

MODES DE NAVIGATION CHEZ UNE FOURMI NÉOTROPICALE : *GIGANTIOPS DESTRUCTOR*

Philippe CHAGNÉ, Cécile LACASSAGNE & Guy BEUGNON

Laboratoire d'Éthologie et Cognition Animale, FRE CNRS 2382,
Université Paul-Sabatier, 31062 Toulouse

Résumé: Les fourmis *Gigantiops destructor* parcourent régulièrement des routes familières lors de leurs déplacements. Afin de préciser la nature des informations spatiales utilisées lors du retour au nid par cette espèce de formicine, nous avons réalisé une série d'expériences en conditions de laboratoire (compensation d'un détour, rôle des repères visuels) et dans son milieu naturel en Guyane française (suivi de routes familières, masquage de repères visuels).

Mots-clés: *Compensation de détour, orientation, Gigantiops destructor, repères terrestres, navigation.*

Abstract: **Navigational mechanisms in a Neotropical ant: *Gigantiops destructor*.**

The ants *Gigantiops destructor* forage along familiar routes. The learning of such routes requires the acquisition of motor sequences and/or views of the surrounding landscape. Several experiments were performed both in the laboratory (detour compensation, use of visual landmarks) and in the field in French guiana (following of familiar routes, hiding of visual cues) to investigate which cues *Gigantiops destructor* ants use during their homing trips.

Key-words: *Detour compensation, orientation, Gigantiops destructor, landmarks, navigation.*

INTRODUCTION

Lors de leurs déplacements les insectes peuvent utiliser plusieurs modes de navigation. Ces mécanismes d'orientation peuvent être séparés en 2 catégories : les indices visuels ou non-visuels. Parmi ces derniers, on peut citer : les pistes chimiques (plus de 90% des espèces de fourmis y ont recours), le champ magnétique terrestre, la direction du vent (Wolf et Wehner, 2000), la gravité (Kermarrec, 1981).

Les indices visuels sont classiquement dissociés en repères célestes et terrestres (Able, 1980). La lune, les étoiles, la lumière polarisée ainsi que le soleil constituent des repères célestes. Ainsi, Wehner (1976) a montré que *Cataglyphis fortis* utilise la lumière polarisée lors du retour au nid. Grâce à ce compas céleste, les fourmis connaissent à tout moment la direction et la distance qui les séparent de leur nid (mécanismes d'intégration du trajet).

Gigantiops destructor présente un champ de vision quasi panoramique (300°). Elle peut donc *a priori* utiliser tous les repères terrestres présents dans son champ visuel

fronto-latéral. Certaines espèces de fourmis tropicales utiliseraient, en outre, des repères situés dans leur champ visuel dorsal. Hölldobler (1980) a ainsi démontré chez *Pachycondyla tarsata* (= *Paltothyreus tarsatus*) que la canopée peut être utilisée lors de la navigation.

Avant de réaliser une étude de l'apprentissage de formes chez *Gigantiops*, il a été nécessaire de s'assurer que cette espèce utilise bien des repères terrestres lors de ses déplacements orientés avant d'en préciser les caractéristiques fonctionnelles (utilisation dans les champs visuels fronto-latéraux ou dorsaux).

Au laboratoire, ces informations sont obtenues à partir d'expériences de compensation de détour et de lâchers effectués en présence ou en l'absence de repères terrestres placés dans les champs visuels frontal et dorsal de l'insecte. Sur le terrain, la perturbation des différents indices directionnels détectés au laboratoire nous permet d'en préciser les caractéristiques et de valider nos résultats sur le plan écologique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le modèle biologique

Gigantiops destructor est une fourmi néotropicale d'Amérique du Sud mesurant en moyenne 1 cm. Son aire de répartition se situe dans la zone comprise entre 10° nord et 10° sud, de part et d'autre de l'équateur (Wheeler, 1922). Chasseuse solitaire, elle ne recrute jamais, quelle que soit la source de nourriture et son abondance, et n'utilise pas de pistes chimiques (Beugnon et coll., 2000). Les yeux de *G. destructor* sont les plus importants parmi les 10000 espèces de fourmis répertoriées (Bolton, 1994). Ils occupent environ 1/3 du volume de la tête et possèdent 4000 ommatidies par œil (Gronenberg et Hölldobler, 1999). Tous ces caractères uniques laissent penser que *Gigantiops destructor* pourrait être un modèle biologique bien adapté à l'étude de la cognition spatiale visuelle.

