

GRAINES DE SCIENCES 6

Pour enseignants
et parents

Les séismes

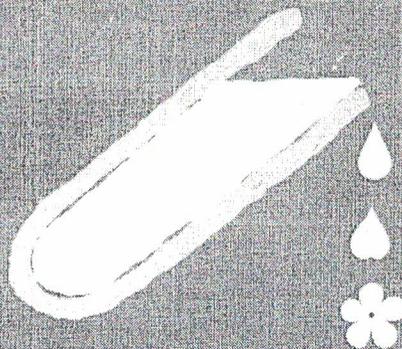
Les fourmis

Les OGM

Les statistiques

Hasard et chaos

La dynamique des fluides



la main
à la pâte

la main à la pâte®



Le Pommier

FONDATION DES TREILLES

les fourmis

ALAIN LENOIR

La fourmi est un insecte qui fait partie de notre environnement quotidien. Avant tout réalité biologique, à l'instar des fourmis rousses qui forment ces dômes dans les forêts dont elles protègent les arbres contre toutes sortes de chenilles et autres mangeurs de feuilles, elle envahit aussi notre univers socioculturel. De très nombreuses personnes ont lu au moins le premier livre de Bernard Werber, *Les Fourmis*, qui mettait en scène le fameux mâle 327^e et la soldate 103683^e. Tilt, le héros du film de Walt Disney, ou Fourmiz, de Pixar, nous sont aussi familiers. Les banques se servent parfois de l'image de la fourmi économe pour leur communication. On se souvient peut-être de la publicité pour la Volkswagen Polo. Plus récemment, la Fnac a fait figurer des fourmis dans sa publicité pour les ordinateurs portables.

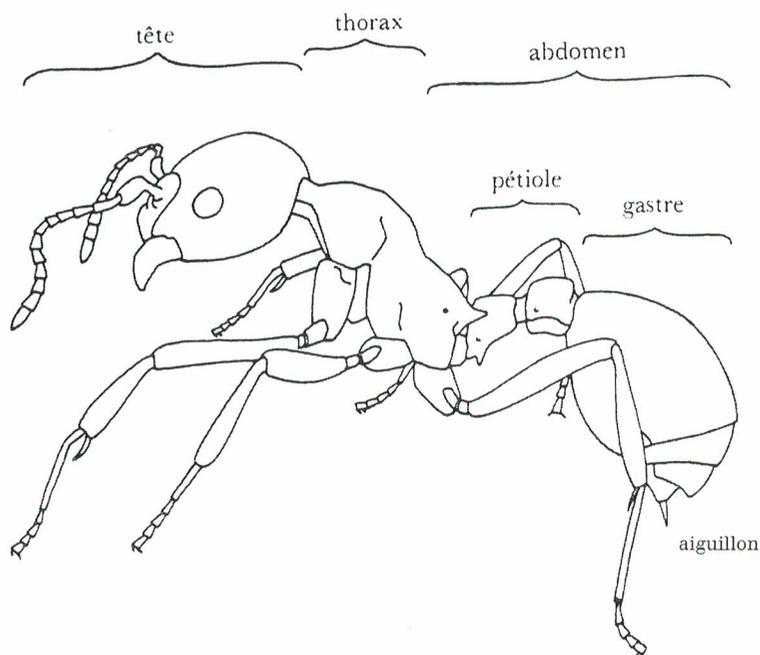
Dans ce chapitre, on rappellera tout d'abord les caractéristiques morphologiques des fourmis ; on abordera ensuite leur comportement, leurs diverses activités dans la fourmilière. On tentera de comprendre pourquoi leur vie sociale est aussi fascinante. À la différence de tous les autres animaux, les fourmis, les abeilles, les guêpes et les termites sont strictement sociales : elles ne peuvent vivre isolément. On découvrira à cette occasion que les fourmis ne sont pas des automates programmés, tous identiques ; elles sont différentes et ne font pas toutes la même chose. Et pourtant, dans ce système apparemment chaotique, une organisation stable se maintient. L'un des aspects les plus spectaculaires de la vie des fourmis est leur

les fourmis

système de communication : elles doivent par exemple pouvoir reconnaître leurs sœurs et leur colonie. Enfin, on posera la question de savoir si ce système de communication est un langage.

