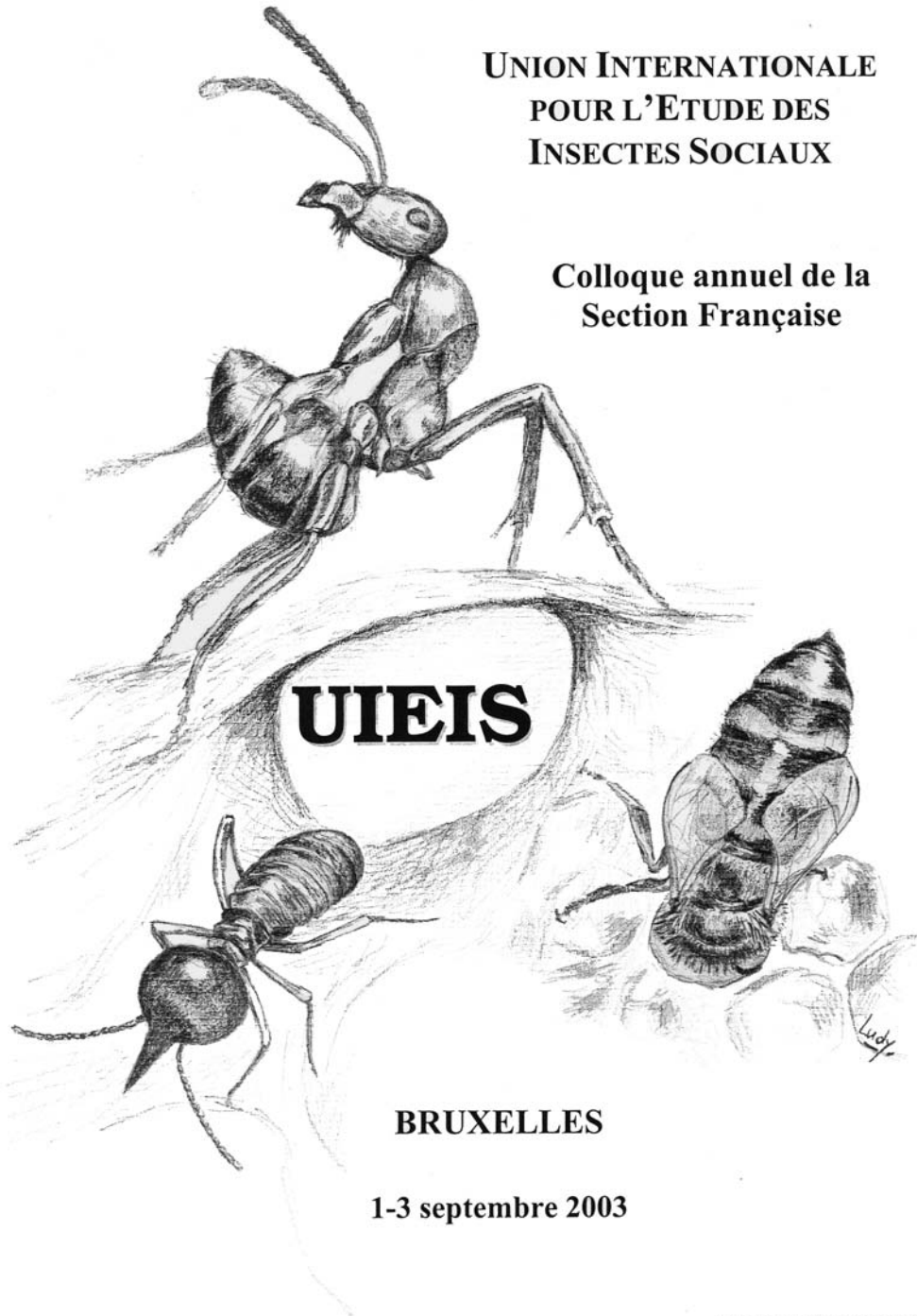


Actes des Colloques Insectes Sociaux

Volume 16 (2004)

