
Conception de SMA Réactifs pour la Résolution de Problèmes : une approche basée sur l'Environnement

Franck Gechter – Olivier Simonin

Laboratoire SeT (Systèmes et Transport)

Equipe Informatique

Université de Technologie de Belfort-Montbéliard - F-90010 Belfort Cedex

{franck.gechter, olivier.simonin}@utbm.fr

RÉSUMÉ. Malgré l'évolution du paradigme multi-agent depuis une quinzaine d'années, peu de méthodes concrètes existent pour son application au cadre général de la résolution de problèmes (RP). Cet article aborde cette problématique à travers la conception des SMA réactifs, car ils présentent des propriétés d'adaptabilité et de robustesse intéressantes pour la RP. Dans cette optique, le rôle de l'environnement, qui est central dans les processus de traitement et de communication, est étudié. De là, nous dégageons un principe de conception des SMA réactifs. L'approche proposée consiste à modéliser les contraintes du problème comme des perturbations dans l'environnement que les agents doivent percevoir afin de les réguler.

ABSTRACT. Even if the multi-agent paradigm has been evolving for fifteen years, the development of concrete methods for problem solving remains a major challenge. This paper focuses on reactive multi-agent systems because they provide interesting properties such as adaptability and robustness. In particular, the role of the environment, which is the place where the system computes and communicates, is studied. From this analysis a principle to design or engineer reactive systems is introduced. Our approach is based on the representation of the problem's constraints considered as perturbations that agents have to stabilize.

MOTS-CLÉS : Résolution de problèmes, Agents Réactifs, Environnement, Emergence.

KEYWORDS: Problem Solving, Reactive Agents, Environment, Emergence.

1. Introduction

Malgré l'évolution du paradigme multi-agent depuis une quinzaine d'années, peu de méthodes concrètes existent pour son application au cadre général de la résolution de problèmes (RP). Dans ce papier nous abordons cette problématique en établissant un premier pas vers une méthodologie de conception de solutions réactives. Nous focalisons notre approche sur les SMA réactifs car ils présentent des caractéristiques intéressantes d'auto-organisation/d'émergence de solutions, de robustesse, d'adaptabilité aux variations et de simplicité de conception des agents.

L'approche réactive est particulièrement pertinente lorsqu'il s'agit d'aborder des problèmes complexes liés à la simulation/l'étude de systèmes naturels [KEN 01], à la conception de robots mobiles coopératifs ou à la résolution de problèmes/jeux distribués [DRO 91]. Toutefois, il est difficile de dégager de ces travaux des méthodologies de conception de solutions réactives. Cette difficulté est due à la complexité même de ces systèmes, où le nombre d'agents et d'interactions est très important, et rend donc par nature leur conception difficile. Comme il est souligné dans [MUL 98], l'environnement joue un rôle important dans le fonctionnement d'un SMA réactif. C'est en effet dans et par l'environnement que le système calcule, construit et communique. Dans le cadre de la résolution de problème, il est clair qu'un agent réactif pris individuellement ne peut ni stocker une représentation du problème, ni calculer une solution. Par conséquent, **le problème à traiter ne peut être exprimé qu'à travers le modèle de l'environnement**. Ce papier établit le lien entre la représentation du problème, exprimé sous forme de contraintes environnementales, et les comportements des agents qui doivent être des éléments de régulation de ces perturbations.

2. Vers une méthodologie de conception de solutions réactives

2.1. SMA réactifs et approche automatique

Concevoir un Système Multi-Agent (SMA) réactif pour la résolution de problème revient à définir un processus de régulation ou de filtrage dont le but est de fournir une solution stable, dans le temps et dans l'espace, à partir de l'énoncé d'un problème qui possède sa propre topologie et sa propre dynamique.

L'environnement est défini comme étant la couche d'entrée de la boucle de régulation. Il formalise la topologie et les variations du problème devant être perçues par les agents qu'il contient. L'organisation émergente est la sortie du système et en représente l'état du point de vue temporel et spatial. Le mécanisme de régulation est défini par l'intermédiaire des agents et de leurs interactions. Ces interactions peuvent être séparées en deux catégories distinctes. Les interactions agent-agent, d'une part, composent la branche directe de la boucle de régulation (phénomène d'amplification ou de feedback positif tel qu'il est défini dans [MUL 98]). D'autre part, les interactions agent-environnement caractérisent la boucle de retour du filtre et donc son processus de régulation (feedback négatif). L'environnement est modifié à la fois par la dyna-

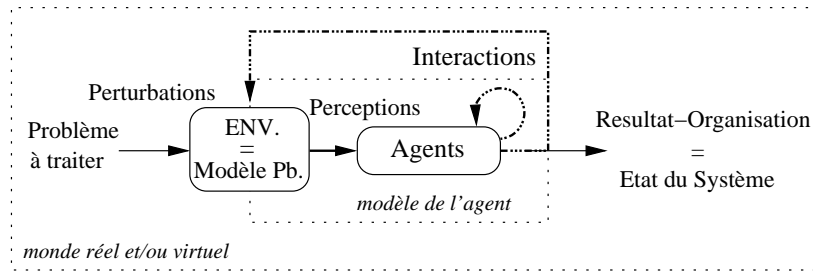


Figure 1. Principe de résolution réactif basé sur l'environnement

mique du problème à résoudre et par la dynamique de régulation liée aux interactions et aux actions des agents. Si la dynamique de résolution peut être contrôlée par l'intermédiaire des paramètres du SMA, celle du problème est par nature non maîtrisable. Ce principe est illustré en figure 1.

