

**LOCALISATION DU NID ET DU SITE ALIMENTAIRE SUR LA BASE
DE REPERES TERRESTRES CHEZ LA FOURMI *CATAGLYPHIS
CURSOR* (HYMENOPTERA : FORMICIDAE)**

Stéphane Chameron & Guy Beugnon

*Laboratoire Ethologie et Psychologie Animale, UMR-CNRS 5550, Université
P. Sabatier, 31062 Toulouse cedex 4, France, Europe*

Résumé : Les modèles prédominants de navigation chez l'insecte insistent sur une représentation rétinotopique de l'espace. Afin de réaliser une étude critique de cette approche, qui devrait conduire à une utilisation rigide de l'espace, nous avons mis au point une méthodologie permettant de caractériser finement la phase de localisation d'un point non directement perceptible (site alimentaire ou nid). Nos résultats vont à l'encontre d'une interprétation purement rétinotopique, à laquelle nous préférons une approche alternative (Chameron et coll., 1997) basée sur la représentation des propriétés topologiques de l'espace.

Mots-clés : Représentation spatiale, modèle du *Snapshot*, localisation, rétinotopie, relations topologiques, méthodologie.

Nest and feeding site localisation using visual cues by the ant *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera: Formicidae)

Abstract: The main models for navigation in insects stress a retinotopic representation of space. We have developed a methodology to analyse finely the localisation phase of a non-perceptible point (a feeding site or a nest), so as to review the retinotopic approach, which should lead to a rigid use of space. Our results don't support a strictly retinotopic approach, but rather an alternative one (Chameron et coll., 1997) based on the representation of the topological characteristics of space.

Keywords: Spatial representation, Snapshot model, localisation, retinotopy, topological relationships, methodology.

INTRODUCTION

Les fourmis *Cataglyphis cursor* fourragent de façon solitaire, sans recrutement ni utilisation de pistes chimiques. Chaque ouvrière base principalement son comportement d'orientation sur des indices visuels, qu'ils soient célestes ou terrestres. Après des trajets d'approvisionnement pouvant aller jusqu'à une vingtaine de mètres (Lenoir et coll., 1990), elle doit retrouver l'emplacement de son nid, simple trou d'un à deux centimètres de diamètre. Si le trajet retour repose majoritairement sur un processus d'intégration du trajet coller, la localisation précise du nid se fait ensuite vraisemblablement grâce à l'utilisation de repères visuels terrestres.

Le mécanisme d'utilisation de ces repères fait l'objet de nombreuses études. Il constitue en effet l'une des clefs de voûte du système d'orientation chez l'insecte. Le modèle dominant aujourd'hui a été développé chez l'abeille par Cartwright et Collett (1982). Basé sur une représentation imagée, il propose que l'insecte mémorise depuis les endroits importants de son domaine vital (nid, site alimentaire) des "instantanés photographiques" (*snapshots*). Ces représentations seraient ensuite morcelées en plusieurs zones lors de l'analyse, à un niveau supérieur d'intégration, suivant leurs caractéristiques de contraste, de couleur, etc. Lors du retour au nid, l'insecte chercherait à apparier l'image mémorisée à l'image perçue, en temps réel, sur la rétine. Les derniers

développements de ce modèle insistent sur l'aspect rétinotopique du mécanisme (Judd & Collett, 1998) : l'insecte chercherait à retrouver pour chaque ommatidie une zone de caractéristiques identiques à celles mémorisées.

Si le principe d'appariement entre image mémorisée et image perçue est séduisant, et soutenu par de nombreuses expériences (pour une revue voir Collett & Zeil, 1997), le mécanisme sous-tendant cette action est encore obscur. Nous avons donc élaboré une méthodologie permettant de confronter des trajets réels de fourmis aux prédictions d'un modèle d'appariement rétinotopique.

MATERIEL ET METHODES

La recherche d'un appariement rétinotopique, entre la scène visuelle perçue et celle mémorisée, devrait avoir pour principale conséquence une certaine rigidité dans les trajets observés. Le modèle du *Snapshot* postule une règle de décision simple et itérative : à chaque instant l'insecte "calcule" la direction permettant une réduction optimale des différences entre les 2 images. Par conséquent, depuis un point donné de l'espace, l'insecte devrait toujours emprunter les mêmes routes (aux imprécisions près).