UNION INTERNATIONALE
POUR L'ÉTUDE DES
INSECTES SOCIAUX

Colloque annuel de la
Section Française



BRUXELLES

1-3 septembre 2003

Dessin : Ludivine de Menten

L'APPRENTISSAGE DE ROUTES FAMILIÈRES CHEZ LA FOURMI NEOTROPICALE *GIGANTIOPS DESTRUCTOR*

par David Macquart & Guy Beugnon

CRCA, UMR CNRS 5169, Université Paul Sabatier (Toulouse 3) ; bâtiment 4R3, b3, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 4 - macquart@cict.fr

Introduction

Lors de leurs déplacements entre le nid et une source de nourriture, les hyménoptères emploient fréquemment des chemins stéréotypés. Chez les fourmis, l'emploi de pistes chimiques est un moyen très utilisé pour suivre ces chemins, mais l'apprentissage de routes familières constitue également une stratégie efficace. La formicine néotropicale *Gigantiops destructor* fourrage en solitaire et emploie de telles routes lors des sorties hors du nid. L'extrême développement des yeux (Gronenberg & Hölldobler, 1999) et des lobes optiques (Gronenberg & Liebig, 1999) chez cette espèce permet l'utilisation de repères visuels dans le milieu naturel pour le guidage le long des routes familières (Chagné *et al.*, 2001).

Nos travaux tentent d'atteindre deux objectifs : premièrement, il s'agit d'établir la mise en place de routes familières au laboratoire, dans un environnement visuel contrôlé. Le second objectif consiste à mieux comprendre les stratégies d'orientation de *Gigantiops destructor* (orientation visuelle, motrice, visuo-motrice) et leurs éventuelles interactions fonctionnelles lors du suivi de routes à point de départ visuel.

Matériel et méthodes

Matériel biologique

L'étude a porté sur une colonie de *Gigantiops destructor* d'environ 150 fourmis récoltées en Guyane Française en 2000 et élevées au laboratoire (température : $26\pm 2^\circ\text{C}$, photopériode : 12 heures (08:00 – 20:00), humidité relative : $70\pm 10\%$).

Afin de pouvoir effectuer des suivis individuels, les fourmis ont été marquées à l'aide de dossards numérotés collés sur le thorax. Les fourrageuses en quête de nourriture sont amenées à visiter le dispositif expérimental décrit ci-dessous.

Dispositif expérimental

A partir du nid, les fourrageuses empruntent un tube et débouchent au centre d'une arène de un mètre de diamètre (Fig.1). L'arène est recouverte d'un dôme de plastique opaque et uniformément éclairé, afin d'empêcher la prise de repères visuels distaux dans la pièce. Les expériences se sont donc déroulées dans un environnement visuel contrôlé. Huit sorties régulièrement espacées sur la paroi de l'arène permettent l'accès à des boîtes (sites alimentaires), dans lesquelles sont placées des larves de grillons (*Gryllus assimilis*) ou des drosophiles (*Drosophila melanogaster*). Selon les expériences, un certain nombre de repères visuels sont disposés à l'intérieur de l'arène. Ces repères sont faits de morceaux de bois variant en forme et en taille selon les situations expérimentales.

Les trajets des fourmis ont été filmés avec une caméra Sony[®] CCD noir et blanc, située au sommet du dôme, enregistrés sur bande S-VHS puis numérisés grâce au logiciel Noldus EthoVision[®], version 2.3.

Expériences

Expérience 1 : cinq repères visuels différents sont placés dans l'arène. Afin de ne créer aucune hétérogénéité dans l'espace où se déplacent les insectes, les repères sont répartis uniformément à la surface de l'arène, et les 8 sites de nourriture sont accessibles (Fig. 2). Les fourmis peuvent accéder au dispositif à tout moment, et effectuer librement des allers-retours entre le nid et l'arène, jusqu'à la mise en place éventuelle de routes familières (phase d'entraînement).