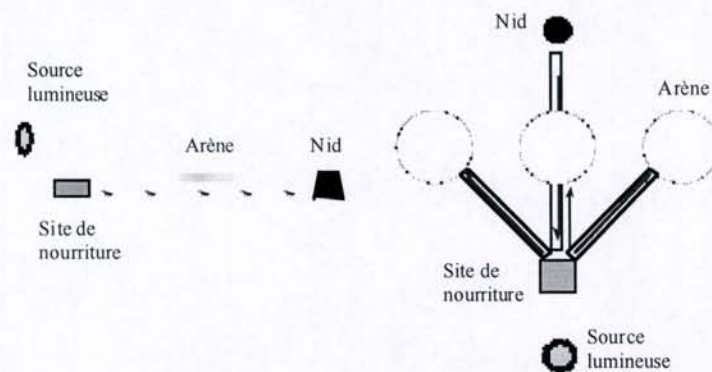


Figure 1. Dispositif expérimental utilisé pour les expériences de compensation de détour en laboratoire. À gauche : vue en coupe du tunnel aller ; à droite : vue de dessus des trois emplacements des arènes où sont relâchées les fourmis après capture à la sortie du tunnel de retour (placé soit au-dessus du tunnel aller soit dévié à sa gauche ou à sa droite).

Experimental set-up used during detour experimentation in the lab. On the left: cross section of the tunnel; on the right: above view of the three positions of the arena release site after capture of the ants at the end of the return maze.

Compensation de détour

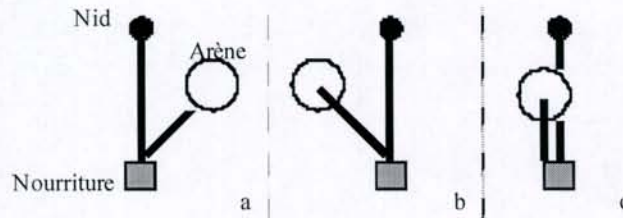
Une colonie d'environ 200 individus est entraînée à se déplacer librement dans un tunnel de 1,5 m de long. Ce tunnel aller relie le nid au site de nourriture, derrière lequel est placée une lampe halogène de 150 W à 1,5 m de hauteur. Cette lampe joue le rôle de repère céleste. Tous les objets de la pièce (étagè-

res, mobilier, etc) ainsi que les poutrelles en bois du plafond (5 tasseaux parallèles, de 8 cm de large et 4 m de long, espacés l'un de l'autre de 50 cm) peuvent être utilisés comme des repères visuels terrestres. Les fourmis retournant au nid sont déplacées dans un autre tunnel disposé au dessus du tunnel aller. L'orientation variable de ce tunnel retour permet de dévier le trajet des fourmis (Dispositif Fig. 1).

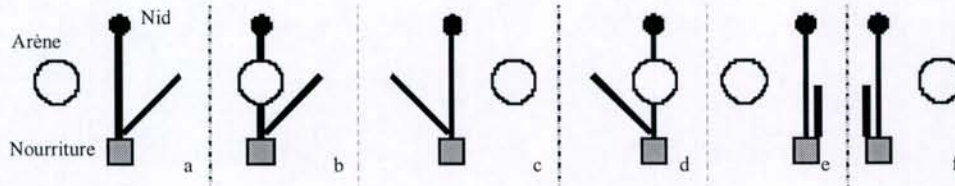
A la sortie du tunnel retour, la fourmi est placée au centre d'une arène. La direction de fuite prise par la fourmi est notée une première fois à 10 cm puis à 20 cm du centre de l'arène. La nature des parois de l'arène ainsi que sa position sont modifiées en fonction des expériences.

Chaque série expérimentale est réalisée après avoir effectué les déviations suivantes : tunnel retour dévié de 45° à gauche, tunnel retour dévié de 45° à droite, tunnel retour parallèle au tunnel aller. Les directions sont indiquées en prenant comme référence l'axe nourriture - nid.