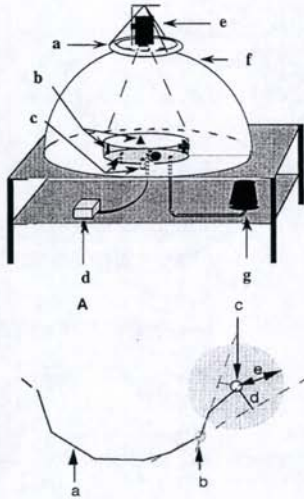


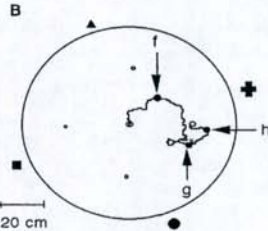
Figure 2. A. Méthode de détermination des points de rupture. (a) Trajet d'une fourmi. (b) Point de rupture. (c) But du déplacement (d) Distance entre la portion de trajet et le but du déplacement. (e) Précision recherchée. B. Exemple de points de rupture à différents degrés de précisions dans un trajet. (f) 15 cm. (g) 10 cm. (h) 5 cm.

Figure 2. A. Determination method for breakpoints. (a) Ant's path. (b) Breakpoint. (c) Goal. (d) Distance between a bit of a path and the goal. (e) Level of accuracy. B. Example of breakpoints for several levels of accuracy in a path. (f) 15 cm. (g) 10 cm. (h) 5 cm.

Les trajets des fourmis sont enregistrés par une caméra à l'aplomb de l'arène, puis analysés automatiquement par des logiciels développés à cet effet. Les "points de rupture" constituent un indice important pour décrire la structure des trajets. Ils

Figure 1. Dispositif expérimental. (a) Lumière circulaire. (b) Repères visuels. (c) Voies sans issue. (d) Site alimentaire. (e) Caméra. (f) Dôme de Plexiglas. (g) Nid.

Figure 1. Experimental set-up. (a) Circular light. (b) Visual cues. (c) Dead ends. (d) Feeding site. (e) Camera. (f) Plexiglas dome. (g) Nest.



correspondent aux points à partir desquels la direction du trajet est correctement orientée vers une zone de rayon donné autour du but du déplacement (Fig. 2A). Les différentes précisions présentées ici seront de 5, 10 et 15 cm. Le programme de détermination des points de rupture utilise un algorithme tolérant des déviations par rapport à cette règle, qui correspondent notamment, au niveau biologique, à des boucles dans les trajets. Un exemple de trajet observé est représenté, ainsi que les points de rupture déterminés, sur la figure 2B.

RESULTATS

La Figure 3 représente la cartographie des points de rupture obtenus pour les trajets aller et retour successifs de différents individus (pour une précision de 5 cm). De façon générale, les points se répartissent pour chaque fourmi sur des zones assez étendues tant à l'aller (localisation du site) qu'au retour (localisation du nid). Cela illustre la possibilité pour les fourmis d'utiliser des routes très distinctes et de localiser le nid et le site alimentaire depuis des endroits de l'arène d'où la perception des cibles est très différente.

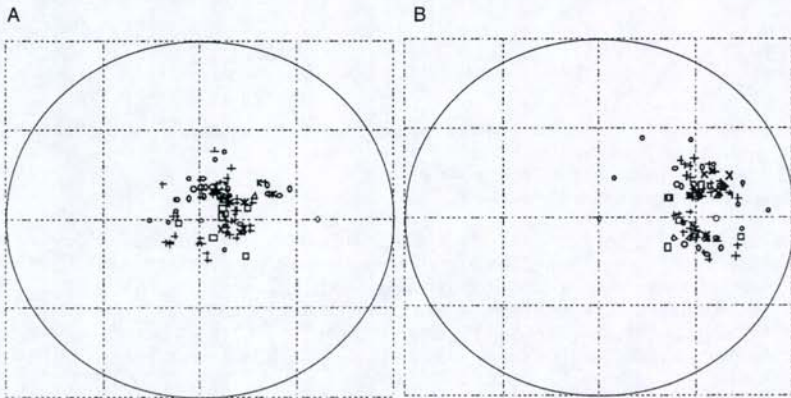


Figure 3. A Points de rupture pour les trajets aller de 6 fourmis (précision 5 cm). Chaque symbole représente une fourmi unique. B Points de rupture pour les trajets retour de 7 fourmis (précision 5 cm). Chaque symbole représente une fourmi unique.