Une fourmi, des fourmis

C'est fait comment, une fourmi? Ce que l'on appelle « fourmi » est en général une ouvrière. Il s'agit d'un insecte caractérisé par un exosquelette (carapace), six pattes et deux antennes. Comment reconnaître la fourmi ? On peut la dessiner en six étapes (voir [1]). Elle a un corps en trois parties – la tête, le thorax et l'abdomen –, trois paires de pattes, des yeux et des antennes.



D'après J.-C. Verhaeghe, J. Deligne, L. De Vos et W. Quinet ([7]).

- Si l'on regarde de plus près, on découvre le pétiole, étranglement entre thorax et abdomen. Le pétiole peut être constitué d'un ou deux segments, le second étant alors appelé « post-pétiole ». L'abdomen des fourmis n'est pas embryologiquement équivalent à celui des autres insectes ; pour cette raison on parle plus précisément de « gastre ».

- Deux appendices en avant de la tête sont très caractéristiques, ce sont les antennes. Il suffit de mettre deux antennes à un schéma d'insecte très grossier pour que l'on reconnaisse une fourmi. Ces antennes sont formées de deux parties : la base, ou scape, d'un seul segment allongé, et le fouet, composé d'une dizaine d'articles. Elles sont en outre couvertes de poils de formes variables, sensibles aux vibrations et aux odeurs.

- Sur la tête, on trouve aussi les yeux. Ce sont les yeux à facettes typiques des insectes (en général, plusieurs centaines de petits yeux juxtaposés) qui ne permettent qu'une vision très grossière, mais qui sont de bons détecteurs de mouvements.

- À l'autre extrémité du corps se situe l'aiguillon, qui permet d'injecter le venin dans un ennemi ou une proie. Ce venin peut être très urticant pour l'homme, comme celui de la fourmi de feu américaine. Certaines fourmis, comme les *Formica*, n'ont pas d'aiguillon, mais une glande à acide formique qu'elles utilisent pour lancer un jet qui peut brûler les yeux de l'humain trop curieux.

- Les organes des sens sont très différents de ceux des humains. On a vu que les yeux sont à facettes ; l'odorat, le goût et le toucher, quant à eux, se font *via* des poils très nombreux situés un peu partout sur le corps et en particulier sur les antennes.

L'anatomie de la fourmi, enfin, se caractérise classiquement par un tube digestif, un appareil circulatoire, un système nerveux et de nombreuses glandes (trente et une identifiées à ce jour). Le tube digestif comporte une poche spéciale, appe-

les fourmis

lée « jabot » ou « estomac social », dont on verra le rôle plus tard. L'ouvrière est stérile, elle est incapable de pondre. Ses ovaires sont atrophiés ou ont même complètement disparu.

Les castes. La description précédente s'applique, nous l'avons dit, à la fourmi ouvrière, mais dans la colonie, il existe d'autres formes appelées « castes ».

La reine est une fourmi particulièrement importante : elle est le seul individu pondreur. Chez beaucoup d'espèces, il y a plusieurs reines, et même parfois de très nombreuses reines. Dans ce cas, elles cohabitent sans problème. La reine est en général beaucoup plus grosse que les ouvrières et c'est souvent une véritable machine à pondre (deux œufs à la minute en période de ponte chez les fourmis légionnaires).

Le cycle biologique. Les fourmis volantes apparaissent à la fin du printemps ou en été. Elles sont issues de larves surnourries (comme chez les abeilles). Il s'agit de mâles et de femelles qui vont s'envoler pour le vol nuptial. Les mâles ont de gros yeux et de longues antennes. Arrivés à maturité sexuelle, les uns et les autres sortent du nid et grimpent sur des brindilles pour prendre leur envol. Ils s'accouplent en vol, puis tombent à terre. Les mâles meurent très vite alors que les femelles s'arrachent les ailes et cherchent un trou pour se cacher et pondre leurs premiers œufs. La mortalité de ces reines est considérable, probablement plus de 99%.

La fourmi fécondée devient une reine fondatrice qui va développer sa propre colonie. Elle nourrit ses premières larves avec les réserves tirées de ses muscles thoraciques, ou muscles alaires, qui ont permis le vol nuptial mais ne lui serviront plus. Dès que les premières ouvrières éclosent, toutes petites, elles partent à la recherche de nourriture. Au début, la reine ne produira que des ouvrières, mais dès que la taille de

la colonie sera suffisante, elle produira des sexués ailés, femelles et mâles, et le cycle recommencera. Les mâles sont issus d'œufs non fécondés qui se développent par PARTHÉNOGÈNESE (c'est-à-dire sans fécondation, donc en l'absence de spermatozoïdes). La reine a ainsi ce pouvoir phénoménal de choisir le sexe de sa descendance : si elle ouvre la porte de sa réserve de sperme, l'œuf sera fécondé et cela donnera une ouvrière ou une reine, dans le cas contraire cela donnera un mâle.