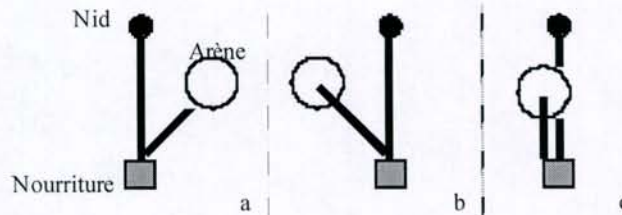
Expérience 1 : Le bord de l'arène est transparent ($h = 5$ cm). L'arène est placée directement à l'extrémité du tunnel retour selon les 3 configurations suivantes :



Expérience 2 : La même arène que celle de l'expérience 1 est placée selon les 6 configurations suivantes indépendantes de la position du tunnel retour :



Expérience 3 : Le bord de l'arène est opaque ($h = 20$ cm). L'arène est placée, comme dans l'expérience 1, à la fin du tunnel retour selon les configurations suivantes :



Sur le terrain

Les études ont été menées en Guyane française, près du barrage de petit Saut, durant le mois de juillet 2000. Le site d'étude se trouve en lisière à l'intérieur de la forêt primaire.

- Dans un premier temps, le travail a consisté en un relevé des routes spontanées empruntées par les fourrageuses. Chaque fourmi a été marquée et son ou ses trajets journaliers relevés.
- Dans un deuxième temps, deux types de perturbations ont été introduits lors du retour effectué après un après trajet aller actif de la fourmi :

Expérience 4 : Un écran frontal (dimension : 1,5 m x 1,5 m), placé sur le trajet retour d'une ouvrière, masque la végétation en direction du nid sans gêner la vue des repères terrestres présents sur les côtés.

Expérience 5 : Durant le trajet retour, un écran dorsal (1.5 m x 1 m), maintenu au-dessus de la fourmi (à environ 50 cm au-dessus), masque la vue de la canopée surplombant la totalité du trajet retour. Les repères terrestres disposés dans les champs visuels frontal et latéral sont perceptibles.

Dans les deux cas, le trajet retour de la fourmi est relevé.

RÉSULTATS

Compensation de détour au laboratoire

Expérience 1 : Les lâchers sont effectués directement à l'extrémité des tunnels retours empruntés par les fourmis. Les 90 fourmis testées s'orientent significativement dans la direction du nid. A titre d'exemple, la figure 2a. présente les résultats obtenus dans le cas d'une déviation forcée de 45° à droite du retour habituel. Pour un relevé des directions de fuites effectué à 10 cm du centre de l'arène, le vecteur moyen a un angle de 289° (direction théorique : 315°) et une longueur de 0.58. Pour le relevé effectué à 20 cm, ces valeurs sont respectivement de 288° et 0.53.

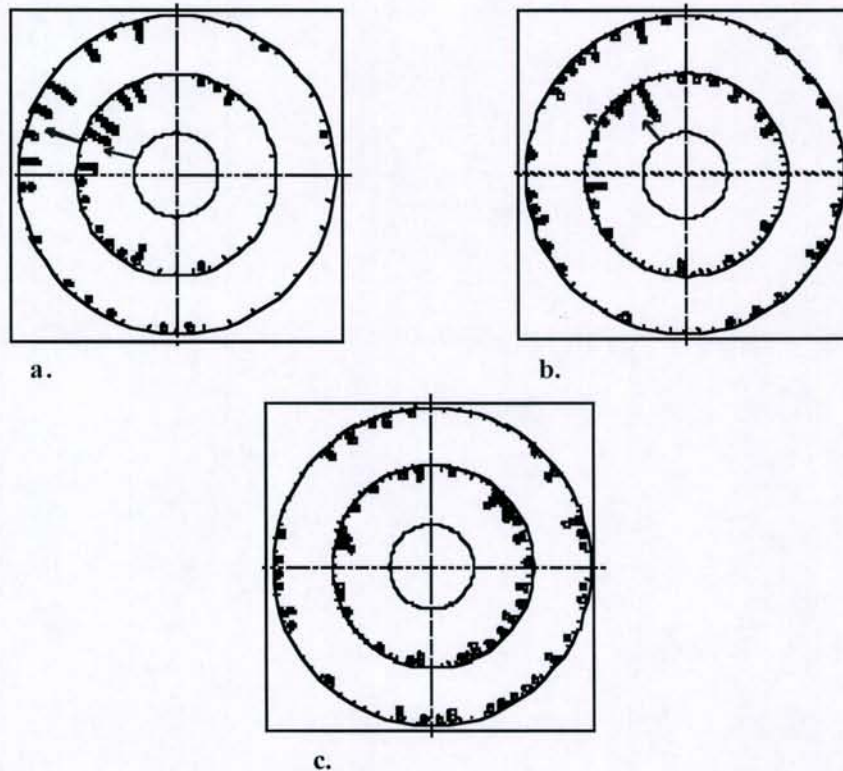


Figure 2. Directions de fuite après un détour forcé sur la droite du retour habituel. Chaque point correspond à une fourmi. Le premier cercle est la direction relevée à 10 cm, le second à 20 cm. a. Expérience 1 ; b. expérience 2 ; c. expérience 3.

