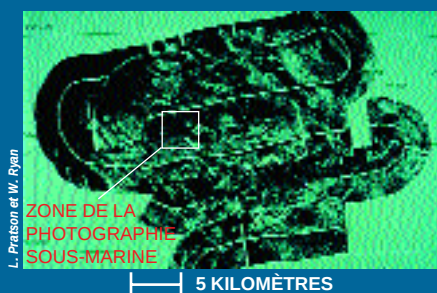


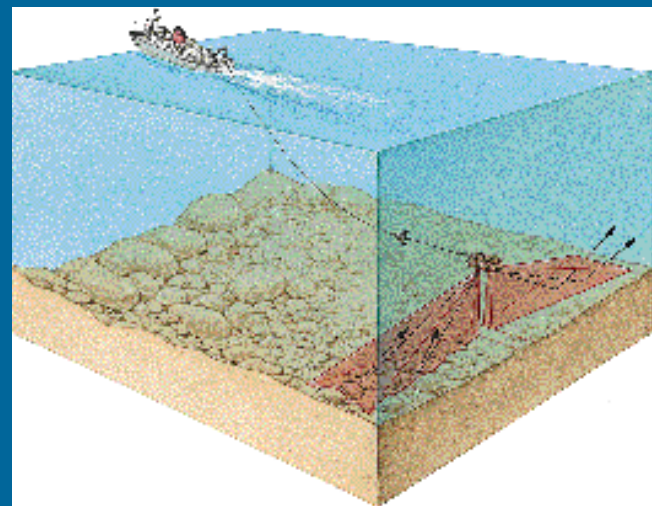
nément, les systèmes de détection enregistrent les sons réfléchis par le fond et qui proviennent d'étroits couloirs sous-marins parallèles à la trajectoire du navire. Ainsi, les ultrasons captés par le navire proviennent des intersections entre la bande des sons émis et les couloirs d'écoute. Les échos sont enregistrés à des intervalles réguliers de quelques secondes pendant que le navire avance, et l'accumulation des données autorise la reconstruction du relief le long de la trajectoire du navire. En ratissant une zone par bandes, comme on tond une pelouse, on cartographie toute la région. Toutefois, les géophysiciens disposent de moins de 200 navires équipés du matériel nécessaire, de sorte qu'il leur faudrait plusieurs centaines d'années pour cartographier de cette façon la totalité des fonds sous-marins.

Le sondeur à balayage latéral (c) fournit un autre aspect du fond de l'océan. L'équipement est habituellement monté sur un traîneau

IMAGE PAR SONDEUR À BALAYAGE LATÉRAL



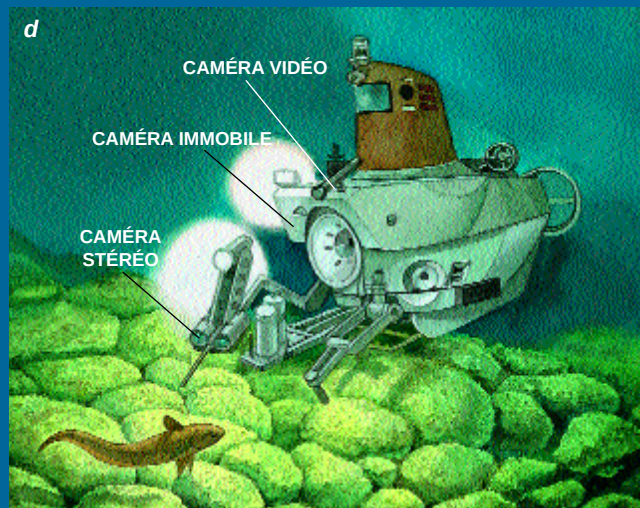
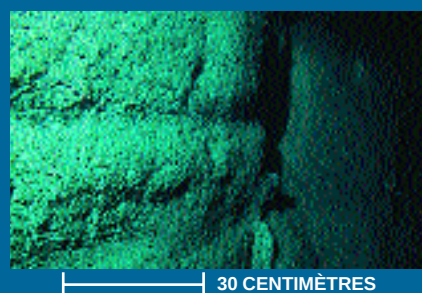
remorqué par le bateau. Deux sondeurs, fixés de chaque côté du traîneau fonctionnent à la fois comme sources d'ultrasons et comme dispositif d'enregistrement. Ces unités émettent obliquement vers le fond, de chaque côté



