

ARTICLE ORIGINAL

Un mode d'interaction particulier est indispensable pour le travail social chez *Formica polyctena*¹

par
Rémy CHAUVIN²

SUMMARY : Ants (*F. polyctena*) use a peculiar interaction type in social works.

I trained ants (*Formica polyctena*) to carry some little wood pieces through a simple maze, close to their ant nest. They do it easily but I was unable to observe any learning. The total time necessary to carry wood till the exit remains almost the same after many task replications.

A lot of ants stay around maze entry, going in and out without any apparent order, showing a great agitation. If a large enclosure is disposed around the maze, leaving a 'copious ant team inside, general activity and wood carrying ceases almost immediately.

A certain type of communication, probably tactile, but not exclusively, is apparently essential between ant teams inside and outside the enclosure for carrying wood in the maze, even if ants close to the exit do not seem to communicate visibly with ant teams at the other extremity, close to the wood pieces.

Introduction

J'ai déjà eu l'occasion, il y a longtemps (1964), d'étudier l'apprentissage collectif des fourmis dans un labyrinthe. Le labyrinthe, très simple, était placé sur une des pistes principales d'une fourmilière, dans la nature. Un système de chicanes forçait les fourmis quittant le nid à le parcourir ; il présentait quelques culs de sac qui allongeaient inutilement le trajet. Dans ces conditions on constate que les fourmis qui s'engagent dans ces culs de sac sont de moins en moins nombreuses avec le temps. Si alors on transporte le labyrinthe sur un autre site, les entrées dans les culs de sac remontent au taux initial (on sait que les fourmis sont très fidèles à leurs pistes et que celles qui fréquentent une autre piste sont obligatoirement des fourmis différentes (CHAUVIN, 1964).

Le but du présent travail est différent et rentre plutôt dans le cadre des nombreux travaux que j'ai consacrés au transport des matériaux chez les fourmis (CHAUVIN, 1964-1975).

¹ Manuscrit reçu le 22 février 1994 ; accepté le 10 mai 1994.

² Professeur honoraire à la Sorbonne, Le Château, F-18380 IVOY LE PRÉ, France.

Matériel et méthodes

J'opère sur une très grande fourmilière de huit mètres de long (décrite ailleurs, CHAUVIN, 1992) qui renferme de trois à cinq kilogrammes de fourmis soit de 300 000 à 500 000 ouvrières. Ces populations se rapprochent sensiblement des populations trouvées dans la nature. J'ai constaté jadis que pour qu'une fourmilière de *polyctena* soit active, il faut qu'elle soit très peuplée, autrement les fourmis sont apathiques. Elles avaient construit un dôme dans le monde extérieur situé au-dessus du compartiment vertical destiné à l'hibernation (voir CHAUVIN, 1990) ; j'ai d'ailleurs constaté par hasard qu'elles incorporaient très volontiers au dôme de brindilles du coton hydrophile si bien que la moitié au moins de l'édifice finit par en être constitué ! Le labyrinthe (voir **fig. 1**) était placé à vingt centimètres du dôme dans une zone d'excitation intense.

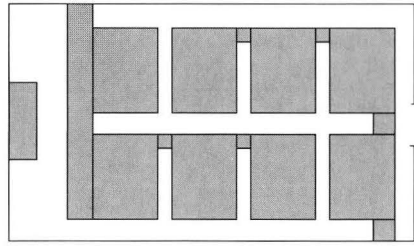


Fig. 1. Le labyrinthe le plus utilisé dans ces expériences.

Comment s'opère le parcours ?

Si le labyrinthe est laissé devant la fourmilière, les fourmis y pénètrent rarement ; placer de la nourriture au fond de l'appareil en guise de récompense n'a aucun effet : on sait d'ailleurs que chez les insectes (à part l'abeille et la guêpe, WEISS, 1953) la nourriture n'excite pas suffisamment la motivation des sujets qui doivent parcourir un labyrinthe. Par contre, j'ai montré (1971) la disposition de *F. polyctena*, qui est une grande bâtisseuse, à transporter des brindilles et notamment des allumettes qui ont le mérite d'être assez précisément calibrées : j'ai donc disposé au fond du labyrinthe, une dizaine de fragments d'allumettes dont la longueur équivalait au quart d'une allumette ; les fourmis exploratrices qui pénètrent dans l'appareil saisissent aussitôt les brindilles et les sortent du labyrinthe pour les déposer sur le dôme. Cela se produit dans tous les cas et rapidement : il n'y a pas d'exception dans les conditions que je viens de décrire ; j'ai pensé évaluer l'opération **par le temps que mettent les fourmis à sortir du labyrinthe les dix fragments d'allumettes** (les « pièces »).

