

# Habilitation à Diriger des Recherches

## Contribution à l'utilisation de l'informatique en biologie

Vincent Rodin

### Résumé

Dans ce document, nous avons abordé plusieurs aspects de l'utilisation des systèmes multi-agents en biologie.

Nous avons tout d'abord montré le bien-fondé de l'approche multi-agents pour la modélisation et la simulation de phénomènes biologiques. Rappelons que les systèmes biologiques et les systèmes multi-agents ont un certain nombre de caractéristiques communes comme la robustesse, l'émergence, l'auto-organisation et l'adaptabilité, caractéristiques qui justifient d'autant plus notre approche. L'intérêt majeur de l'utilisation des systèmes multi-agents est, sans nul doute, la possibilité d'interagir avec le modèle en cours d'exécution. Le biologiste a désormais à sa disposition un véritable laboratoire d'expérimentation *in virtuo* où il peut, à tout moment, comme dans des conditions expérimentales *in vivo* ou *in vitro*, intervenir sur le déroulement de son expérience numérique en ajoutant – ou en enlevant – une cellule ou une molécule, en modifiant le comportement d'une ou de plusieurs cellules, etc.

Un autre aspect de notre contribution est l'utilisation de systèmes multi-agents pour l'acquisition de données biologiques par traitement d'images. Nous avons ainsi présenté deux applications dans des domaines aussi variés que la détection de stries concentriques sur des images d'otolithes et la détermination de spots sur des images de gels d'électrophorèse 2D. Les agents utilisés disposent de capteurs sur les images. Ils ont ainsi accès à des informations sur leur environnement local. Grâce à des comportements très simples, les agents sont capables de percevoir des contours locaux dans les images, tout en retrouvant la continuité de ces contours lors de leurs déplacements. D'autres types d'application sont envisageables puisque les agents utilisés ne travaillent qu'avec des informations de bas niveau. Ils peuvent donc être facilement adaptés.

Nous avons aussi abordé un problème qui, *a priori*, ne concerne que l'informatique et plus précisément l'arrêt automatique de systèmes multi-agents. Avec comme exemple le traitement d'images par système multi-agents, nous avons vu comment transposer des concepts immunitaires afin de réguler une population d'agents. Les agents héritent de caractéristiques leur permettant de s'adapter à leur environnement local par mutation lors de la prolifération. Ils subissent également les sélections négatives et positives afin de ne garder que des agents adaptés au problème. Les résultats obtenus par cette approche révèlent une meilleure stabilité de la qualité du traitement ainsi qu'un nombre plus faible de cycles de simulation. L'utilisation de métaphores issues notamment de la régulation de phénomènes biologiques constitue, de notre point de vue, une avancée majeure dans le domaine des systèmes multi-agents. Cette voie de recherche doit être approfondie, nous sommes en effet certains que les phénomènes biologiques recèlent de nombreux mécanismes d'optimisation et de régulation non encore explorés par les informaticiens. Citons, par exemple, la balance TH1-TH2 intervenant dans l'allergie comme facteur déclencheur ou régulateur de la réaction immunologique.

**Mots-clefs** : systèmes multi-agents, modélisation et simulation de systèmes physiologiques humains, systèmes immunitaires artificiels pour la régulation, traitement d'images biologiques.