

## VERS UN ROBOT MODELISANT LA PERCEPTION VISUELLE DES FOURMIS

L. Françoise, N. Monmarché, G. Venturini

*Laboratoire d'Informatique, Université de Tours,  
École d'Ingénieurs en Informatique pour l'Industrie (E3i),  
64 av. Jean Portalis, 37200 Tours FRANCE  
{monmarche, venturini}@univ-tours.fr  
Téléphone: +33-2-47-36-14-14  
Fax: +33-2-47-36-14-22*

**Résumé.** Dans ce travail, nous nous proposons de modéliser le comportement individuel des fourmis en ce qui concerne la navigation, afin d'améliorer les systèmes de contrôle en robotique mobile autonome. Un des points clés de ce travail est de modéliser l'apprentissage de repères visuels. Nous détaillons dans cette étude préliminaire le robot utilisé ainsi qu'un premier exemple d'algorithme d'apprentissage de repères inspiré du comportement de *Pachycondyla apicalis*.

**Mots Clés.** *fourmis, repères visuels, robotique mobile autonome, vision artificielle, reconnaissance des formes.*

**Abstract.** *Towards a robot that models visual perception of ants.*

In this work, we want to model the ants individual behavior with respect to navigation, in order to improve control systems in autonomous robotics. One key-point of this work is to model the learning of visual landmarks. In this preliminary study, we describe the robot which has been especially built for this task and a first example of a control algorithm that learns visual landmarks based on the behavior of *Pachycondyla apicalis*.

**Keywords.** *ants, visual landmarks, autonomous and mobile robotics, computer vision, pattern recognition.*

### INTRODUCTION

Donner la capacité à des machines de se déplacer de manière autonome est l'un des buts poursuivis par la robotique mobile (Dean et Wellman, 1991) (Kortenkamp et coll., 1998). Atteindre ce but passe notamment par la compréhension des capacités et besoins nécessaires à la navigation spatiale. Or on peut constater que les animaux, pour qui la capacité à se déplacer efficacement est souvent vitale, ont su développer

de nombreuses méthodes pour résoudre ce but poursuivi par la robotique mobile. Il est donc sensé de se pencher sur la manière dont ils atteignent ce but afin de pouvoir reproduire leur comportement sur des robots (Brooks, 1991) (Trullier et coll., 1997) (Arkin, 1998).

Plus précisément, parmi les études d'informatique et de robotique qui s'inspirent des insectes, on peut distinguer un premier type de travaux qui étudient de manière réelle ou simulée une capacité physique précise et individuelle des insectes intervenant souvent dans leur navigation, comme par exemple les robots marcheurs réels (Brooks, 1991) ou simulés (Kodjabachian et Meyer, 1998), le système neuronal intervenant chez la mouche (Franceschini et coll., 1992), l'utilisation de la lumière polarisée (Lambrinos et coll., 1997) ou encore l'utilisation de traces chimiques artificielles (Russel et coll., 1994). Le deuxième type de travaux important s'inspirant des insectes concerne plutôt les insectes sociaux et la simulation de leur comportement collectif lié à la maîtrise de l'espace comme dans (Deneubourg et coll., 1991).

Dans le contexte précis de la modélisation de la navigation individuelle des insectes, il n'y a pas ou peu d'études à notre connaissance qui tentent de modéliser spécialement le comportement individuel des fourmis en considérant notamment la perception visuelle et son utilisation sur un robot mobile autonome.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le robot construit spécialement pour ce projet se déplace grâce à deux roues motrices commandées avec précision par des moteurs pas à pas. Il peut donc tourner sur lui-même ou autour de l'une de ses roues et parcourir en ligne droite plusieurs dizaines de centimètres à la seconde. Ses batteries lui autorisent plusieurs heures d'autonomie. La surface qu'il occupe au sol est environ celle d'une feuille A4. Du point de vue des capteurs, il est équipé d'une caméra vidéo noir et blanc, d'un télémètre ultrasonique percevant des obstacles jusqu'à une distance de 6 mètres, et de plusieurs capteurs de chocs avec les obstacles tout autour de sa carrosserie. Enfin, ce robot est contrôlé par une architecture de type PC (486 100Mhz, RAM 16 Mo, RAM non volatile 8 Mo) et dispose de plusieurs cartes d'entrées/sorties au format "miniature" PC 104 (10.4 cm de côté). Il dispose d'un lecteur de disquettes et est facilement programmable en langage C.

Pour définir ce premier algorithme de contrôle inspiré des fourmis, nous nous sommes intéressés au comportement de *Pachycondyla apicalis* (Fresneau, 1985, 1994). Ces fourmis ont été étudiées dans la forêt tropicale mexicaine et font preuve de capacité de reconnaissance visuelle très intéressantes du point de vue de l'informatique et de la robotique. Elles sont capables de mémoriser l'emplacement de plusieurs sites de fourragement et de revenir en ligne droite vers l'emplacement du nid notamment en observant la canopée et en s'orientant par rapport aux images perçues à certaines étapes du trajet.

Nous avons dérivé un modèle abstrait de ce comportement tout en lui donnant un sens du point de vue de la robotique. Ainsi, il est rare que les robots s'orientent par rapport au plafond, ce qui est pourtant sensé si l'on considère que, dans un environnement industriel, le plafond est certainement l'élément le plus stable et le

moins susceptible de se modifier (contrairement au sol, qui peut être encombré par des objets mobiles par exemple). Le repérage visuel d'un robot peut donc grandement bénéficier de cette stabilité. Nous avons donc considéré que le robot devait réaliser un trajet aller pendant lequel il stocke des images à différentes étapes, et sur le trajet retour, il utilise les images stockées pour se recalcr précisément à chaque étape du trajet et ainsi retrouver le point de départ du trajet. Ce modèle peut être vu comme s'inspirant également du modèle des «snapshots» de (Cartwright et Collet, 1987).