J'ai essayé une dizaine de labyrinthes différents ; les uns sont trop faciles en ce sens que les pièces sont sorties en une dizaine de minutes ; les autres plus difficiles, car la même besogne demande deux ou trois heures. Le labyrinthe que j'ai surtout utilisé permet aux ouvrières de sortir les pièces en une heure environ, laps de temps commode pour l'expérimentateur. Près de 2000 pièces ont été transportées en près de 180 expériences du 18/4 au 30/9 1993.

Les résultats

Y a-t-il apprentissage ?

C'est la question que j'ai dû me poser au bout de quelques semaines d'expérimentation continue ; c'est qu'en effet, quel que soit le labyrinthe, les fourmis le franchissent toujours du premier coup, en un certain laps de temps. Mais si l'on répète les observations sans interruption en remplaçant les brindilles dès qu'elles sont enlevées, *ce temps reste à peu près le même*. Et s'il est possible de trouver des variations, elles paraissent tenir surtout aux conditions externes, température et luminosité en particulier.

Comportement des fourmis dans le labyrinthe

J'ai pu le suivre individuellement car dans les conditions de l'expérience, il n'y a souvent qu'une dizaine de fourmis dans l'appareil ; ce comportement paraît absolument aléatoire, comme bien des auteurs et moi-même l'avons signalé chez les fourmis transporteuses : l'une prend une brindille, lui fait franchir la moitié du labyrinthe, puis rebrousse chemin avec sa charge, ou bien l'abandonne ; une autre fourmi s'en saisira et se comportera de la même façon ; toutefois les retours en arrière sont nuls quand les fourmis chargées sont arrivées dans la dernière allée du labyrinthe qui mène à la sortie. La seule chose certaine c'est que a) les fourmis pénètrent dans le labyrinthe et vont chercher les pièces dans la chambre terminale et b) refont le même chemin en sens inverse en portant les pièces vers la sortie.

Un problème du comportement des fourmis porteuses

Il paraît évident qu'il doit exister un rapport entre le nombre des fourmis en action dans le labyrinthe et le nombre de pièces qui s'y trouvent ; mais contrairement à ce que j'attendais j'ai été incapable de mettre en évidence une corrélation bien nette entre ces deux variables : on ne peut même pas dire que le nombre de brindilles excite les ouvrières à se mettre plus nombreuses à la tâche.

Cela me rappelle les conclusions d'un travail où je mesurais la force de traction d'un groupe de fourmis tirant des abeilles mortes vers le nid. Ici, une nette progression du nombre des tractrices suivant le *volume* de la proie peut être observée, *mais non pas suivant son poids* : je m'en suis assuré en surchargeant la proie indirectement à l'aide d'un dispositif simple. Lorsqu'il s'agit de matériaux de construction, comme les fragments d'allumettes, les lois de l'activité ne sont pas régies par le volume du bois à transporter : 10 pièces n'attirent pas plus de fourmis que deux ou trois.

C'est-à-dire que très bizarrement *ce n'est pas la grandeur du travail à accomplir qui règle le nombre de fourmis à la tâche* : dans le cas d'une proie, c'est la taille ou si l'on veut le volume de la proie qui amène davantage de fourmis au travail mais non le poids : dans le cas des matériaux de construction, la motivation de traction est bien plus faible que pour les proies (CHAUVIN, 1971) : ils seront enlevés sans doute mais à une cadence assez régulière quelle que soit

leur abondance (il n’y aura pas beaucoup plus de fourmis qui travailleront parce qu’il y a beaucoup de bois à transporter : la tâche sera accomplie à la même cadence).