Le COUVAIN représente les stades juvéniles : les œufs éclosent pour donner des larves, puis les larves se nymphosent. De la nymphe sortira une jeune ouvrière toute pâle qui se pigmentera en quelques jours ou quelques semaines selon les espèces. La durée de vie de l'ouvrière est de quelques semaines (une semaine pour la fourmi des déserts) à quelques mois pour celles qui hivernent : quand elle sort du nid pour récolter de la nourriture, elle doit affronter tous les dangers du monde extérieur et son espérance de vie s'en ressent (en laboratoire elle vit facilement plus d'une année). La reine, au contraire, vit de nombreuses années (jusqu'à vingt-cinq ans en laboratoire).

Les divers comportements

Quand on observe une fourmilière ou un nid artificiel, on est surpris par la richesse du répertoire comportemental des fourmis qui fascinent l'homme depuis l'Antiquité. Par exemple, quand deux d'entre elles se rencontrent, elles s'examinent (se « parlent » ?) à l'aide de leurs antennes (c'est ce qu'on appelle l'« inspection antennaire »). Cela peut prendre plusieurs secondes. Elles peuvent ainsi se reconnaître comme familières ou étrangères. Les relations interindividuelles sont très développées, elles aiment se lécher réciproquement, comme

les fourmis

les singes. La fourmi va aussi passer beaucoup de temps à sa toilette personnelle ; elle se nettoie les antennes et tout le corps avec ses pattes antérieures qui portent une brosse poilue.

Dans la colonie, les ouvrières n'ont pas toutes les mêmes occupations. Il apparaît ainsi une véritable répartition des tâches ou « division du travail » – on parle plutôt actuellement d'« organisation du travail ». Elle est plus ou moins forte selon les espèces, mais elle existe partout. Schématiquement, on observe une évolution en fonction de l'âge : les jeunes ouvrières s'occupent du couvain et de la reine puis, progressivement, des autres tâches à l'intérieur du nid (construction, nettoyage, défense, transferts de nourriture) et, enfin, sortent pour récolter la nourriture qu'elles rapportent au nid. Chez certaines espèces, il existe des castes différenciées anatomiquement, avec des ouvrières de grande taille spécialisées dans la défense du nid (les soldats).

Les fourmis peuvent déménager ; les exploratrices ayant trouvé un nouveau nid vont alors recruter des transporteuses. Le couvain et les jeunes ouvrières, incapables de s'orienter, sont transportés dans le nouveau nid. La reine part toute seule au milieu du déménagement.

Le régime alimentaire des fourmis est en général omnivore. La nourriture sucrée est très recherchée. Le miellat de pucerons, riche en sucres et en acides aminés, est particulièrement apprécié. Les pucerons aspirent la sève des végétaux pour se nourrir mais en absorbent beaucoup trop et rejettent le surplus par l'anus. Les fourmis se régalent de cet aliment ; pour obtenir une goutte de ce miellat, elles vont aussi les solliciter en tambourinant leur abdomen. Les fourmis font souvent un véritable élevage de pucerons, que l'on considère ainsi comme domestiqués. Elles les défendent contre leurs ennemis, telles les larves de coccinelles, et peuvent les transporter si la colonie déménage et les rentrer dans leur nid en

hiver. Le jabot d'une grande ouvrière de *Camponotus* peut contenir 5 µl de liquide (il lui faut quarante minutes pour pomper le nectar). Les cadavres d'insectes, mais aussi des proies chassées, constituent un supplément protéique de leur régime alimentaire.

Une dernière particularité des insectes sociaux est le développement extraordinaire des échanges de nourriture de bouche à bouche. C'est ce qu'on appelle la TROPHALLAXIE. C'est un moyen simple de transporter les aliments liquides. En effet, la fourmi stocke la nourriture liquide (par exemple le miellat de pucerons) dans son jabot, qui n'a pas de pouvoir de digestion, et peut ensuite la régurgiter (la « vomir ») à ses congénères dans le nid.