Escape directions after a forced detour on the right side of the normal return path. Each dot indicates the position of a single ant. First circle is the direction at 10cm, the second at 20 cm. a. experiment 1 ; b. experiment 2 ; c. experiment 3. Inner and outer circle respectively stand for observed flight distributions after 10 and 20 cm

Expérience 2 : Les 30 fourmis relâchées dans les arènes en différents endroits de la pièce expérimentale s'orientent dans la direction du nid, indépendamment de la direction de la déviation imposée lors de leur trajet retour, malgré de faibles valeurs du vecteur moyen (322° ; 0,44 à 10 cm et 300° ; 0,25 à 20 cm). La figure 2b est obtenue à partir des résultats obtenus lorsque le tunnel retour est parallèle au trajet aller et que le lâcher est effectué dans l'arène placée à 1,5 m sur la droite (direction théorique : 315°).

Expérience 3 : Les lâchers sont effectués, à l'extrémité des tunnels retours empruntés par les fourmis, dans des arènes dont les parois opaques masquent la vue des repères situés dans le champ visuel horizontal des fourmis (frontal et latéral). Sur les 120 fourmis testées, aucune orientation préférentielle n'apparaît (Fig. 2c), les longueurs du vecteur moyen étant proches de zéro (0,08 à 10 cm, 0,07 à 20 cm).

Dans chacune de ces trois expériences, toutes les configurations de déviation du tunnel retour (déviation parallèle, à droite ou à gauche du tunnel aller) ont été testées.

Sur le terrain

Expérience 4 : L'utilisation d'un écran frontal masquant la vue des repères visuels terrestres lors trajet retour perturbe grandement l'itinéraire suivi par la fourmi (Fig. 3b). La durée du trajet (13 min. 45 s.) est 4,5 fois supérieure à celle du trajet contrôle (3 min.). La trajectoire décrite change devant l'écran, la fourmi faisant plusieurs aller-retour avant de contourner l'obstacle. Une fois l'obstacle franchi, l'ouvrière reprend un itinéraire dont la rectitude est comparable à celle d'un trajet contrôle (Fig. 3a, b).

Expérience 5 : Lorsqu'un écran dorsal est déplacé au dessus de la fourmi tout le long de son trajet retour, le parcours décrit est similaire à celui du trajet contrôle (Fig. 3c). La trajectoire est parallèle et seule la durée du parcours est un peu affectée en passant à 5 min. au lieu de 3 min.).

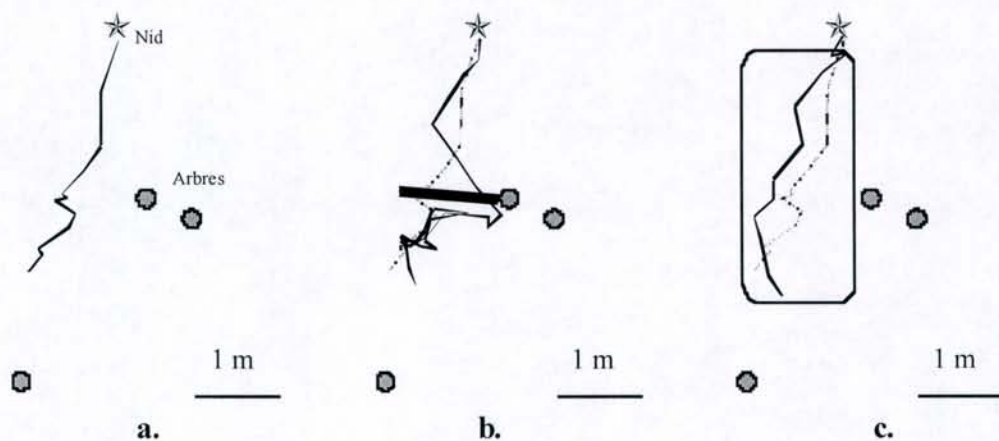


Figure 3. Trajet familier d'une fourmi. a. trajet retour habituel ; b. trajet retour avec perturbation frontale - l'obstacle est figuré par la barre noire ; c. trajet retour avec perturbation dorsale - l'écran dorsal est représenté par le rectangle. Le trajet habituel est rappelé en b. et c. par des pointillés.

Ants' daily usual path. a. control path; b. path with frontal screen; c. path with dorsal screen.