Tableau :

Rapport entre le nombre de pièces et le nombre de fourmis dans le labyrinthe.

1 pièce :	17 / 20 / 13 = 50
2 - :	15 / 25 = 40
3 - :	21 / 13 / 11 / 7 / 3 = 55
4 - :	22
5 - :	21 / 3 / 5 = 29
6 - :	6 / 9 / 10 / 9 / 4 / 7 / 2 = 47
7 - :	13 / 8 / 13 / 27 = 61
8 - :	17 / 24 / 15 / 14 / 7 / 10 = 87
9 - :	
10 - :	12 / 17 / 5 / 5 / 9 = 48

Les nombres séparés par des traits inclinés correspondent à des expériences successives où l’on a présenté à chaque fois aux fourmis le nombre d’allumettes indiqué dans la colonne de gauche.

Les mêmes fourmis sont-elles au travail d’un essai à l’autre ?

Je n’ai pu répondre encore à cette question car prélever les fourmis au travail entraîne une grosse perturbation. Mais la question est peut-être inutile : pendant toute l’expérience, les entrées et sorties du labyrinthe sont intenses (**fig. 2**) : **il y a bien plus d’activité à la sortie** qu’auprès des brindilles. Cela n’exclut pas toutefois la possibilité que ce soient malgré tout les mêmes équipes qui se spécialisent dans cette tâche. De toute façon, comme je l’ai dit, on ne voit aucune amélioration pouvant faire conclure à un apprentissage.

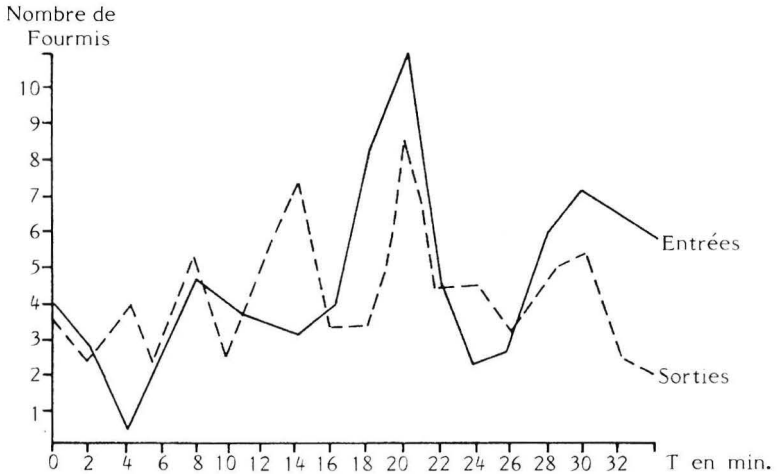


Fig. 2. Les entrées et sorties mesurées toutes les deux minutes à l’entrée du labyrinthe : beaucoup de sorties s’accompagnent de retours en arrière presque immédiats. On a compté 178 entrées et 155 sorties, ce qui, compte tenu de la difficulté des mesures, représente des chiffres sensiblement égaux.

Le rôle des obstacles

De toute façon, pour conclure à un apprentissage classique, il eût été nécessaire de s'assurer que c'étaient toujours les mêmes fourmis qui travaillaient dans le labyrinthe. Il aurait fallu pour cela emporter à l'écart le labyrinthe avec les fourmis en train d'y travailler et les isoler de leurs congénères : *je n'ai pu y parvenir, parce que l'activité des ouvrières décroît alors d'une manière si considérable que l'expérience n'est plus possible*. J'ai essayé différents procédés pour isoler les équipes au travail : les entourer de parois opaques ou non, de verre, de fer, d'aluminium, de bois, de toile métallique ; les exhausser sur un support que les fourmis ne peuvent escalader (il était enduit d'un répulsif) ou plus simplement les séparer de la fourmilière à l'aide d'une seule lame verticale de verre.