Expérience 2 : un seul site alimentaire est accessible, et 6 repères visuels sont alignés entre le centre de l'arène et ce site (Fig. 3a, 4a). Le dernier repère, qui marque l'emplacement du site alimentaire, ne peut être vu par les fourmis qui débouchent au centre de l'arène : il est masqué par les premiers repères de la séquence. Cette disposition permet d'empêcher les fourmis de se diriger directement vers le dernier repère dès leur arrivée dans l'arène.

Suite à la phase d'entraînement, les fourmis qui ont mis en place des routes familières participent à une phase de tests. Lors de ces tests, on procède au déplacement ou à la suppression de tout ou partie des repères, et les trajets effectués dans ces nouvelles conditions sont comparés aux trajets familiers.

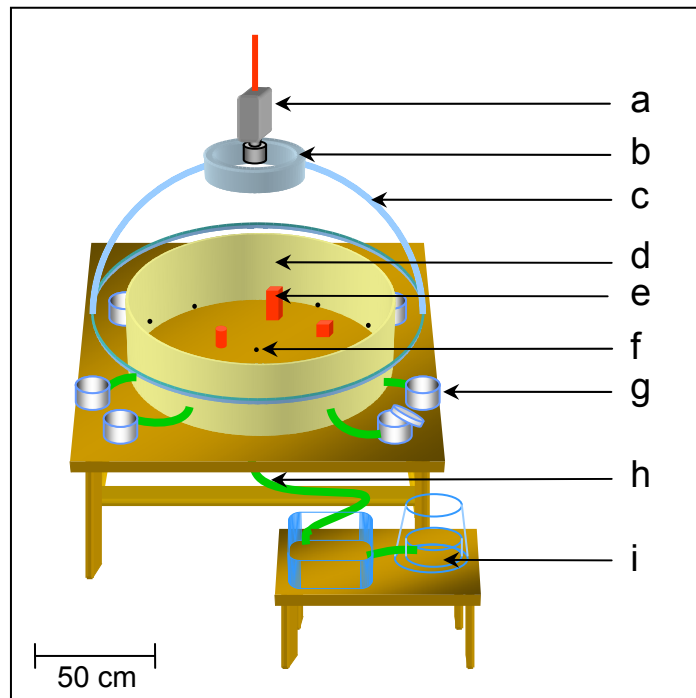


Fig. 1. Dispositif expérimental. **a** : caméra CCD noir et blanc. **b** : néon circulaire. **c** : dôme de plastique opaque. **d** : paroi de l'arène. **e** : exemple de repère visuel. **f** : trou d'accès central. **g** : un des huit sites alimentaires. **h** : tube d'accès à l'arène. **i** : nid.

Résultats

Expérience 1 : mise en place de routes familières

La figure 2 présente les trajets réalisés par une fourmi lors de l'expérience 1, après une vingtaine d'allers-retours effectués entre le nid et l'arène. Une route familière précise a été mise en place dans l'environnement homogène que constitue l'arène. Tous les déplacements s'effectuent le long de cette route malgré la disponibilité constante des 7 autres sources alimentaires (fidélité à un site de nourriture).

Expérience 2 : indices utilisés lors du suivi d'une route familière

Lorsque des routes familières ont été mises en place lors de la phase d'entraînement (Fig. 3a, 4a), on procède aux tests suivants :

Test 1 : tous les repères placés dans l'arène sont supprimés, afin de déterminer si les fourmis disposent d'autres moyens d'orientation (en particulier des pistes chimiques). Un exemple de trajet effectué dans ces conditions est présenté sur la Figure 3b : la fourmi se

