
Du collectif pour la satisfaction individuelle : un modèle d'auto-organisation

Vincent Thomas — Christine Bourjot — Vincent Chevrier

LORIA - équipe MAIA
Campus Scientifique
B.P. 239
54506 VANDOEUVRE-lès-NANCY CEDEX
{vthomas, bourjot, chevrier}@loria.fr

RÉSUMÉ. Cet article présente une approche permettant à une collectivité de s'organiser. Le modèle sous-jacent est basé sur un phénomène biologique auto-organisé observé dans des groupes de rats. Ce modèle, Hamelin, permet de spécialiser par auto-organisation une collectivité à partir de besoins répartis au sein des individus. Dans cet article, nous présentons les principes de ce modèle et nous attardons sur quelques propriétés intéressantes pour une réutilisation future.

ABSTRACT. This article presents an approach for the organization of agents. The model is based on a self-organized biological phenomenon observed in rats group. This model, Hamelin, performs specialization of agents by self-organization from individual needs. In this article, we present the principles of this model and dwell on few interesting properties for a reuse in an applicative context.

MOTS-CLÉS : agents réactifs, auto-organisation, modèle de spécialisation, réponse à seuil, relation de dominance

KEYWORDS: reactive agents, self-organization, specialization model, response thresholds, dominance relationship

1. Introduction

Le comportement global d'un système multi-agent résulte de l'agencement des différentes activités individuelles afin que le système se comporte comme un tout cohérent et qu'il réalise la tâche qui lui est assignée. Dans le cadre d'un contrôle décentralisé cet agencement reste une problématique de recherche.

Organiser le système est une façon de répondre à ce problème [GAS 01] et différentes approches sont possibles : *statique* avec une répartition a priori des rôles ; *dynamique centralisée* ; ou *dynamique décentralisée*. Dans ce dernier cas, deux courants existent. La mise en place de l'organisation peut se faire en s'appuyant sur des représentations de l'objectif à atteindre, des compétences des autres agents ainsi que sur des protocoles de communication élaborés ([Hüb 02], [STR 95]). L'organisation peut aussi s'obtenir selon une approche dynamique décentralisée et de façon réactive en s'inspirant de phénomènes d'auto-organisation en biologie ([DRO 93]). Dans ces systèmes, il n'y a pas de représentation explicite de la structure du groupe, les agents n'ont pas de modèle explicite des autres, et se basent uniquement sur des informations locales.

Dans cet article, nous nous situons dans cette dernière approche et prenons notre inspiration d'un phénomène de différenciation sociale chez les rats.

2. Le phénomène biologique

Le phénomène biologique sur lequel nous nous sommes focalisés est l'attribution de différents rôles au sein de groupes de rats. Le protocole expérimental consiste à mettre en présence un nombre réduit de rats qui, pour accéder à la nourriture, doivent plonger, traverser un couloir immergé et revenir avec la nourriture et donc vaincre leur anxiété face à l'eau. Après quelques jours, ce dispositif conduit à l'apparition d'une différenciation en deux profils comportementaux principaux : (i) les rats transporteurs qui plongent et ramènent la nourriture dans la cage et (ii) les rats non-transporteurs qui ne plongent jamais mais parviennent à subvenir à leur besoin en volant la croquette des rats transporteurs lors de combats ([DES 91]). Bien que chaque individu puisse isolément satisfaire ses besoins (en plongeant) ; lorsque plusieurs individus sont en présence, on assiste, non pas à une juxtaposition de comportements individuels, mais à un comportement collectif permettant la satisfaction de ces besoins individuels.

Ce phénomène nous semble intéressant à plusieurs titres. D'une part, la spécialisation est une forme de réponse organisationnelle fréquemment observée dans la nature lorsqu'une société est face à un problème ([THE 98]). D'autre part ce mécanisme possède 3 propriétés importantes : la stabilité c'est-à-dire la conservation des proportions des rôles, la plasticité c'est-à-dire l'adaptation aux conditions extérieures et la simplicité des agents et des interactions. Des modèles de ce type existent déjà et ont déjà été appliqués ([CIC 01]) démontrant ainsi l'intérêt de l'approche que nous défendons. Cependant, dans notre cas, et contrairement aux modèles existants, notre modèle ne nécessite pas de stimulus global explicite.