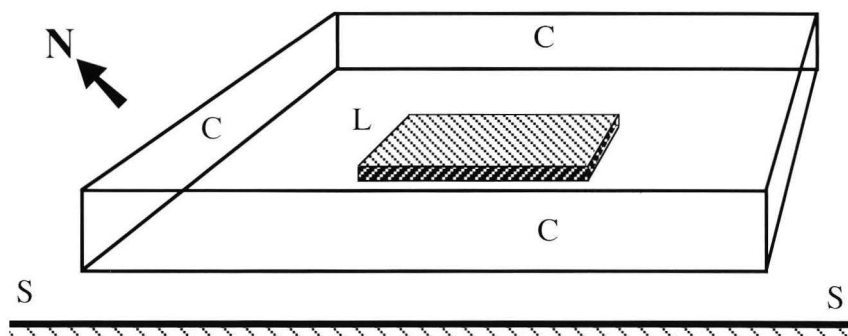


Fig. 3. La disposition des expériences. S, plan du monde extérieur ; N, direction du nid ; C, clôture en verre, toile métallique ou en bois, avec couvercle ou non ; L, labyrinthe : noter qu'il existe un large espace entre le labyrinthe et la clôture, où beaucoup de fourmis peuvent être coupées du monde extérieur.

Dans tous les cas, l'effet est très frappant, l'équipe de fourmis enfermée dans et autour du labyrinthe voit son activité baisser dans des proportions considérables, allant parfois jusqu'à une quasi immobilité ; le travail autour des pièces à transporter cesse aussitôt.

Mais ce qu'il est facile d'apprécier c'est l'arrêt brutal des interactions dans l'équipe de fourmis (parfois nombreuse) qui se trouve enfermée avec le labyrinthe ; alors qu'à l'extérieur de l'enceinte, ces interactions ne baissent pas sensiblement. Puis l'activité reprend faiblement, mais elle se ralentit au bout d'une heure jusqu'à devenir nulle.

Les interactions

L'activité des fourmis est si frénétique qu'il est impossible de les observer individuellement ; cependant j'ai pu y parvenir plus ou moins à certains jours d'été où la température baissait jusqu'à 18° : il devient possible d'opérer une estimation grossière de ces interactions : la plus caractéristique c'est l'interaction antennaire décrite par de nombreux auteurs : deux fourmis s'arrêtent et

leurs antennes s'entrecroisent en vibrant rapidement : il s'agit d'une sorte de « langage tactile » que MONTAGNER a déchiffré d'abord chez les guêpes (1971). Mais ces interactions, mesurées à l'intérieur d'un cercle de quinze cm de diamètre, ne forment que 40 % du total ; on observe aussi souvent des arrêts plus ou moins brusques quand une ouvrière passe à proximité ; les collisions ne sont pas fréquentes, mais elles existent.

Je n'ai pas été à même de faire de ces interactions une étude suffisamment précise, qui n'aurait pu être réalisée qu'en marquant les fourmis individuellement, comme on l'a déjà fait sur des colonies moins nombreuses d'autres fourmis : sur les énormes populations de *polyctena* ce serait certainement difficile.

Mais *ce qu'il est par contre facile d'apprécier c'est l'arrêt brutal* des interactions quand on interpose un obstacle, quelle qu'en soit la nature. Cet arrêt peut durer plus de dix minutes ; il touche la majorité de fourmis présentes autour du labyrinthe ; l'activité ne reprend que progressivement, mais elle se ralentit en une heure jusqu'à devenir à peu près nulle.

Les interactions et le maintien du seuil d'activité minimum

Comment expliquer cet arrêt brutal de l'activité lorsqu'un groupe de fourmis est séparé de l'ensemble de la population ? Rappelons que le phénomène est très net et *ne souffre aucune exception* même si l'on prend toutes sortes de précautions pour placer l'enceinte close autour du labyrinthe : or cette enceinte est large et dépasse de beaucoup la surface du labyrinthe ; elle englobe par conséquent un nombre considérable de fourmis. Comment se rendent-elles compte qu'elles sont séparées de l'ensemble de la population ? Ce ne peut être à l'aide de la vue car une enceinte transparente produit exactement le même effet ; ni à l'aide de l'odorat, car les enceintes sont la plupart du temps ouvertes vers le haut, et y mettre un couvercle hermétiquement clos ne change rien au phénomène. D'autre part une enceinte de toile métallique (toile de garde - manger) qui ne supprime ni les stimuli optiques ni les olfactifs, ni les auditifs s'il en existe, provoque exactement la même perturbation.

