



**HAL**  
open science

## Interactive table to study interactions between swarm of robots and active environments

Nicolas Beaufort, François Charpillet, Olivier Rochel, Olivier Simonin

### ► To cite this version:

Nicolas Beaufort, François Charpillet, Olivier Rochel, Olivier Simonin. Interactive table to study interactions between swarm of robots and active environments. [Rapport Technique] 2011, pp.6. inria-00575650

**HAL Id: inria-00575650**

**<https://inria.hal.science/inria-00575650>**

Submitted on 10 Mar 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Interactive table to study interactions between  
swarm of robots and active environments**

**Nicolas Beaufort, François Charpillet, Olivier Rochel, Olivier Simonin**

<http://romea.loria.fr>

---

# 1 Nouveau dispositif expérimental “Table-Robots”

## 1.1 Présentation générale

Le dispositif réalisé a pour vocation l'étude des interactions entre robots mobiles et modèles de marquage/lecture/calcul dans l'environnement. Il s'agit de faire évoluer de véritables robots sur un environnement actif capable d'affichage et d'interaction.

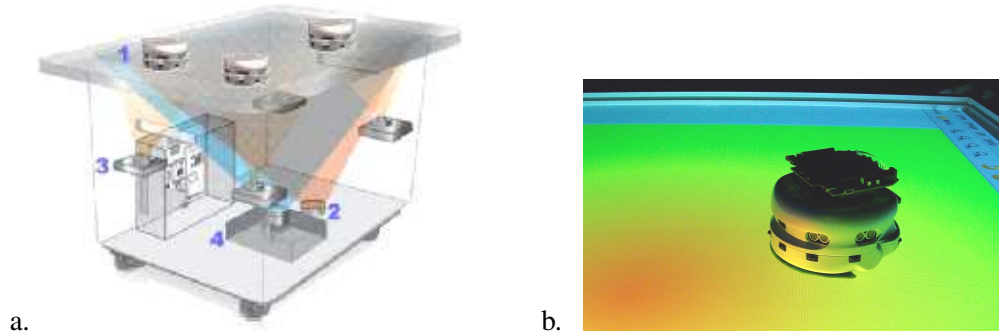


FIGURE 1 – a. Principe du dispositif de table interactive pour robots b. Prototype de test

Cet environnement expérimental est composé (cf. Fig. 1a) :

- d'une surface interactive permettant l'affichage d'informations/images et la perception (ou le tracking) d'objets placés à sa surface,
- de mini-robots mobiles évoluant à sa surface et capables de lire et écrire dans cet environnement.

L'écriture d'informations par les robots peut se faire par émission active de signaux infrarouges vers des caméras IR placées sous la surface.

Un tel dispositif permet ainsi de mettre en interaction des robots réels avec un environnement actif physique et reprogrammable. Il est dédié à l'étude *in situ* des processus stigmergiques, et plus généralement aux modèles de coopération et de communication via l'environnement, avec des robots réels.

Ce dispositif permet d'aborder des questions originales en robotique, en particulier celle de *la perception* d'un champ de phéromone, ou de potentiel, par un robot évoluant sur une telle surface/image. Il s'agira de mettre en relation la dynamique d'évolution des champs avec le déplacement continu des robots (vitesse, fréquence de perception).

La mesure des couleurs affichées sous le robot, par des capteurs colorimétriques, constitue la première forme d'acquisition d'informations étudiée. Au niveau de la table, nous réexaminerons la représentation graphique de signaux physiques (infrarouges, chimiques), de champs de potentiels, de forces, etc. Nous viserons aussi à établir des fonctionnalités permettant la détection, la mesure et l'optimisation des propriétés émergentes d'un essaim de robots.

Cette plateforme se distingue des dispositifs expérimentaux de T. Kazama [3] et G. Theraulaz [1] qui utilisent une projection d'images par dessus les robots. Dans ces approches, l'information perceptible par les capteurs placés sur les robots est limitée (niveau d'intensité lumineuse) et bruitée par la lumière ambiante et les phénomènes d'ombre. Dans notre cas, les robots peuvent lire précisément avec des capteurs colorimétriques les nuances affichées sur la surface. Un opérateur pourra de plus interagir avec le système en utilisant la surface tactile, mais également en ajoutant des objets ou des robots sans gêner leur perceptions.

Le fonctionnement du prototype réalisé en 2010, dans le cadre d'une action de développement INRIA nommée ROMEA <sup>1</sup> est présenté ci-après. Ce dispositif réalisé principalement par Olivier Rochel du SED <sup>2</sup> de l'INRIA Nancy Grand Est et par Nicolas Beaufort ingénieur du projet ROMEA est opérationnel depuis fin 2010, les premiers travaux expérimentaux confirment déjà le potentiel scientifique de ce dispositif (cf. fig. 1b).