3. Modèle multi-agent

3.1. Principe général

Le phénomène biologique fait intervenir deux items comportementaux couplés : la plongée et le combat. Le principe de la modélisation a donc consisté à coupler deux modèles connus. Ainsi, le comportement de plongée et son déclenchement sont fondés sur un modèle de réponses à seuil ([THE 98]) faisant intervenir la faim et l'anxiété du rat vis à vis de l'eau. Les combats seront représentés et gérés par des hiérarchies de dominance ([HEM 02]) dans lesquelles interviennent la force physique et sociale de chaque rat. Chacun de ces deux modèles consiste en une mécanique de régulation utilisant des renforcements locaux. Le couplage entre ces deux modèles bien connus constitue l'intérêt du système présenté dans cet article.

3.2. Le système Hamelin

Les Agents : Chaque agent i correspond à un rat et est caractérisé par 3 variables internes : son anxiété θ_i , sa force F_i (ou valeur de dominance) et sa faim f_i . A défaut d'action, l'anxiété et la faim des agents croissent à chaque cycle. Un agent perçoit la présence d'autres croquettes ainsi que leur possesseur. Il est à noter qu'un agent ne peut reconnaître les différents agents qu'il côtoie.

L'environnement : Il représente la piscine caractérisée par sa longueur et par les croquettes. Ces caractéristiques sont condensées dans les deux variables suivantes : τ le temps nécessaire pour consommer entièrement une croquette et η la quantité d'énergie absorbée par unité de temps lors de la consommation de la croquette. L'unité de temps est définie par rapport au temps mis pour traverser la piscine et revenir avec une croquette. Cette action est censée durer une unité de temps et est effectuée au maximum une fois par cycle de simulation et par agent.

Les unités comportementales : Elles sont au nombre de trois. Chacune peut être décrite selon 3 parties : les conditions de déclenchement de l'action considérée et la probabilité éventuelle associée, le résultat de l'action et les règles de renforcement.

La plongée : Cet item est modélisé par une réponse à seuil. L'action est envisagée par l'agent dès qu'il n'a plus de croquette en sa possession. La probabilité que l'agent i a d'effectuer cette action est : $P_{plongee} = f_i^2 / (f_i^2 + \theta_i^2)$. Ainsi, plus l'agent a faim, plus il sera amené à plonger et plus l'agent a une anxiété importante, plus il est réticent à plonger. L'action conduit à la possession d'une croquette et à la réduction de l'anxiété θ_i de l'agent d'une valeur δ_p .

Le combat : Il se déclenche lorsqu'un agent agr ne possède pas de croquette et qu'un autre vic en possède une. L'agent agr a une probabilité de remporter le combat égale à sa force relative. $P_{gagner} = F_{agr} / (F_{agr} + F_{vic})$. Le vainqueur du combat possède alors la croquette et voit sa force augmenter, alors que celle du vaincu diminue selon les formules suivantes : $F_{agr} \leftarrow F_{agr} + (Gain -$

$\frac{F_{agr}}{F_{agr}+F_{vic}})*\delta_{combat}$ et $F_{vict} \leftarrow F_{vict} - (Gain - \frac{F_{agr}}{F_{agr}+F_{vic}})*\delta_{combat}$ où δ_{combat} est le coefficient de renforcement des combats. Ces combats correspondent à des luttes de dominance visant la mise en place d'une hiérarchie.

L'alimentation : Enfin, un agent peut, lorsqu'il dispose d'une croquette, se nourrir et réduire sa faim de η à ce cycle.

La simulation se déroule par cycle. Durant chaque cycle, chaque agent effectue (ou non) successivement l'item de plongée, de combat et enfin d'alimentation.

3.3. Validation expérimentale

Des études ont été entreprises pour valider le modèle obtenu en observant l'évolution de l'anxiété, de la force et de la faim des rats au cours de la simulation. Nous avons vérifié que le système arrive à une spécialisation et se stabilise pour des conditions initiales variées. Par ailleurs, nous avons pu vérifier que la stabilisation et la spécialisation s'obtenaient également lorsque l'on faisait varier en cours de simulation le nombre d'individus ou les conditions expérimentales.

4. Discussion

Nous commentons ce modèle et donnons quelques arguments quant à sa réutilisation dans un cadre applicatif.

Le système est caractérisé au niveau individuel par un besoin à satisfaire (la faim) et une difficulté d'accès (plonger) à la ressource permettant de satisfaire ce besoin.