Il ne reste plus qu'une espèce de stimuli, ceux du genre tactile, puisque je viens de signaler que les interactions tactiles étaient très fréquentes et pour ainsi dire continues.

Le problème n'est cependant pas tout à fait résolu. En effet, je répète que l'enceinte posée autour du labyrinthe emprisonne de très nombreuses fourmis : rien ne les empêcherait apparemment de continuer leurs interactions tactiles ? Pourquoi donc les arrêtent-elles aussi subitement ? Je pense qu'il faut qu'elles viennent de toutes les directions uniformément et que c'est l'interruption brutale des interactions du côté de la paroi de l'enceinte qui introduit une anisotropie dans les excitations ; c'est ce qui déclenche sans doute le blocage de l'activité. Il produit au bout de très peu de temps la désertion complète des fourmis dans le labyrinthe, même si elles étaient occupées à une intense activité de transport... *Cette activité particulière qu'on désigne si justement sous le nom de « fourmillement », ces rencontres tactiles continues entre les robots que sont les fourmis seraient donc une condition du maintien de l'activité qui exige des stimuli externes continus, mais d'un certain ordre venant des fourmis elles-mêmes.*

J'ajouterais que j'avais déjà observé un phénomène du même type (CHAUVIN et JANIN, 1975). Ici la tâche que devaient accomplir les fourmis consistait à extraire des pailles assez longues plantées verticalement dans un support où elles reposaient sans frottement ; le travail est ici très particulier, parce qu'il implique une sorte d'entraide, une fourmi ne pouvant accomplir cette tâche à elle seule [mais il ne s'agit pas réellement d'entraide (CHAUVIN, 1971)]. Les fourmis me semblaient excitées par l'agitation des pailles que leurs voisines cherchaient à extraire, j'ai essayé de réduire cette source possible d'excitation en interposant un croisillon de bois. Il s'est produit alors un phénomène que j'ai imparfaitement compris à l'époque : si le croisillon est posé sur le sol, l'activité des fourmis baisse brusquement : si on le soulève d'un centimètre au-dessus du sol, l'activité au contraire reste normale, bien que les ouvrières ne voient plus les pailles voisines en train de s'agiter ... Il s'agissait ici très probablement du même phénomène que je viens d'étudier : le croisillon posé sur le sol arrête ces interactions continues dont l'influence est si forte sur l'activité : ce que je n'avais pas compris à l'époque.

Y a-t-il une orientation d'après des repères extérieurs ?

La question peut paraître singulière ; mais deux faits bizarres la rendent inévitable. On sait depuis longtemps que dans la nature, les *polycytena*, dont la vue n'est pas mauvaise, s'orientent d'après des repères visuels. Et HENQUEL a démontré de plus qu'il existait bien une orientation d'après une trace odorante, alors que cela avait été mis en doute par plusieurs auteurs.

Mais a) s'il existe une phéromone de trace déposée par les fourmis dans les conditions de l'expérience, comment se fait-il qu'au cours des expériences répétées plusieurs fois de suite avec le même labyrinthe, on n'observe aucune amélioration des parcours ? Cependant d'autres expériences, en nombre insuffisant, montrent que dans des labyrinthes laissés quelques minutes ouverts en présence des fourmis, et recouverts immédiatement d'une foule d'ouvrières, qui laissent certainement des traces, les ouvrières sortent plus rapidement les pièces que dans un labyrinthe rincé avant chaque expérience à l'eau chaude, à l'alcool et à l'hexane.

b) s'il existe des repères extérieurs, ils ne doivent pas être de nature visuelle car 1° le labyrinthe recouvert entièrement d'un écran noir, qui ne laisse libre que l'ouverture de l'appareil, ne montre aucune différence avec les labyrinthes normaux : les pièces en sont extraites tout aussi rapidement, 2° une autre expérience donne des résultats plus singuliers : pendant trois jours j'ai changé systématiquement à chaque essai l'orientation du labyrinthe par rapport à la fourmilière ; je m'attendais à de grosses perturbations : *je n'en ai vu aucune*.