## 1.2 La Table : un environnement actif et graphique

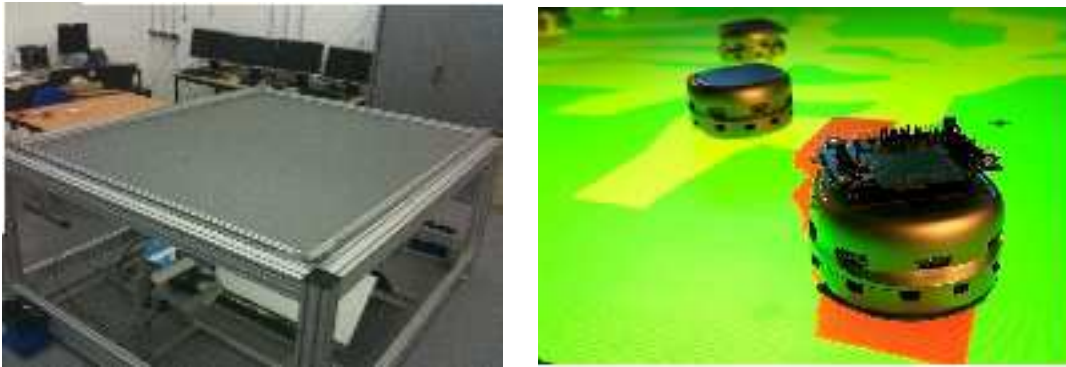


FIGURE 2 – Photo du dispositif Table interactive pour robots

La table assure plusieurs fonctions dans le dispositif expérimental :

- La surface de la table constitue l'environnement physique sur lequel les robots évoluent.
- La table permet l'affichage d'un environnement graphique à sa surface, par projection d'images depuis deux projecteurs placés sous la surface (cf. Fig. 2).
- Elle permet, à travers une machine, le calcul de nouveaux états de l'environnement (par exemple la diffusion d'un signal).
- Elle permet de détecter la position (tracking) des robots ou objets émettant des signaux infrarouges (cf. robots section suivante) par un système de caméras infrarouges.
- La table peut également émettre des infrarouges pour détecter les objets/doigts pointant à la surface de la table (aspect interactif).

## 1.3 Les robots : perception et interaction avec la table

Les robots mobiles utilisés dans le dispositif sont des Kheperas III développés par la société KTeam. Pour interagir avec la table nous avons développé et installé sur les robots deux cartes électroniques de perception et de traitement (cf. figure 3). Chaque robot dispose ainsi des fonctions suivantes :

- Lecture des couleurs en 7 points de la surface de la table, à l'aide de capteurs colorimétriques, disposés sous le châssis à l'avant du robot (cf. Fig. 3.a). La figure 3.b schématise la position de ces points de

---

1. Robotique Mobile et Environnements Actifs  
2. Service d'Expérimentation et de Développement

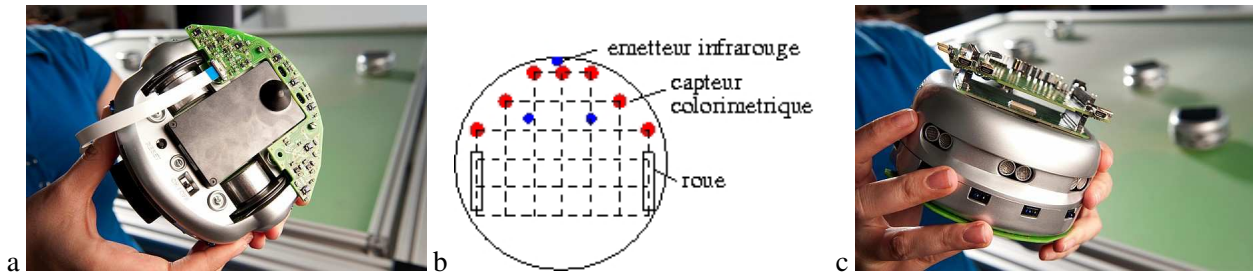


FIGURE 3 – Photos d'un robot Khepera III et de ses cartes d'extension pour interagir avec la Table. a) capteurs colorimétriques et émetteurs infrarouges. b) schema de la position des capteurs et emetteurs. c) carte arduino et d'acquisition.

lecture, il sont placés sur des noeuds d'une grille imaginaire de 2 cm de côté. Chacun des capteurs permet de connaître la valeur de chacune des couleurs primaire et de l'intensité lumineuse ( $r, g, b, i$ ).