La communication

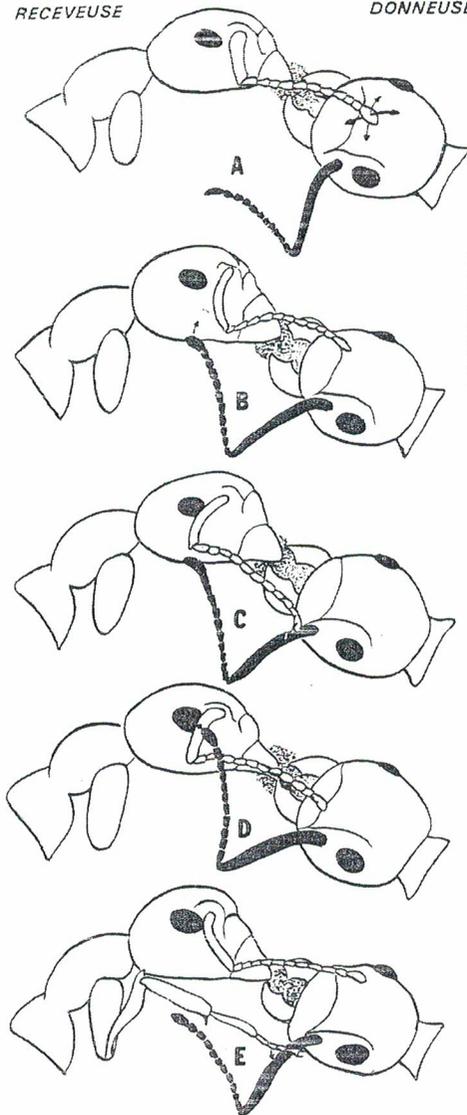
Cette organisation sociale très sophistiquée ne pourrait fonctionner sans des mécanismes assurant la communication entre individus. La communication se définit par l'échange d'un signal (message physique ou chimique) entre un individu émetteur (la source) et un receveur. L'émetteur code le signal et le transmet au receveur qui le détecte et le décode. Les fourmis utilisent trois types de communication : tactile, par les antennes, sonore, par des stridulations, et chimique, par de nombreuses odeurs. La vision est en général peu importante.

La communication tactile. Elle intervient surtout pour inviter une congénère à suivre la piste menant à une source de nourriture : la recruteuse tambourine la tête de l'autre fourmi pour la stimuler – on parle de « comportement d'invitation ». Lors de la trophallaxie, on assiste à un véritable ballet entre les antennes des deux fourmis : celle qui reçoit sollicite l'autre en lui balayant la tête ; la donneuse répond de la même manière.

les fourmis

RECEVEUSE

DONNEUSE



**Ci-contre : la communication
antennaire lors de la trophallaxie**

La donneuse est à droite, la receveuse à gauche. A) La receveuse balaie la tête de la donneuse avec ses antennes. B) La donneuse fait de même. C et D) Échanges de contacts antennaires. E) Fin de la trophallaxie, la receveuse éloigne avec sa patte antérieure l'antenne de la donneuse, puis se retire. (D'après [8], dans [9])

**Ci-dessus : trophallaxie
entre deux ouvrières de *Camponotus***

La donneuse, avec ses mandibules écartées, est à gauche.

Taille de la fourmi : 3,5 à 5 mm

(Photo A. Lenoir)

Chacune est ainsi informée en permanence de l'état de motivation de la partenaire (ci-contre). En général, c'est la receveuse qui cesse l'échange la première, en repoussant les antennes de la donneuse avec ses pattes antérieures. Certains coléoptères et lépidoptères sont capables d'imiter ce langage antennaire pour obtenir des trophallaxies de la part des fourmis ! Ils vivent dans la colonie où ils ont le gîte et le couvert ; ils sont qualifiés de MYRMÉCOPHILES.

Le « chant » des fourmis. De nombreuses espèces de fourmis peuvent striduler comme la cigale. Le deuxième segment du pétiote se termine par une sorte de griffe qui vient frotter contre une plaque striée du gastre, lequel joue le rôle de caisse de résonance. Les sons émis sont audibles pour l'oreille humaine, mais d'intensité très faible. L'oreille des fourmis est située dans les pattes. Les fourmis strident pour donner l'alarme, en cas de détresse, lors des combats ou des trophallaxies, pour appeler des congénères lors de la capture d'une proie ou encore pour stimuler le partenaire lors de la reproduction.