Plus précisément, pour le stockage d'une image nous utilisons la technique suivante afin de réduire la quantité d'informations stockées et de diminuer aussi le coût du recalage décrit plus loin. Plutôt que de stocker toute l'image, nous nous intéressons seulement aux zones les plus contrastées, comme par exemple les transitions clair/obscur. Nous imposons que ces zones ne soient pas toutes regroupées dans une même région de l'image, ce qui diminuerait la précision du recalage. Le robot ne stocke donc que quelques zones de l'image. Le recalage est effectué de la manière suivante: l'image attendue est comparée à l'image perçue en essayant un certain nombre de couples (rotation/translation). Cette image attendue est constituée en fait des petites zones contrastées stockées lors du trajet aller. Une fois trouvé un couple qui minimise une distance quadratique entre les deux images (attendue et perçue), le robot calcule sa trajectoire pour se recalcr au même emplacement que celui qu'il avait lors du trajet aller au moment où il a stocké l'image.

## RÉSULTATS et DISCUSSION

Le système décrit précédemment a été implémenté sur le robot avec succès. Pour aider le robot dans son repérage visuel dans la salle d'expérimentation, des autocollants de couleur noire ont été placés sur le plafond (blanc initialement). Le robot effectue des déplacements d'une longueur totale allant par exemple de 5 à 10 mètres, avec 4 ou 5 prises de vues du plafond. Il est capable de retrouver sa position initiale. Il faut cependant noter que dans l'environnement testé, le sol était parfaitement lisse: les erreurs de quelques centimètres observées généralement étaient donc facile à corriger par le système de recalage qui a été paramétré de manière à corriger des erreurs de moins de 10 centimètres. Une des limites du système testé vient cependant des capacités de calculs du processeur embarqué. Il faut en effet une minute pour que le recalage soit effectué. A l'avenir, nous comptons diminuer ce temps de calcul en réduisant encore le volume de données. Les images traitées ont une taille de  $256 \times 256$  pixels, ce qui dépasse certainement de beaucoup l'acuité visuelle des fourmis et n'est sans doute pas nécessaire pour le recalage.

Plus généralement, ces travaux vont maintenant être réalisés en collaboration directe avec des éthologistes (G. Beugnon, B. Schatz et S. Chameron, LEPA, Toulouse), et nous espérons ainsi pouvoir aller beaucoup plus loin que ce qui a été présenté dans cette étude: améliorer les algorithmes existant pour le contrôle de robots mobiles autonomes reste notre premier objectif, mais nous pouvons maintenant en ajouter un deuxième, c'est-à-dire aider à mieux comprendre la façon dont procèdent les fourmis pour gérer leurs déplacements en proposant des modèles informatiques équivalents et implémentés sur un robot réel.

## RÉFÉRENCES

- Arkin R.C. (1998), Behavior-based robotics, 490 pages, MIT Press, 1998.
- Brooks R. (1991), New approaches to robotics, Science, vol 253, pp 1227-1232.
- Cartwright B.A. et Collet T.S. (1987), Landmark maps for honeybees, *Biological Cybernetics*, 57, 85-93, 1987.
- Dean T.L. et Wellman M.P. (1991), Planning and control, Morgan Kaufmann.
- Deneubourg J.-L., Goss S., Franks N., Sendova-Franks A., Detrain C. et Chrétien L. (1991), The dynamic of collective sorting robot-like ants and ant-like robots. in Proc. of the 1st Conf. on Sim. of Adaptive Behavior, J.-A. Meyer and S. Wilson (Eds), MIT-Press. 1991.
- Franceschini N., Pichon J. et Blanes C. (1992), From insect vision to robot vision, The philosophical transactions of the royal society of London B, vol 337, pp 283-294.
- Fresneau D. (1985), Individual foraging and path fidelity in a ponerine ant, *Insectes Sociaux*, Paris, 1985, Volume 32, n 2, pp 109-116.
- Fresneau D. (1994), Biologie et comportement social d'une fourmi ponérine néotropicale (*Pachycondyla apicalis*), Thèse d'Etat, Université de Paris XIII, Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, 1994.
- Kodjabachian J. et Meyer J.-A. (1998), Evolution and development of modular control architectures for 1D locomotion in six-legged animat, *Connection Science*, 10, 211-237.
- Kortenkamp D., Bonasso R.P. et Murphy R. (1998), Artificial intelligence and mobile robots, case studies of successful robot systems, 390 pages, AAAI Press/MIT Press, 1998.
- Lambrinos D., Maris M., Kobayashi H., Labhart T., Pfeifer R. et Wehner R. (1997), An Autonomous Agent Navigating with a Polarized Light Compass, *Adaptive Behavior* Volume 6, N 1, 131-161, MIT-Press 1997.
- Russel A., Thiel D. et Makay-Sim A. (1994), Sensing odor trails for mobile robot navigation, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp 2672-2677.
- Trullier O., Wiener S., Berthoz A. et Meyer J.A. (1997), Biologically-based artificial navigation systems: Review and prospects, *Progress in Neurobiology*, 51, 483-544.