DISCUSSION

Après une déviation forcée au laboratoire, les fourmis vont utiliser préférentiellement les repères visuels terrestres présents dans la pièce d'expérimentation pour localiser la position de leur nid (exp. 1, 2). Il semble donc que l'information directionnelle fournie par l'ampoule ne soit pas utilisée par les fourmis pour estimer, à chaque instant de leur parcours, la valeur correspondante du vecteur d'intégration de leur trajet aller (direction et distance les séparant exactement du nid). Cependant, il est possible que dans nos conditions expérimentales, les fourmis ne considèrent pas la lumière de l'ampoule comme un repère céleste, en raison de son déplacement relatif trop important comparé à celui d'un astre distant, mais l'utilisent plutôt comme un repère terrestre. Dans ce cas, il est alors probable que la source de lumière serve simplement à indiquer la direction de retour à l'opposé de l'axe nid-nourriture.

Plusieurs travaux effectués sur des fourmis tropicales indiquent que certaines espèces peuvent utiliser les repères terrestres présents dans leur champ visuel dorsal, comme la canopée, afin de s'orienter (Hölldobler, 1980 ; Oliviera et Hölldobler, 1989). L'absence de perturbation dans la trajectoire décrite lors d'un retour au nid, accompli en présence d'un écran dorsal dans le milieu naturel de *G. destructor* (exp. 5), et la distribution aléatoire des directions de fuite obtenues au laboratoire, lorsque les lâchers sont réalisés dans une arène aux parois opaques ne laissant accessible que la vision des repères situés au plafond (exp. 3), montrent que *Gigantiops* ne semble pas utiliser prioritairement ces repères terrestres présents dans le champ visuel dorsal.

En revanche, *G. destructor* est fortement perturbée dans son retour au nid après masquage des repères situés dans son champ visuel frontal. La vue des repères présents latéralement au déplacement de l'insecte sur le terrain (exp.4) ne suffit pas à le guider dans la direction de son nid.

Dans le but de mieux appréhender les mécanismes de navigation spatiale chez *G. destructor*, et notamment le rôle éventuel des repères célestes en milieu naturel, il sera nécessaire de poursuivre l'étude de l'utilisation de ces repères visuels lors du retour au nid et lors de la recherche de nourriture (foraging), aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.

REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissants envers Philippe Cerdan (HYDRECO, Laboratoire Environnement de Petit-Saut, BP823, 97388 Kourou Cedex) pour son accueil dans les locaux du laboratoire, et Mathias Beugnon pour son aide sur le terrain. Les fonds pour ces travaux sont fournis par "CEE ERBCHBICT 94" et "Programme Cognitique : Cognition spatiale 1999".

RÉFÉRENCES

- Able, K.P., 1980. Mechanisms of orientation, navigation and homing. In: *Animal Migration, Orientation and Navigation* (S.A. Gauthreaux Jr, Ed.), Academic Press, New-York. pp. 288-373.
- Beugnon, G., P. Chagné and A. Dejean, 2000. Is *Gigantiops destructor* (Formicidae: Formicinae) a relic ant species? (soumis pour publication).

- Bolton, B., 1994. *Identification Guide to Ant Genera of the World*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 224 pp.
- Bolton, B., 1995. *A New General Catalogue of the Ants of the World*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 504 pp.
- Gronenberg, W. and B. Hölldobler, 1999. Morphologic representation of visual and antennal information in the ant brain. *J. Comp. Neurol.* 412: 229-240.
- Hölldobler, B., 1980. Canopy orientation: a new kind of orientation in ants. *Science* 210: 86-88.
- Kermarrec, A., 1981. Sensibilité à un champ magnétique artificiel et réaction d'évitement chez *Acromyrmex octospinosus*. *Insectes soc.* 28: 40-46.
- Oliveira, P.S. and B. Hölldobler, 1989. Orientation and communication in the Neotropical ant *Odontomachus bauri* Emery (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae). *Ethology* 83: 154-166.
- Wehner, R., 1976. Polarized-light navigation by insects. *Sci. Am.* 235: 106-114.
- Wheeler, W.M., 1922. Observations on *Gigantiops destructor* Fabricius and other leaping ants. *Biol. Bull.* 42: 185-201.
- Wolf, H. and R. Wehner, 2000. Pinpointing food sources: olfactory and anemotactic orientation in desert ants, *Cataglyphis fortis*. *J. Exp. Biol.* 203: 857-868.