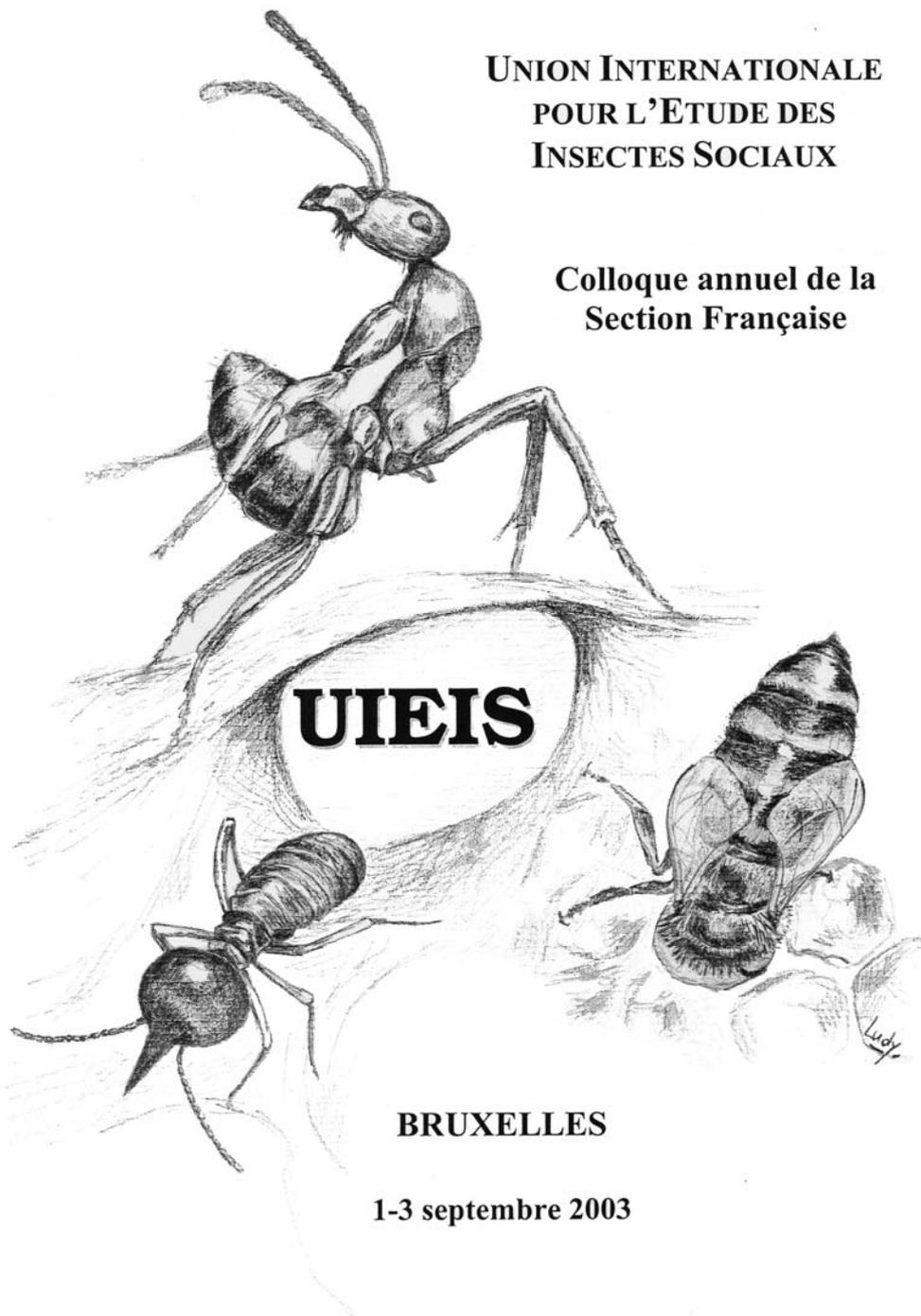


Actes des Colloques Insectes Sociaux

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

COMMENT LES FOURMIS *FORMICA RUFA* L. UTILISENT-ELLES LES REPERES VISUELS POUR ATTEINDRE UN SITE ALIMENTAIRE ?

par Virginie Durier, Paul Graham & Thomas Collett

School of Life Sciences, University of Sussex, Brighton, BN1 9QJ, Royaume-Uni
virginie.durier@univ-rennes1.fr

Introduction

Les fourmis utilisent les objets présents dans leur environnement pour retrouver le nid ou des sources de nourriture (Collett et al, 1992; Graham & Collett, 2002). Ces objets servent de repères visuels pour atteindre un site connu et pour localiser de façon précise soit l'entrée du nid, soit la source de nourriture. Cartwright et Collett (1983) ont élaboré le modèle du "cliché photographique" pour tenter d'expliquer comment se déroule l'approche d'un but, défini par des repères visuels. Selon ce modèle, les individus apprennent la position des repères sur leur rétine quand ils sont sur le site à retrouver, ayant ainsi une sorte de cliché de l'environnement perçu depuis le site. Lors des approches ultérieures, ils se déplacent de manière à diminuer les différences entre l'image perçue et l'image apprise.