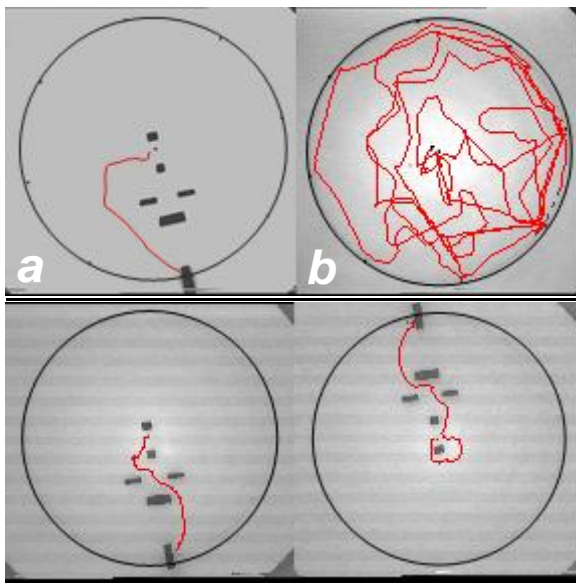
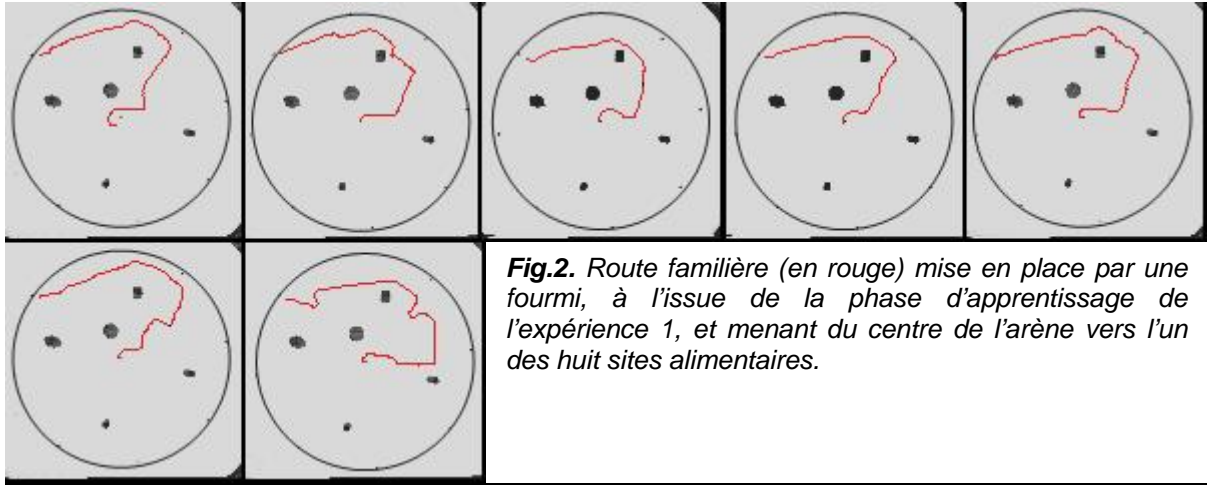


Fig. 3. a : route familière mise en place par une fourmi à l'issue de la phase d'apprentissage de l'expérience 2. **b :** réaction de cette fourmi lors du test 1 (suppression de tous les repères).

Fig. 4. a : route familière mise en place par une fourmi à l'issue de la phase d'apprentissage de l'expérience 2. **b :** réaction de cette fourmi lors du test 2 (rotation des repères à 180°).

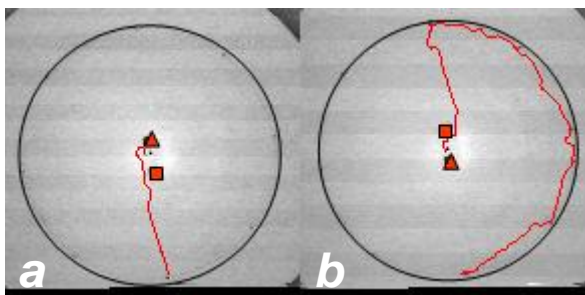


Fig. 5. a : trajet d'une fourmi après réduction du nombre de repères. **b :** réaction de cette fourmi lors du test 3 (rotation des repères). (Triangle rouge : repère en forme de pyramide. Carré rouge : repère en forme de cube).

montre clairement désorientée, ce qui suggère qu'elle n'utilise que des indices visuels pour se rendre à son site alimentaire familial ; l'existence d'une piste chimique est exclue.

