérimentation sur un autre type cellulaire . . . . .	158
5.4	Évaluation . . . . .	158
5.4.1	Cartes de référence . . . . .	159
5.4.2	Évaluation des segmentations . . . . .	162
5.5	Conclusion . . . . .	165
<b>6</b>	<b>Perspectives et conclusion</b>	<b>167</b>
6.1	L'apprentissage . . . . .	167
6.1.1	L'apprentissage en vision . . . . .	168
6.1.2	L'approche réalisée . . . . .	169
6.1.2.1	Description de l'approche . . . . .	170
6.1.2.2	Phase d'apprentissage . . . . .	171
6.1.2.3	Phase de prédiction . . . . .	173
6.1.2.4	Intégration au système existant . . . . .	175
6.1.2.5	Perspectives . . . . .	176
6.2	Modélisation des connaissances . . . . .	177
6.3	L'étude des cellules . . . . .	178
6.4	Conclusion . . . . .	180
	<b>Annexe A</b>	<b>181</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>189</b>