Le but de cette expérience est de déterminer quelles sont les caractéristiques des repères visuels utilisés par les fourmis pour localiser précisément un site alimentaire. Notre hypothèse est que les fourmis peuvent utiliser 1) des caractéristiques propres aux repères (la taille angulaire des repères sur la rétine telle que perçue depuis la nourriture), 2) des caractéristiques liant les repères entre eux (la distance angulaire entre les repères depuis la nourriture).

Méthode

La méthode générale utilisée pour tester ces deux hypothèses est d'entraîner des fourmis marquées à trouver de la nourriture (eau sucrée) à un point précis par rapport à des cylindres noirs utilisés comme repères visuels. Après une vingtaine de trajets, soit la taille des repères, soit la position des repères les uns par rapport aux autres est modifiée et aucune nourriture n'est placée dans le dispositif expérimental. Pour chaque fourmi, l'approche du site et la recherche qui suit, sont filmées. Les coordonnées ainsi que l'orientation du corps de l'individu sont enregistrées toutes les 20 msec.

Résultats

Les fourmis se réfèrent-elles à la taille angulaire des repères ?

Pendant l'apprentissage, la nourriture est placée au milieu de 2 cylindres noirs de même taille. Lors du test, la taille des cylindres est modifiée, l'un est plus petit et l'autre plus grand que ceux utilisés pendant l'apprentissage. Si les fourmis utilisent la taille angulaire des repères, telle que perçue depuis le site alimentaire, pendant le test, elles doivent chercher la nourriture à l'endroit où les repères apparaissent sur leur rétine de la même taille que pendant l'apprentissage. Elles doivent donc chercher près du petit repère et loin du grand (cf. cercle blanc Fig.1b).

Les fourmis se dirigent, pendant leur approche de la nourriture, vers le repère qui est plus petit que la taille attendue. Quand elles partent à 40 cm du site alimentaire, pendant le test, les trajets sont orientés vers le petit repère qui, au contraire du grand repère, est plus petit que la taille attendue. Par contre, quand elles partent à 1m de la nourriture, leurs trajets sont d'abord orientés vers le grand repère, qui est alors plus petit que la taille

attendue. Après 30 cm, les trajets changent d'orientation et les fourmis se dirigent vers le petit repère. A cette distance, le grand repère a atteint la taille attendue (Fig.1).