du traîneau. Quand le fond est plat et lisse, aucun écho n'est réfléchi vers le traîneau (comme un rayon de lumière dirigé obliquement sur un hublot). Au contraire, quand le fond marin est accidenté, les ondes frappant le sol sont renvoyées dans toutes les directions, et notamment vers le sondeur (tout comme un rayon de lumière atteignant un verre dépoli est diffusé dans toutes les directions). En reliant l'amplitude des échos enregistrés à différents niveaux de gris et en tenant compte de la position du traîneau, les géologues obtiennent une image de la texture du fond océanique qui ressemble à une photographie en noir et blanc. Toutefois, pas plus qu'une photographie aérienne une image de sondeur à balayage latéral n'indique la hauteur des reliefs explorés.

Les photographies sous-marines, obtenues grâce à des caméras remorquées sur le fond, à des submersibles téléguidés ou à des véhicules télécommandés, fournissent les vues les plus précises et les plus détaillées des fonds sous-marins (d). Toutefois, la lumière se propage peu dans les eaux profondes, de sorte que l'on photographie uniquement de petites zones, à proximité des sources.

PHOTOGRAPHIE SOUS-MARINE



La cartographie sous-marine informe les géologues sur la façon dont les fonds des océans sont modelés par les contraintes physiques auxquelles ils sont soumis. Les images du relief océanique permettent aux scientifiques de découvrir d'un seul coup d'œil de vastes étendues sous-marines. On ne connaissait pas encore cet aspect de la Terre, alors que l'on avait déjà découvert la surface des planètes lointaines. L'évolution de la Terre est aujourd'hui à portée de regard.

Lincoln PRATSON travaille à l'Institut de recherche arctique et alpine, à l'Université du Colorado. William HAXBY travaille à l'Observatoire Lamont-Doherty de l'Université Columbia.

Swath Bathymetric Mapping, numéro spécial du *Journal of Geophysical Research*, vol. 19, n° B3, 10 mars 1986.

Peter R. VOGT et Brian E. TUCHOLKE, *Imaging the Ocean Floor: History and State of the Art*, in *Geology of North America*,

vol. M : *The Western North Atlantic Region*, sous la direction de P.R. Vogt et B.E. Tucholke, Geological Society of America, 1986.

Anny CAZENAVE et Kurt FEIGL, *Formes et mouvements de la Terre. Satellites et géodésie*, éditions Belin-CNRS, collection Croisée des sciences, 1994.

Lincoln F. PRATSON et William F. HAXBY, *What Is the Slope of the U.S. Continental Slope?*, in *Geology*, vol. 24, n° 1, pp. 3-6, janvier 1996.

Guêpes et apprentissage

JOAN VAN BAAREN • GUY BOIVIN • JEAN-PIERRE NÉNON

Au cours des quelques jours que dure sa vie, une minuscule guêpe parasitoïde apprend à trouver les meilleurs hôtes pour y pondre ses œufs. Cet apprentissage améliore son succès reproducteur.

Quelle est la part de l'instinct? Quelle est celle de l'acquis? *A priori*, on suppose que plusieurs conditions favorisent l'apprentissage : un cerveau développé, des soins parentaux attentionnés, une vie suffisamment longue. Pourtant dès la première toile qu'elle tisse, l'araignée reproduit instinctivement la trame spécifique de son espèce, et dès son premier voyage, le papillon monarque trouve seul la route de sa migration. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux capacités d'apprentissage d'une minuscule guêpe parasitoïde, *Anaphes victus*.