Figure 3. A Breakpoints for outward paths for 6 ants (level of accuracy: 5 cm). Each sign is for a single ant. B Breakpoints for homing paths for 7 ants (level of accuracy: 5 cm). Each sign is for a single ant.

La répartition angulaire des points de rupture par rapport au but des déplacements met en évidence le fait que les fourmis n'approchent pas toujours celui-ci sous le même angle. La figure 4 représente l'exemple de la répartition angulaire des points de rupture, par rapport au nid, pour les trajets retour de la fourmi AG. La superposition des distributions pour 3 degrés de précision (15, 10 et 5 cm) montre que celles-ci sont de plus en plus diffuses autour du nid à mesure que l'insecte affine la localisation. Ce qui va à l'encontre d'un mécanisme rétinotopique, qui devrait conduire à l'inverse à une concentration des points autour de l'angle correspondant à celui sous lequel la scène a été mémorisée.

DISCUSSION

Nos résultats ne confortent pas une approche rétinotopique de la localisation du nid et du site alimentaire chez la fourmi *Cataglyphis cursor*. Si cette stratégie n'est pas

adoptée dans les conditions contrôlées et stable de nos expériences, on peut douter de sa pertinence dans l'environnement complexe et dynamique que constitue leur milieu naturel.

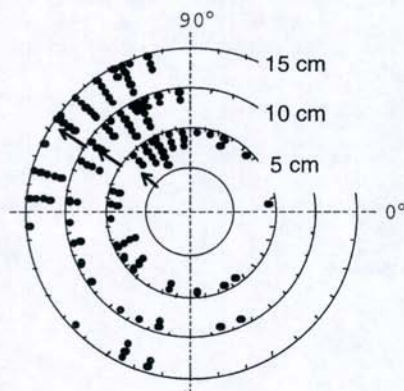


Figure 4. Exemple de distribution angulaire des points de rupture, par rapport au nid, pour une fourmi (42 trajets). Les cercles indiquent des précisions de 15, 10 et 5 cm.

Figure 4. Example of the distribution of angles, between the nest and the breakpoints, for a single ant (42 paths). Rings represent levels of accuracy of 15, 10 and 5 cm.

Sans nier l'importance d'une phase rétinotopique pour l'apprentissage des repères et les premiers trajets, nous concluons donc que les fourmis sont par la suite capables de dépasser un mécanisme strictement rétinotopique dans la localisation de leur nid (ou d'un site alimentaire). Un modèle basé sur les relations topologiques (reconnaissance de repères individualisés puis utilisation de leurs distances et positions relatives) nous paraît plus à même d'expliquer les résultats obtenus (Chameron et coll., 1997). Celui-ci, loin d'être opposé au modèle classique du *Snapshot*, pourrait au contraire en découler au cours de l'ontogénèse.

REFERENCES

- Cartwright B.A. and T.S. Collett, 1982. How honey bees use landmarks to guide their return to a food source. *Nature* 295 : 560-564.
- Chameron S., G. Beugnon and V. Fourcassié, 1997. Modes de représentation imagée chez l'insecte : l'exemple de *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera, Formicidae). In *Actes du XXIX Colloque de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal (SFCA)*, Mars 29-31, Albi, France, pp. 197-208.
- Collett T.S. and J. Zeil, 1997. The selection and use of landmarks by insects. In *Orientation and communication in arthropods* (ed. M. Lehrer), pp. 41-66. Basel, Boston, Berlin : Birkäuser.
- Judd S.P.D. and T.S. Collett 1998. Multiple stored views and landmark guidance in ants. *Nature* 392 : 710-714.
- Lenoir A., E. Nowbahari, L. Querard, N. Pondicq and C. Delalande, 1990. Habitat exploitation and intercolonial relationships in the ant *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera : Formicidae). *Acta Oecologica* 11 : 3-18.