La communication chimique. C'est chez les insectes qu'ont été découvertes, dans les années 1960, les substances chimiques qui permettent à deux individus de la même espèce de communiquer ; on les appelle des PHÉROMONES [2]. On dispose à l'heure actuelle d'appareils qui permettent d'analyser et d'identifier les substances constitutives d'une phéromone à des concentrations très faibles, de l'ordre du nanogramme. Ces phéromones sont sécrétées par de très nombreuses glandes situées partout dans le corps qui est une véritable usine chimique : on connaît déjà trente-neuf glandes chez les fourmis et plusieurs centaines de substances de catégories chimiques très variées. Elles interviennent dans toutes les

les fourmis

activités de la colonie : l'agrégation, le marquage du territoire et de l'entrée du nid, la formation de pistes pour exploiter une source de nourriture ou déménager (changer de nid), le recrutement de congénères pour défendre la colonie (alarme et défense), l'appel sexuel et la reconnaissance de la reine, des autres membres de la colonie et même des cadavres.

L'une des particularités importantes des sociétés d'insectes est qu'elles sont fermées : les individus étrangers à la colonie sont rejetés et souvent tués. Attention aux anthropomorphismes et à ne pas chercher là de modèle pour la xénophobie ! Par quel mécanisme les fourmis se reconnaissent-elles quand elles se rencontrent et qu'elles échangent des battements antennaires ? On commence à le savoir aujourd'hui et comme on pouvait s'en douter, ce sont des odeurs qui sont mises en jeu. Dans ce cas, il s'agit de substances très peu volatiles qui sont portées par la carapace de la fourmi et perçues par les antennes. Sur un chromatogramme, chaque pic correspond à des molécules simples dérivées de lipides, des chaînes de carbone et d'hydrogène, qui sont des hydrocarbures. Chaque colonie est caractérisée par un bouquet d'odeurs, composé souvent d'une cinquantaine de molécules différentes : c'est l'odeur coloniale, comparable à un parfum peu volatil perceptible à quelques millimètres seulement. Ces substances sont fabriquées au niveau sous-épidermique par des cellules spécialisées. Les hydrocarbures sont excrétés sur la CUTICULE (le squelette externe), mais sont également stockés dans une glande de la tête, la glande post-pharyngienne, dont le contenu est versé avec les liquides régurgités pendant la trophallaxie. Ainsi l'odeur coloniale est-elle constamment échangée entre individus. Si l'on ajoute les léchages interindividuels, très fréquents, on constate un brassage permanent et très important des odeurs individuelles. Cela aboutit à une odeur homogène caractéristique de la colonie (voir [3]).

On peut se demander ensuite comment la fourmi s'identifie à sa colonie. Naît-elle avec une identité coloniale ? La jeune fourmi apprend, quand elle sort de son cocon, à reconnaître l'odeur de son nid, donc celle de ses sœurs et elle va mémoriser cette odeur pour toute sa vie. Cet apprentissage commence d'ailleurs parfois même à l'état larvaire. Bien sûr, il reste une flexibilité puisque l'odeur de la colonie change un peu en fonction de l'alimentation ou de la composition en individus. La fourmi doit donc en permanence ajuster l'odeur qu'elle porte sur sa cuticule, et comme elle mémorise cette odeur dans son cerveau, elle doit aussi actualiser sa mémoire. Ce mécanisme d'apprentissage et de mémorisation peut être détourné expérimentalement en laboratoire : on obtient, en mettant en présence les unes des autres de jeunes fourmis nouveau-nées de deux espèces différentes, une colonie mixte artificielle présentant des comportements sociaux comme des toilettages ou des trophallaxies entre des espèces qui ne les pratiquent jamais entre elles dans la nature. Diverses espèces ont évidemment profité de ce système simple et l'ont détourné à leur profit. C'est le cas des fourmis esclavagistes, qui organisent des raids dans les colonies d'autres espèces, pour rapporter des cocons qui vont éclore en présence des hôtes et se mettre à leur service, les considérant comme leurs sœurs. Il existe aussi une foule d'animaux myrmécophiles vivant dans la colonie, qui portent l'odeur des fourmis, comme certains coléoptères dont on a parlé plus haut, qui peuvent solliciter une trophallaxie, ou des chenilles, à qui les ouvrières donnent des œufs comme à une larve.