C'est un des plus petits Hyménoptères connus : il appartient à la famille des Mymaridés et est très répandu en Amérique du Nord. La femelle de cette espèce mesure à peine 0,5 millimètre et ne vit que deux à quatre jours. *Anaphes victus* est un insecte parasitoïde qui pond ses œufs dans ceux d'un insecte ravageur des cultures, le charançon de la carotte qui, au Canada, dévaste les cultures de carotte, de céleri et de persil. Contrairement aux parasites, les parasitoïdes tuent leurs hôtes : lorsque *Anaphes victus* pond un œuf dans un œuf de charançon, ce dernier est immédiatement détruit. *Anaphes victus* est utilisé dans la lutte biologique contre le charançon de la carotte au Sud de Montréal. Cette guêpe parasitoïde assure la destruction de la moitié des œufs de charançon de la carotte, ce qui permet aux agriculteurs, en combinant les diverses méthodes de lutte contre les ravageurs, de réduire notablement l'épandage des insecticides chimiques.

Or pour assurer son succès reproducteur, *Anaphes victus* doit sélectionner ses «proies» : elle

doit déposer chacun de ses œufs dans un œuf de charançon qui n'est pas encore parasité, sinon la larve sera dévorée par les autres locataires de l'œuf. Comment fait-elle son choix? Comment apprend-elle à reconnaître les œufs «libres» et les œufs déjà parasités? Avant de l'expliquer, rappelons quelques données sur l'apprentissage chez l'animal.

Instinct et apprentissage

Dès qu'un animal est pourvu d'un système nerveux, même s'il n'a pas de cerveau différencié, une forme primitive d'apprentissage existe. C'est le cas des Cnidaires, qui regroupent les méduses, les anémones de mer et les coraux : la première fois qu'on les soumet à un éclair lumineux, les anémones de mer rétractent leurs tentacules, mais elles finissent par s'y habituer et par ne plus réagir. Les Mollusques (les huîtres, les escargots ou les pieuvres) sont sensibles à des formes d'apprentissage plus élaborées : les pieuvres, par exemple, apprennent à parcourir un labyrinthe ou à retirer des proies d'une

boîte. Plusieurs équipes ont montré que les insectes sont susceptibles d'apprendre, notamment les comportements associés à la recherche de nourriture et à celle des sites de reproduction. Plus l'environnement est variable, moins les comportements peuvent être déterminés génétiquement.

L'instinct – génétique – est le comportement qui se manifeste sous une forme complète et définitive dès que l'animal rencontre le stimulus environnemental nécessaire. L'instinct ne change pas au cours de la vie d'un insecte, mais peut se modifier d'une génération à l'autre : la sélection naturelle privilégie les individus dont les réactions instinctives sont mieux adaptées. Au contraire, l'apprentissage est un changement adaptatif qui se produit au cours de la vie, à la suite des expériences vécues.

Toutefois, ces définitions sont controversées, et la distinction entre instinct et apprentissage n'est pas toujours judicieuse. Les comportements généralement considérés comme innés sont influencés par les expériences subies pendant le développement embryonnaire : les pucerons sont préférentiellement attirés par l'odeur des plantes sur lesquelles ils ont été élevés. De surcroît, les comportements instinctifs s'expriment parfois différemment selon les conditions environnementales : au terme de leur croissance sur les plantes, les larves des mouches cécidomyies s'enfoncent dans le sol et y tissent un cocon de soie, mais, si elles sont dans un milieu très humide, elles changent de comportement et tissent leur cocon sur les nervures des feuilles.

Les capacités d'apprentissage ne permettent pas aux ani-



1. *ANAPHES VICTUS* prête à parasiter un œuf de charançon.

maux de tout apprendre : ainsi, les abeilles apprennent à s'orienter vers une source de nourriture en suivant une odeur attractive, mais elles en sont incapables quand l'odeur est répulsive. De nombreux insectes sont guidés par la lumière, mais, même après s'être brûlés sur une lampe, ils n'apprennent pas à résister à l'attraction et finissent par en mourir. Tous les comportements observés sont un mélange d'informations génétiques et d'influences environnementales.