Initialement les individus sont indifférenciés quant au mode d'accès à la ressource (direct ou par interaction). La dynamique collective conduit alors à une organisation de ces agents où l'on observe une spécialisation quant au mode d'acquisition de la ressource : certains individus accèdent directement à la ressource (transporteurs) alors que d'autres y accèdent en interagissant avec les premiers (non-transporteurs).

Le processus qui conduit à la spécialisation est construit par couplage entre deux mécanismes de renforcement : plus un agent accède à la ressource par l'un des moyens, plus il a tendance à utiliser (et réussir) avec ce moyen. Le premier de ces mécanismes est celui des réponses à seuils. Il favorise pour un individu l'utilisation de l'accès direct. Le second (lutte de dominance) construit une hiérarchie entre deux individus qui amplifie les différences interindividuelles concernant le second mode d'accès. Le couplage de ces deux mécanismes fait qu'ils s'influencent mutuellement et conduisent à l'apparition de profils au niveau des individus.

La fonction collective d'une telle organisation peut être interprétée de diverses manières. Elle peut être comprise comme la réduction de la faim dans le groupe en limitant le nombre d'individus plongeurs. On peut aussi l'envisager comme étant de réduire le temps moyen durant lequel les individus sont insatisfaits (affamés).

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé une première approche permettant à une collectivité de s'organiser afin de résoudre un problème d'accès à des ressources sous certaines contraintes environnementales. Cette approche se fonde sur un processus auto-organisé et possède 3 propriétés importantes : la stabilité, la plasticité et la simplicité. Il n'y a pas de représentation des autres, du monde ni de l'objectif global à atteindre, les règles de comportement sont de type stimulus-réponse.

Le système peut alors être considéré comme un système d'apprentissage collectif des différents rôles de manière décentralisée.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jean Louis Deneubourg, Charlotte Hemelrijk, Didier Desor et Henri Schroeder pour les discussions animées au sujet de ce modèle.

6. Bibliographie

- [CIC 01] CICIRELLO V., SMITH S., « Insect societies and manufacturing », *IJCAI-01 Workshop on AI and Manufacturing : New AI Paradigms for Manufacturing*, , 2001.
- [DES 91] DESOR D., KRAFFT B., TONIOLO A., DICKES P., « Social cognition in rats : incentive behaviour related to food supply », *Proc XXII Ind Int. Ethologica conference*, Kyoto University Press, 1991.
- [DRO 93] DROGOU L., « de la simulation multi-agents a la resolution collective de problemes », PhD thesis, Université de Paris VI, 1993.
- [GAS 01] GASSER L., « Organizations and MAS », *MAAMAW'01, annecy France*, , 2001.
- [HüB 02] HÜBNER J. F., SICHMAN J. S., BOISSIER O., « Spécification structurelle, fonctionnelle et déontique d'organisations dans les systèmes multi-agents. », *Actes des 10èmes Journées Francophones IAD et SMA. Lille France.*, , 2002.
- [HEM 02] HEMELRIJK C., « A process-oriented approach to the social behaviour of primates », *Int. Workshop on Self-Organization and Evolution of Social Behaviour*, septembre 2002.
- [STR 95] STRUGEON E. L., « Une méthodologie d'autoadaptation d'un système multiagents cognitifs », *Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis*, , 1995.
- [THE 98] THERAULAZ G., BONABEAU E., DENEUBOURG J., « Response threshold reinforcement and division of labour in insect societies », *Proc. Roy. Soc. London B* 265, , 1998, p. 327-332.

Annexe pour le service de fabrication

Article pour les actes :

JFSMA'03

Auteurs :

Vincent Thomas — Christine Bourjot — Vincent Chevrier

Titre de l'article :

Du collectif pour la satisfaction individuelle : un modèle d'auto-organisation

Titre abrégé :

Système Hamelin

Traduction du titre :

From the collective to the individual : a self-organization model

Date de cette version :

25 septembre 2003

Coordonnées des auteurs :

- téléphone : 03 83 59 20 00
- télécopie : 03 83 27 83 19
- Email : vthomas@loria.fr

Logiciel utilisé pour la préparation de cet article :

\LaTeX , avec le fichier de style `article-hermes.cls`,
version 1.10 du 17/09/2001.

Formulaire de copyright :

Joindre le formulaire de copyright signé, récupéré sur le web à l'adresse
<http://www.hermes-science.com>