les fourmis

La fourmi individu et l'intelligence collective

Quand on regarde un nid de fourmis, ça grouille dans tous les sens ! À première vue, les comportements individuels sont fantaisistes et semblent autonomes, contrairement à ceux observés dans une usine des temps modernes. C'est une observation courante que de voir une fourmi tirer sa charge dans le mauvais sens et il est impossible de prédire exactement ce qu'un individu va faire à un moment donné. Pourtant, ce fouillis apparent est remarquablement efficace : même si certains individus échouent, la tâche est accomplie, la grosse proie rentrée au nid, et la colonie fonctionne de manière prévisible. Comment expliquer cela alors qu'il n'existe pas d'organe central donnant des ordres ? En effet, la reine ne joue pas ce rôle. On peut marquer individuellement des ouvrières avec une pastille numérotée, suivre leur activité dans un nid artificiel et les soumettre à diverses tâches, comme par exemple bloquer l'entrée du nid. On s'aperçoit alors que certaines sont hyperactives – on a parlé d'une « élite » –, d'autres peu actives ou même totalement inactives – elles représentent même la majorité. Entre parenthèses, le modèle de société laborieuse de la fable de La Fontaine est passablement écorné. Tout se passe comme s'il y avait un volant important, là encore entre guillemets, d'« inemployées ». Il ne faut pas le dire trop fort car certains seraient (sont, hélas !) tentés de nous expliquer que le chômage a des racines biologiques... On constate en réalité que la fourmi adapte son comportement aux besoins de la colonie, qui peuvent varier, et en fonction de l'environnement. L'ensemble est donc très flexible ; il s'agit de régulation sociale. C'est ainsi que de jeunes fourmis qui ne sortent jamais du nid sont amenées à devenir récolteuses si les titulaires viennent à disparaître plus vite que prévu, par exemple si un lézard décide de prélever son repas sur une piste.

Avec toutes ces données, on peut construire des modèles pour essayer de simuler le fonctionnement des sociétés d'insectes. Ce travail permet d'approfondir nos connaissances fondamentales, mais débouche aussi sur de nombreuses applications, par exemple en informatique. Les modèles récents s'inspirent de la théorie de l'auto-organisation. La programmation informatique moderne permet de faire fonctionner en parallèle divers « agents », par exemple des agents fourmis qui interagissent entre eux et avec leur environnement. L'auto-organisation correspond à un ensemble de processus décrits par Ilya Prigogine (prix Nobel de chimie en 1977), au cours desquels des structures émergent au niveau collectif à partir d'une multitude d'interactions entre individus sans être codés explicitement au niveau individuel. C'est ainsi que l'on peut expliquer la formation d'une piste : comme on l'a vu, une fourmi découvreuse dépose une trace de phéromone en rentrant de la source de nourriture au nid. La règle dans ce cas est très simple : les fourmis suivent la piste et l'on observe une croissance exponentielle du nombre de fourmis sur cette source. D'un comportement simple individuel (le dépôt d'une gouttelette de phéromone) émerge un comportement collectif (le suivi de la piste). On parle d'INTELLIGENCE EN ESSAIM. S'il y a plusieurs chemins possibles pour accéder à la nourriture, le chemin le plus court sera alors choisi collectivement sans aucune décision individuelle, tout simplement parce que la piste la plus courte sera renforcée plus vite, comme cela a été observé chez la fourmi d'Argentine par Jean-Louis Deneubourg et ses collègues de Bruxelles. Il s'agit d'un processus autocatalytique : les fourmis rentrant au nid renforcent toujours davantage la piste la plus marquée.

Ces problèmes biologiques sont donc modélisés en informatique avec des fourmis virtuelles. Il faut introduire des variables comme la durée de vie de la phéromone, qui s'éva-