Généralement on subdivise l'apprentissage en plusieurs catégories : l'accoutumance, la sensibilisation et l'apprentissage associatif.

Différentes formes d'apprentissage

L'accoutumance est l'une des formes les plus simples et les plus générales d'apprentissage : elle correspond à la disparition plus ou moins progressive d'une réaction lorsque le stimulus qui la suscitait est répété. C'est ce type d'habituation qui a été mis en évidence chez les Cnidaires. On peut ainsi habituer de nombreux insectes (des fourmis ou des mantes religieuses) à être manipulés et à ne plus manifester de comportement de défense quand on les saisit.

La sensibilisation est souvent considérée comme l'inverse de l'accoutumance : elle est caractérisée par une augmentation graduelle de la réaction à un stimulus, après une exposition répétée à ce stimulus. Par exemple, à mesure qu'elles apprennent à mieux connaître les végétaux, des nymphes de criquets rejettent de plus en plus vite les feuilles d'un goût désagréable lorsqu'elles recherchent leur nourriture. Lors de leurs premiers repas, elles rejettent les feuilles après les avoir mordues, et par la suite elles les rejettent rien qu'en les palpant, avant même de les mordre.

L'apprentissage associatif repose sur un conditionnement classique ou sur un conditionnement opérant. Le conditionnement classique, où l'animal apprend à associer deux stimulus, a été mis en évidence par Pavlov : un chien salive quand on lui présente de la viande ; quand on lui fait entendre une sonnerie ou voir un signal lumineux juste avant de lui présenter la viande et que l'on renouvelle l'expérience plusieurs fois, le chien finit par saliver dès qu'il entend la sonnerie ou qu'il voit le signal lumineux, même en l'absence de viande. La salivation, qui a lieu lors de la présentation de la viande, est un stimulus inconditionnel, tandis que le signal sonore ou lumineux est dit condi-

tionnel. Lors d'un conditionnement opérant, on place, par exemple, un rat assoiffé dans une petite cage où une cuiller contient une goutte de lait. L'animal explore la cage et trouve la cuiller. Par hasard, il peut marcher sur une pédale proche de la cuiller et qui y libère quelques gouttes de lait. L'animal comprend vite qu'en appuyant sur la pédale il obtient du lait : il est conditionné.

Chez les insectes, ces deux types d'apprentissage associatif sont fréquents. Un conditionnement classique explique l'origine de la sensibilisation du criquet : il associe un stimulus originellement neutre (par exemple, la forme ou la texture des feuilles) à leur goût désagréable. Le conditionnement opérant est probablement celui qui améliore l'efficacité des insectes à atteindre le nectar dont ils se nourrissent.

Toutefois, dans les conditions naturelles, il est parfois difficile de faire la différence entre les deux types de conditionnement. L'apprentissage associatif est souvent considéré comme une adaptation, car il améliore généralement la survie (l'accès à la nourriture) ou la fécondité. Néanmoins, un effet bénéfique à court terme peut avoir des conséquences négatives à long terme pour le même individu : l'acquisition d'une forte préférence pour



Hol Studios International (Nigel Cattlin)

2. LES TRICHOGRAMMES sont des guêpes parasitoïdes proches d'*Anaphes victus*, qui servent à la lutte biologique contre de nombreux ravageurs des cultures. Ici un trichogramme parasite un œuf de *Sitotroga cerealella*, l'alticole des céréales (agrandissement : 200).

En France, les trichogrammes servent aussi à la lutte contre la pyrale du maïs. La production française de ces insectes parasitoïdes permet de traiter 40 000 hectares de cultures de maïs. L'épandage de ces insectes se fait par avion.