Test 2 : l'ensemble des repères subit une rotation de 180°. Les trajets effectués dans ces conditions suivent la rotation imposée aux repères (Fig. 4b). Cela démontre le rôle primordial des repères visuels pour l'orientation de *G. destructor*, et confirme l'absence de piste chimique individuelle puisque l'aire sur laquelle se déplacent les fourmis est restée en place.

Test 3 : l'objectif consiste à étudier le rôle des deux repères centraux (un cube et une pyramide), situés de part et d'autre du trou central : l'information directionnelle de départ donnée par ces repères est-elle suffisante pour orienter les fourmis dans la direction du site alimentaire ? Dans un premier temps, on réduit progressivement le nombre de repères visuels le long des routes familières des fourmis, pour ne conserver que les repères centraux (Fig 5a). Le test consiste à vérifier si une interversion de ces repères conduit les insectes à se diriger dans une mauvaise direction. Les résultats indiquent que la permutation des repères a pour effet d'inverser l'orientation initiale des fourmis (Fig. 5b). Ce test confirme la capacité des fourmis à obtenir une information directionnelle à partir des repères centraux. Il suggère également que les fourmis *G. destructor* ont une excellente acuité visuelle, puisqu'elles sont capables de détecter la permutation de deux repères de même couleur et de forme et de taille relativement proches (un cube de 2,5 cm d'arête, et une pyramide de 2 cm de haut). La plasticité du comportement de l'espèce est également soulignée, la fourmi étant capable de s'adapter rapidement et efficacement à une modification de son environnement.

Discussion

L'utilisation de routes familières chez *Gigantiops destructor*

Dans le dispositif expérimental construit au laboratoire, les fourmis *Gigantiops destructor* ont mis en place des routes familières. Alors que la nourriture était disponible en permanence et très facilement accessible (8 sites alimentaires disposés sur 360° et éloignés de 50 cm à peine du trou d'accès à l'arène), des routes familières ont cependant été établies. Or l'emploi de cette stratégie se justifie surtout dans un milieu complexe, lorsqu'il faut parcourir des distances importantes vers des sources de nourriture localisées. En effet, l'emploi de routes prédéfinies vers une source de nourriture connue, contrairement à une recherche aléatoire, permet de limiter le temps passé à l'extérieur du nid. L'utilisation de routes familières, même dans les conditions privilégiées du laboratoire, semble donc indiquer que cette stratégie d'orientation est capitale chez *G. destructor*.

L'apprentissage de routes familières

La route familière représentée sur la figure 2 a clairement été influencée par l'un des repères visuels, à savoir le cube. En effet, la fourmi passe systématiquement derrière ce repère pour rejoindre son site de nourriture familial, alors que le plus court chemin consisterait à décrire une ligne droite depuis le centre de l'arène vers le site. Donc, chez *G. destructor* comme chez d'autres hyménoptères, la forme d'une route familière est influencée par la position des objets dans l'environnement et par la réponse de l'insecte à ces objets.

Du centre de l'arène au site de nourriture : mode de déplacement le long d'une route familière

Nos résultats suggèrent l'emploi de routines visuo-motrices par la fourmi *G. destructor*. Des mouvements particuliers, des déplacements ou des changements de direction seraient associés à certains repères. Les fourmis reconnaissent visuellement chaque repère, ce qui leur permet d'effectuer les actes moteurs correspondants. Ce mécanisme

visuo-moteur permettrait d'expliquer pourquoi, dans le milieu naturel, un arbre donné est toujours contourné du même côté (Beugnon, com. pers.).

Références

Chagné P., Lacassagne C. and Beugnon G., 2001. Modes de navigation chez une fourmi néotropicale : *Gigantiops destructor*. Actes Coll. Insectes Sociaux 13, 21-26.

Gronenberg W. and Hölldobler B., 1999. Morphologic representation of visual and antennal information in the ant brain. The Journal of Comparative Neurology 412, 229-240.

Gronenberg W. and Liebig J., 1999. Smaller brains and optic lobes in reproductive workers of the ant *Harpegnathos*. Naturwissenschaften 86, 343-345.
Mus. Nat. Hist. 45, 39-269.