2.2. Enoncé du principe

De l'analyse précédente, nous dégagons une méthodologie de conception de technique de résolution réactive, qui se décline en 4 étapes :

1) **Définir un modèle de l'environnement** qui représente le problème à résoudre tant du point de vue topologique que du point de vue dynamique.

2) **Définir la perception des agents.** Les agents doivent être capables de percevoir les différents états de l'environnement ainsi que ses variations : perception de perturbations qui conditionnent leurs actions.

3) **Définir des mécanismes d'interaction** dans le but de réduire les perturbations qui se manifestent dans l'environnement. Voici les 3 niveaux de ces mécanismes :

- (i) Fournir des réactions locales et individuelles pour palier aux variations de l'environnement (perception des contraintes du problème)
- (ii) S'il existe des situations où ces actions locales sont inefficaces, prévoir des interactions coopératives destinées à mettre en oeuvre des processus collectifs
- (iii) Prévoir des actions de régulation des deux types de processus (individuels et collectifs) que nous venons de définir.

4) **Observer le résultat en tant que structure émergente**, à la fois en terme d'agents (position, dynamique, etc) et en terme d'environnement (structure topologique, etc) comme cela est défini dans [MRJ 97]. Cette structure est la conséquence des interactions entre la dynamique de résolution et la dynamique propre du problème. Ce résultat ne peut être vu que par un observateur extérieur au système.

3. Conclusion

L'analyse des processus collectifs, du point de vue de l'automatique, nous a permis de dégager une méthodologie de conception de SMA réactifs pour la résolution de problème. La méthodologie proposée spécifie que l'environnement doit être modélisé avant les agents. En effet, celui-ci permet de représenter le problème, alors que les agents définissent un processus de régulation des contraintes exprimées. Ce processus est construit aux niveaux individuel et collectif, en définissant tout d'abord les perceptions des agents, puis les interactions qui en découlent.

Le principe proposé a été validé à travers le développement de deux techniques de résolution dédiées à des problèmes complexes et réels. D'une part il a été appliqué au développement du Modèle Satisfaction-Altruisme [SIM 00], qui étend le principe de navigation par champs de potentiels, en augmentant l'environnement de champs artificiels créés intentionnellement par les agents. Ce modèle permet en particulier la résolution de conflits spatiaux et le traitement de tâches collectives d'une manière totalement distribuée [SIM 03]. D'autre part, ce principe a également été appliqué dans le cadre de la problématique de la localisation et du suivi de cible pour définir un modèle réactif d'inspiration physique (cf. [GEC 03] et [GEC 04]). Des expérimentations mises en oeuvre sur des variantes de ces modèles ont montré une réelle robustesse et une grande adaptabilité des solutions développées.

4. Bibliographie

- [DRO 91] DROGOUL A., FERBER J., JACOPIN E., « Pengi : Applying Eco-Problem Solving for Behavior Modeling in an Abstract Eco-System », MOSEKILDE E., Ed., *European Simulation Multiconference*, 1991, p. 337-342.
- [GEC 03] GECHTER F., CHEVRIER V., CHARPILLET F., « Une architecture réactive pour la localisation en robotique mobile », *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - hors série/JFSMA'2003*, 2003, p. 345-358.
- [GEC 04] GECHTER F., CHEVRIER V., CHARPILLET F., « Un modèle de résolution de problèmes utilisant des agents réactifs pour la localisation et le suivi », *Revue d'Intelligence Artificielle - RSTIRIA*, vol. Volume 18 n°5-6, 2004, p. 743-777.
- [KEN 01] KENNEDY J., EBERHART R., *Swarm Intelligence*, Morgan Kaufmann Publisher ISBN 1-55860-595-9, 2001.
- [MRJ 97] MRJEAN, « Emergence et SMA », *JFIADSMA*, Nice, 1997, p. 323-342.
- [MUL 98] MULLER J.-P., « Vers une méthodologie de conception de systèmes multi-agents de résolution de problème par émergence », *JFIADSMA'98*, 1998, p. 355-371.
- [SIM 00] SIMONIN O., FERBER J., « Modeling Self Satisfaction and Altruism to handle Action Selection and Reactive Cooperation », *6th International Conference On the Simulation Of Adaptive Behavior (SAB 2000 volume 2)*, , 2000, p. 314-323.
- [SIM 03] SIMONIN O., FERBER J., « Un modèle multi-agents de résolution collective de problèmes situés multi-échelles », *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - hors série/JFSMA'2003*, 2003, p. 317-329.