les fourmis

pore, ou le taux d'encombrement de la source de nourriture, qui aura un effet inhibiteur. On peut ensuite lancer ces fourmis virtuelles sur un réseau Internet ou de téléphone pour trouver la route la plus rapide d'un point à un autre : ce ne sera pas forcément la plus courte, tout dépend de l'encombrement du réseau. C'est ainsi que l'on aborde le « problème du voyageur de commerce » : il s'agit de trouver le chemin le plus court pour relier des villes sans passer deux fois au même endroit. Ce problème est très difficile : en effet, pour quinze villes, il existe quatre-vingt-dix milliards de trajets possibles ! Pour le résoudre, on libère des fourmis virtuelles qui se promènent au hasard et rentrent au nid après avoir visité toutes les villes. Elles déposent une phéromone qui s'évapore : donc, plus le chemin est long, moins il est marqué. Ensuite, on recommence, les fourmis étant cette fois guidées par les phéromones. Au fur et à mesure, les liaisons favorites émergent. Une recherche récente effectuée à Toulouse et Bruxelles montre aussi que les fourmis sont capables d'estimer le trafic sur une piste : quand la densité devient trop importante, elles choisissent le chemin le moins embouteillé. D'autres exemples concernent le tri d'objets. Une application particulière en est le transport et l'agrégation des cadavres, qui aboutissent à l'élaboration des « cimetières » de fourmis observés par les anciens naturalistes. Les fourmis regroupent les cadavres et vont les rejeter hors du nid afin de réduire les risques d'infection dans la colonie. Quand on disperse au hasard des cadavres dans une arène expérimentale, en quelques heures, les fourmis vont les regrouper en petits tas. Il est possible de modéliser ce comportement en attribuant à chaque fourmi *une probabilité d'exécuter une action* - tout d'abord saisir le cadavre rencontré, puis le déposer dès qu'elle rencontre un autre cadavre. Cependant, il ne faut pas prendre un cadavre déjà déposé sur un tas. Pour résoudre ce problème,

on introduit une nouvelle règle : plus le tas sera gros, moins la fourmi aura tendance à prendre un cadavre et plus elle en déposera un facilement. Le modèle permet de prédire qu'il existe une densité critique de cadavres en deçà de laquelle l'agrégation n'aura pas lieu : les tas n'ont pas le temps de se former [4, 5].

On peut aussi travailler directement sur des agents réels, qui seront alors de véritables robots fourmis (pour le fonctionnement des robots, voir [6]). Cela intéresse énormément les industriels. En effet, on peut imaginer envoyer une armée de robots fourmis sur la planète Mars pour exploiter des minerais. Ces robots interagissent et parviennent donc à réaliser des tâches collectives complexes comme trier, transporter et entasser des objets. Si l'un de ces robots tombe en panne, ce n'est pas grave, les autres continuent, alors que si l'on a une grosse machine qui a un problème, c'est une catastrophe. On étudie l'efficacité du groupe en fonction du nombre de robots. Dans une étude réalisée à Lausanne sur une tâche de récolte d'objets à ramener au nid, on a observé qu'un robot seul est peu efficace, que trois à neuf robots le sont beaucoup plus, et que douze robots se gênent les uns les autres.

Les fourmis usent-elles d'un langage?

Tout d'abord, existe-t-il un langage animal? Le langage a été longtemps considéré comme spécifique à l'homme, mais les différences s'amenuisent au fil des années. On sait ainsi que les animaux, et en particulier les singes anthropoïdes, utilisent des outils, ont des représentations mentales, sont capables de mentir ou d'exprimer une intention.

Le langage des abeilles est bien connu depuis Karl von Frisch (prix Nobel de biologie en 1973). La butineuse qui a découvert une source de nourriture exécute une danse fré-

les fourmis

tillante en 8 qui indique la direction et la distance de la source. Chaque type d'abeille danse à son rythme, ce qui peut être assimilé à un dialecte : ainsi, un frétillement indique la présence d'une source à 75 m pour une abeille allemande, à 25 m pour une italienne et à 5 m pour une égyptienne.

Le langage, spécifique à l'homme? Certaines définitions caractérisent le langage par les spécificités humaines, comme nécessairement lié à la parole ou à la conscience, ce qui est un moyen d'évacuer le problème. Des critères objectifs sont plus délicats à trouver. Le langage est une forme de communication, mais toute communication n'est pas langagière. On peut ainsi définir le langage comme une communication symbolique (avec un signal arbitraire), mais une telle communication n'est pas propre à l'homme puisque, on vient de le voir, elle existe chez les abeilles, et chez les chimpanzés. Ces derniers sont en effet capables d'utiliser des jetons complètement abstraits pour désigner des objets et des personnes de leur environnement. Le langage peut aussi se définir par l'existence de règles grammaticales; là encore, les chimpanzés (et plus encore les bonobos, une espèce très proche du chimpanzé, également appelés « chimpanzés pygmées ») sont capables d'associer des symboles pour former des phrases rudimentaires. Le fossé entre l'homme et l'animal n'est pas aussi considérable qu'il y paraît au premier abord. Pourtant, l'animal ne semble pas capable d'inventivité, le chimpanzé se limite à des phrases de quémante.