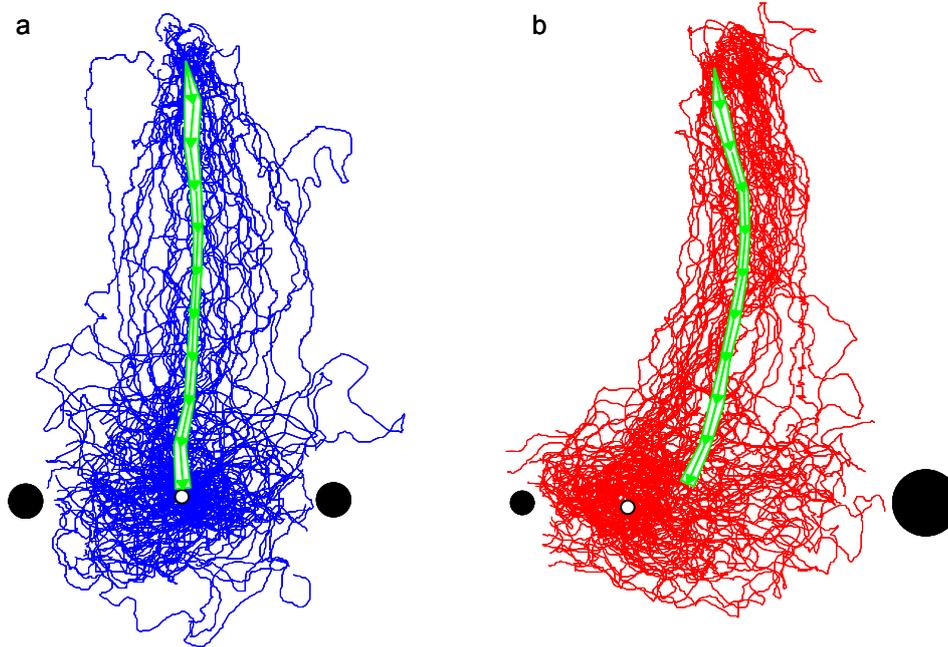


Figure 1 : Ensemble des trajets enregistrés dans la situation de contrôle (a – les deux repères sont de même taille) et dans la situation de test (b – les deux repères sont de taille différente). Les cercles noirs représentent les cylindres noirs, le cercle blanc indique la position théorique du site alimentaire déduite de la taille angulaire des repères telle que perçue depuis les abords de la nourriture pendant l'apprentissage. L'approche du site a été divisée en secteur de 10 cm à partir du point de départ, l'orientation du vecteur moyen de chaque secteur est représentée en vert, ainsi que les intervalles de confiance à 95%.

Nous avons démontré que les fourmis fixent beaucoup plus les repères quand ceux-ci sont plus petits que la taille attendue, i.e. la taille des repères telle que perçue au site alimentaire pendant l'apprentissage (sign test, $p < 0.01$) (Fig.2).

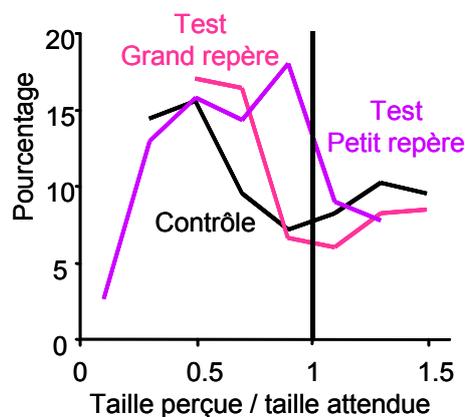


Figure 2 : Temps passé à fixer les repères en fonction de leur taille angulaire sur la rétine. Lorsque le rapport taille perçue/taille attendue est égal à 1, les fourmis voient le repère en question de la même taille que depuis le site alimentaire pendant l'apprentissage.

Les fourmis utilisent-elles la distance angulaire entre les repères ?

Pendant l'apprentissage, la nourriture est placée au centre d'un ensemble de 3 cylindres de taille identique. Les cylindres forment un triangle équilatéral de sorte que, depuis le site alimentaire, ils se trouvent à 120° les uns des autres (Fig.3a). Lors du test, la position des cylindres les uns par rapport aux autres est modifiée. Les fourmis peuvent alors chercher dans 2 sites alimentaires potentiels, selon les caractéristiques des repères auxquelles elles se réfèrent. Depuis l'endroit marqué T (Fig.3), la taille des repères sur la rétine correspond à celle de l'apprentissage mais pas la distance angulaire les séparant (angle entre les repères). Depuis l'endroit marqué A, la distance angulaire entre les repères correspond à l'apprentissage mais pas leur taille angulaire sur la rétine.