Cela ne vaut que pour les repères *extérieurs*. Restent les repères *intérieurs* car les fourmis ont toutes parcouru le labyrinthe *au moins une fois, quand elles y sont entrées et y ont trouvé les pièces de bois*. Il faut donc admettre qu'elles peuvent, en emportant des pièces, retracer plus ou moins bien (il y a de très nombreuses hésitations et retours en arrière) le parcours déjà accompli à l'aller.

Ceci expliquerait au moins le fait bizarre qu'elles traversent sans paraître troublées un labyrinthe dont l'orientation varie dans tous les sens par rapport à la fourmilière. Il ne serait pas impossible de construire un labyrinthe où le sens du retour différerait du sens de l'aller : cela devrait introduire une grosse perturbation.

Le « fil d'Ariane »

Je citerai pour terminer une expérience assez curieuse : les *polyctena* ont tendance à s'agripper à un brin de laine ou de fil et à le tirer vers la fourmière surtout quand un morceau de bois y est attaché. J'ai donc placé un peloton de fil très peu serré dans le compartiment terminal du labyrinthe en laissant une extrémité bien en évidence à la portée des fourmis. A condition d'attendre 15 à 16 heures, on voit les fourmis tirer alors le fil jusqu'à la sortie : et il matérialise alors le trajet le plus court, car elles le tirent sans arrêt ; mais avant la fin, leurs hésitations sont marquées par les multiples boucles que fait le fil dans les culs de sac.

RÉSUMÉ

Les fourmis (*F. polyctena*) peuvent aller chercher des pièces de bois au fond d'un labyrinthe simple et en sortir en retraçant au retour le chemin de l'aller.

On ne peut localiser une équipe déterminée, les ouvrières paraissant changer plus ou moins complètement à chaque fois sans qu'il soit possible d'isoler une équipe.

Dans ces conditions on ne peut parler d'apprentissage et l'on ne voit aucun progrès au cours de ces essais successifs.

Un taux élevé d'excitation moyen paraît nécessaire : il se maintient à **l'entrée du labyrinthe** entre ouvrières entrantes et sortantes, en dehors même du transport des pièces de bois.

Ces contacts dépendent eux-mêmes de ce que l'accès à l'extérieur et au nid est libre ; tout écran qui s'oppose à la communication des équipes autour du labyrinthe avec le reste des fourmis arrête plus ou moins complètement le transport des pièces.

En dehors de ces contacts multiples qui paraissent indifférenciés, il ne semble pas qu'il existe une communication plus précise ni une quelconque organisation du travail.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAUVIN R. (1964). — L'apprentissage par équipe du labyrinthe chez la fourmi rousse *Formica polyctena*. *Ins. Soc.*, **11** : 1-20.
- CHAUVIN R. (1969). — Le recrutement et l'effort de traction d'une proie dans les équipes de *Formica polyctena*. *Rev. Comp. Anim.*, **3** : 50-54.
- CHAUVIN R. (1971). — Contribution à l'étude de l'ergonomie chez les fourmis : les lois du transport des matériaux de construction. *Rev. Comp. Anim.*, **5** : 95-102.
- CHAUVIN R. (1975). — La motivation de traction chez *Formica polyctena*. *Ins. Soc.*, **21** : 157-162.
- CHAUVIN R. (1975). — Facteurs de direction et d'excitation au cours de l'accomplissement d'une tâche chez *Formica polyctena* (avec P. JANIN). *Ins. Soc.*, **22** : 199-206.
- CHAUVIN R. (1992). — Technique nouvelle permettant l'observation d'une colonie nombreuse de *Formica polyctena*. *Insectes*, **84** : 9-10.
- HENQUELL O. (1976). — Sur l'existence d'une piste chimique chez *Formica polyctena* dans des conditions de vie semi naturelles. *Insectes sociaux*, **23** : 577-583.
- MONTAGNER H. (1971). — Les communications interindividuelles dans les sociétés de guêpes. *J. Psych. Norm. Pathol.* : 281-296.
- WEISS K. (1953). — Versuche mit Bienen und Wespen in farbigen Labyrinthen. *Z. Tierpsychol.*, **10** : 29-44.