Dans le cas des fourmis, on ne peut pas parler de langage; elles communiquent au moyen de signaux, surtout chimiques, sans valeur symbolique. C'est leur système social sophistiqué qui a permis aux fourmis de devenir écologiquement dominantes. Elles représentent 2% des espèces d'insectes, mais 75% des insectes d'Amazonie et leur biomasse (leur poids total) est quatre fois supérieure à celle des vertébrés. Elles

tirent leur avantage de la complexité de leur comportement, qui émerge à partir d'éléments individuels que l'on peut décrire par des lois le plus souvent simples.

N.B. : les données présentées ici correspondent à une fourmi typique, mais il y a de très nombreuses exceptions sur les dix mille espèces connues à ce jour.

Et pour aller plus loin, quelques questions d'enseignants

Vous dites que la reine n'est fécondée qu'une fois dans sa vie. Comment fait-elle pour garder le sperme vivant ?

En effet, la reine est fécondée au cours de son vol nuptial unique, en général par un seul mâle. Elle conserve le sperme dans une poche spéciale appelée « spermathèque ». Comment les spermatozoïdes peuvent-ils alors vivre aussi longtemps (jusqu'à vingt-cinq ans) ? Il est probable que la poche sécrète des substances nutritives qui permettent leur survie. C'est un mystère que l'on aimerait élucider car cela permettrait peut-être d'améliorer la conservation du sperme des mammifères avant de le congeler.

Les fourmis ont inventé l'« élevage » avec les pucerons, qui sont traités comme du bétail. Ont-elles inventé d'autres formes d'agriculture ?

Oui, on connaît les fourmis champignonnistes qui, sur des fragments de feuilles, cultivent des champignons qu'elles empêchent de fructifier (de former le champignon comme celui que l'on connaît) pour manger le mycélium (les filaments). Ces fourmis, capables de défolier un arbre entier en une nuit, peuvent être une véritable calamité dans les pays tropicaux.

On a un peu l'impression que les fourmis se comportent comme des automates programmés. Sont-elles capables d'apprentissage ?

Oui, bien sûr, la « fourmi automate » n'est qu'une simplification utile pour les modélisations. On a vu que les jeunes fourmis apprennent l'odeur de leur colonie, qu'elles ont une excellente mémoire olfactive et peuvent mémoriser l'odeur des colonies voisines. Et si elles sont dotées d'une vision grossière, leur mémoire

les fourmis

visuelle est excellente : elles se souviennent de repères dans l'environnement et sont capables de trouver et de mémoriser un chemin dans un labyrinthe. On peut les conditionner comme les rats. Certains auteurs pensent qu'elles sont capables d'apprendre par imitation et même de compter des obstacles !

Bibliographie

1. Marie Litra, « La fourmi », *La Classe maternelle*, n°119, mai 2003, p. 40-56.
2. Anne-Geneviève Bagnères, Marc Ohresser, Alain Lenoir et Christine Errard, « Les signaux chimiques », *Pour la science* hors-série « La communication animale », janvier 2002, p. 26-32.
3. Abdallah Dahbi, Pierre Jaisson, Alain Lenoir et Abraham Hefetz, « Comment les fourmis partagent leur odeur », *La Recherche* n°314, novembre 1998, p. 32-34.
4. Éric Bonabeau et Guy Théraulaz, « L'intelligence en essaim », *Pour la science* n°271, mai 2000, p. 66-73.
5. Guy Théraulaz, Jacques Gautrais, Stéphane Blanco, Richard Fournier et Jean-Louis Deneubourg, « Le comportement collectif des insectes », *Pour la science* n°314, décembre 2003, p. 116-121.
6. Agnès Guillot, « Les robots », in *Graines de Sciences 5*, Le Pommier 2003, p. 31-55.
7. J.-C. Verhaeghe, J. Deligne, L. De Vos et W. Quinet, *Les fourmis de nos régions. Introduction à la biologie sociale des fourmis*, DIRE, 1984.
8. Alain Lenoir et Pierre Jaisson, « Évolution et rôle des communications antennaires chez les insectes sociaux », in *Social Insects in the Tropics*, Pierre Jaisson (éd.), Presses de l'université Paris XIII, 1983, p. 157-180.
9. Luc Passera, *L'Organisation sociale des fourmis*, Privat, 1984.

Sur la Toile

Que mangent les fourmis? <http://www.inrp.fr/lamap/activites/animaux/sequence/fourmis.htm>

Pour écouter les fourmis : <http://home.olemiss.edu/~hickling/>

les fourmis