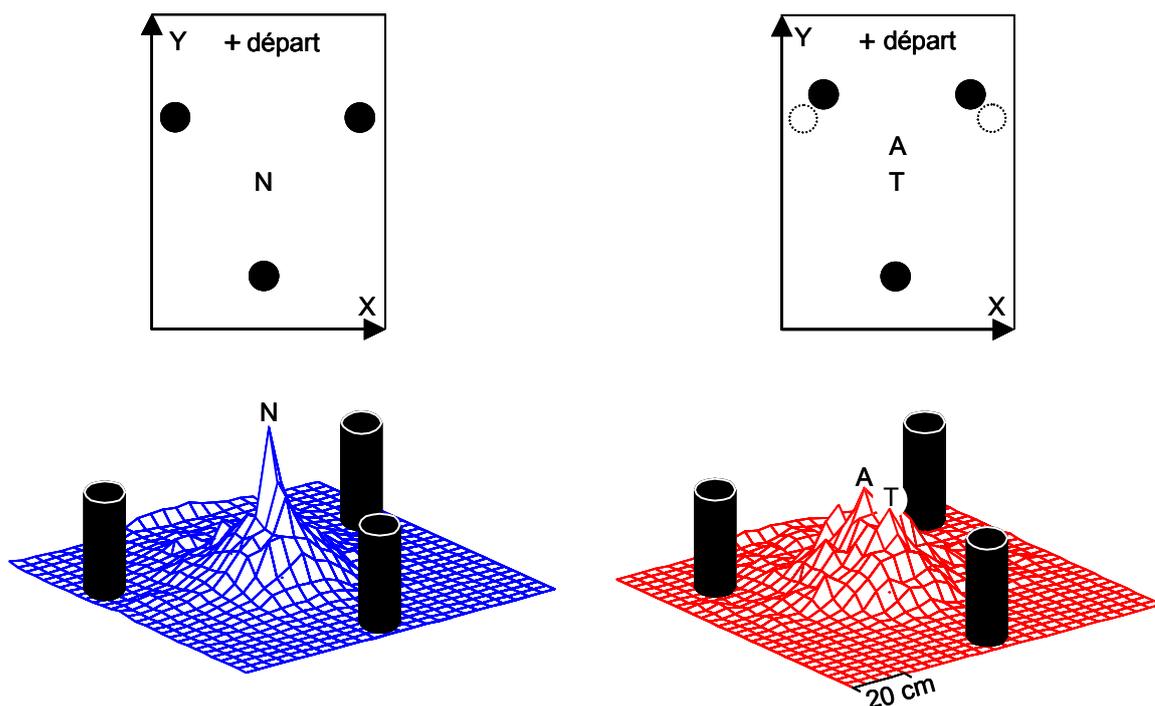


Figure 3 : Dispositif expérimental (en haut) et distribution de la recherche du site alimentaire (en bas) dans la situation de contrôle (à gauche) et dans la situation de test (à droite). Les cercles noirs représentent la position des cylindres pendant l'enregistrement (contrôle et test). Dans la situation de test (à droite), les cercles en pointillés indiquent la position dans laquelle étaient les cylindres pendant l'apprentissage.

Les 2 distributions représentées sur la figure 3 sont significativement différentes (Mann-Whitney, $p < 0.001$). Alors que la recherche dans la situation de contrôle est centrée sur le site alimentaire, celle observée lors du test semble être bi-modale avec un pic à chacun des sites indiqués soit par la taille angulaire des repères, soit par la distance angulaire entre eux.

Les fourmis utilisent donc aussi la distance angulaire séparant les repères visuels pour diriger et concentrer leur recherche du site alimentaire.

Conclusion

Nos résultats montrent que les fourmis utilisent à la fois la taille angulaire des repères visuels et la distance angulaire qui les sépare, pour localiser un site alimentaire connu. Elles ont appris ces paramètres depuis ce site et se déplacent ensuite de manière à faire correspondre ce qu'elles perçoivent à ce qu'elles ont appris.

Dans l'expérience avec 2 repères, la forme des trajets et le temps passé à fixer et à se diriger vers chacun des repères indiquent que la taille angulaire des repères visuels guide l'ensemble du trajet. En effet, dès l'approche du site, les fourmis fixent et donc s'orientent vers le repère qui est plus petit que la taille attendue. Ceci leur permet de réduire la différence entre la taille perçue et celle qui est attendue au site à retrouver.

Dans l'expérience avec 3 repères, le fait que les fourmis utilisent aussi la distance angulaire entre des repères aussi éloignés les uns des autres suggère que le cliché qu'elles ont de la scène environnant le site alimentaire n'est pas limité à quelques degrés (Nicholson et al., 1999; Moeller et al., 1999). En effet, les repères sont à 120° les uns des autres quand les individus sont près de la nourriture. Pour utiliser cette valeur, les fourmis doivent avoir en mémoire un cliché d'au moins 120° de large.

Remerciements : Cette recherche a été financée par une bourse européenne Marie Curie (HPMF-CT-2001-01219) et par une bourse du BBSRC. L'ensemble de ces résultats a été publié dans *Current Biology* (13, 1614-1618, 2003).

Références

Cartwright B.A. & Collett T.S., 1983. Landmark learning in bees: experiments and models. *J. Comp. Physiol.* 151, 521-543.

Collett T.S., Dillmann E., Giger A. & Wehner R., 1992. Visual landmarks and route following in desert ants. *J. Comp. Physiol.* 170, 435-442.

Graham P. & Collett T.S., 2002. View-based navigation in insects: how wood ants (*Formica rufa* L.) look at and are guided by extended landmarks. *J. Exp. Biol.* 205, 2499-2509.

Moeller, Lambrinos R., Pfeiffer D. & Wehner R., 1999. Do insects use partial image matching for landmark navigation? In: *Goettingen Neurobiology Report* (eds: Elsner N. & Eysel U.), Stuttgart, GeorgThieme Verlag, p. 430.

Nicholson D.J., Judd S.P., Cartwright B.A. & Collett T.S., 1999. Learning walks and landmark guidance in wood ants (*Formica rufa*). *J. Exp. Biol.* 202, 1831-1838.