- Emission de 3 signaux infrarouges à la fréquence H permettant à la table de localiser le robot (la position des émetteurs forme un triangle, cf. figure 3.b).
- Chaque robot dispose d'une communication wifi (cf. Logiciels ci-après) et de capteurs de proximité (infrarouge et ultrason)
- Chaque robot peut être commandé en vitesse sur les roues et dispose de fonctions de navigation simples.

## 2 Première validation

**Patrouille multi-agent : expérimentation du modèle EVAP** EVAP est un algorithme fournis dédié à la patrouille multi-agent en environnement inconnu, développé et étudié dans la thèse d'Arnaud Glad [2] qu'il a mené au sein de l'équipe MAIA.

L'adaptation du modèle à des robots réels et à un environnement continu comme la table a nécessité de développer :

- l'inscription de phéromones digitales sur l'environnement par les robots,
- le calcul par la table de l'évaporation et de la diffusion de la phéromone (calcul réalisé sur carte graphique, développement Romain Mauffray),
- la descente du gradient de phéromone par chaque robot : modèle de navigation,
- l'évitement des obstacles (autres robots et bords de la table) : définition d'un halo répulsif autour des robots et le long des bords (halo dessiné en bleu dans l'expérimentation fig. 4).

La figure 4 illustre l'évolution de l'exécution d'EVAP avec 6 robots sur la table. La vidéo peut être consultée sur la page : <http://romea.loria.fr>

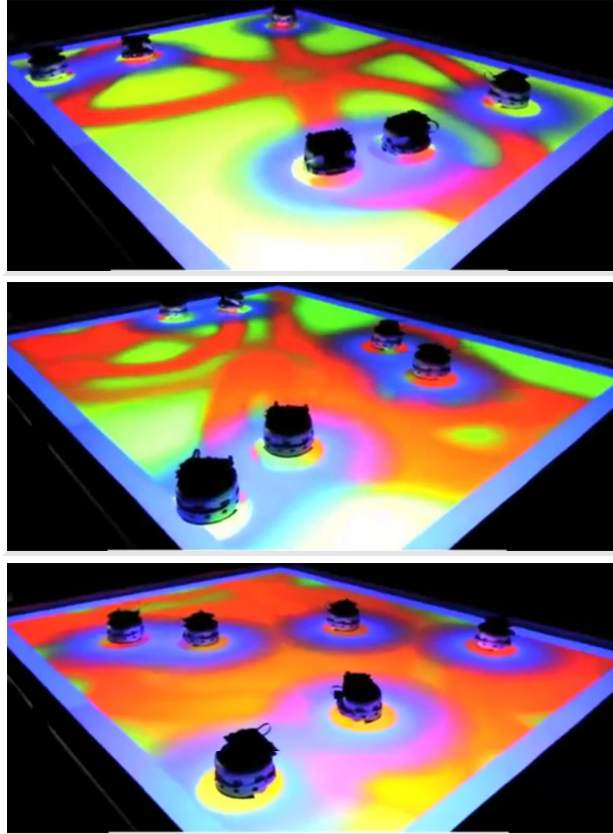


FIGURE 4 – Illustration de l'exécution du modèle EVAP avec 6 robots

### 3 Conclusion

La démarche générale du projet est de progresser dans la définition et le déploiement des systèmes collectifs situés, reposant sur les principes de coordination réactive et de calcul par champs. Ces champs peuvent être des signaux communiqués directement ou bien des informations inscrites et lues dans l'environnement.

Le dispositif Table-Robots proposé concerne l'étude et la définition de ces comportements, ainsi que le problème du passage au réel des modèles théoriques/simulés, en particulier bio-inspirés.

Quelque soient les supports d'implémentation ou d'expérimentation envisagés, l'objectif est de progresser vers une IA située, où l'environnement joue un rôle majeur dans les processus de calcul et de contrôle, et où les agents sont des entités incarnées capables d'interactions avec des systèmes autonomes et des hommes.

## 4 Bibliographie

- [1] S. Garnier, F. Tache, M. Combe, A. Grimal, and G. Theraulaz. Alice in pheromone land : An experimental setup for the study of ant-like robots. In *Proc. 2007 IEEE Swarm Intelligence Symposium*, pages 37–44, 2007.
- [2] A. Glad. *Etude de l'auto-organisation dans les algorithmes de patrouille multi-agent fondés sur les phéromones digitales*. Thèse de l'université Nancy 2, 2011.
- [3] T. Kazama, K. Sugawara, and T. Watanabe. Traffic-like movement on a trail of interacting robots with virtual pheromone. In *Proceedings of the 3rd International Symposium on Autonomous Minirobots for Research and Edutainment (AMiRE 2005)*, pages 383–388. Springer Berlin Heidelberg, 2006.