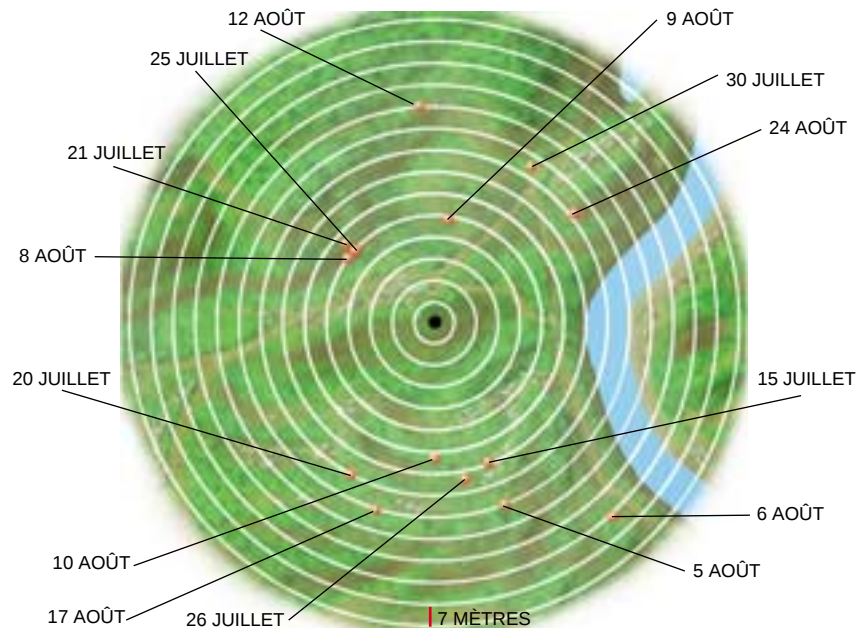


parasitisme social et se demande notamment ce qu'en tirent les esclaves. Une colonie de *Formica* perd parfois plus de 14 000 cocons par saison de raids. Sa seule «défense» évolutionniste est le remplacement du couvain, grâce à l'énorme potentiel reproductif de la reine *Formica*.

Pourquoi les fourmis esclaves n'abandonnent-elles pas leurs maîtres pour rejoindre leur colonie d'origine? Peut-être parce que les esclaves fraîchement écloses considèrent les ouvrières, le couvain et la reine *Polyergus* comme leur famille, grâce à un phénomène d'empreinte : les phéromones auxquelles elles ont été exposées quand elles sont sorties de leur cocon déterminent ce comportement, de même que des stimuli visuels ou sonores déterminent le comportement des canetons, vis-à-vis de leur mère. Même si elles ne participent pas aux raids, elles agressent les *Formica* qu'elles rencontrent. Le terme d'adoption correspond mieux à la réalité que celui d'esclavagisme, puisque les ouvrières *Formica* n'ont jamais connu d'autre domicile que la fourmilière *Polyergus*.

Les liens sociaux entre différentes espèces de fourmis sont d'autant plus favorisés qu'elles se sont déjà côtoyées. Toutefois, toutes les espèces ne peuvent cohabiter : plus deux espèces sont éloignées sur le plan de l'évolution, moins elles sont aptes à entretenir des relations. L'entomologiste italien Carlo Emery avait déjà énoncé cette règle : une parenté étroite entre les parasites sociaux et leurs hôtes implique des ressemblances nécessaires à l'établissement de leurs relations. Chez les fourmis, ces relations fonctionnent bien parce que les ouvrières *Formica* ont les mêmes activités dans la fourmilière *Polyergus* que dans leur colonie d'origine. Leur comportement ne change pas.

Depuis Darwin, les scientifiques citent le parasitisme social chez les insectes et chez les oiseaux comme un exemple d'évolution convergente. Les études éthologiques confirment cette convergence en révélant les similitudes. En Angleterre, les coucous parasitent quatre espèces d'hôtes, mais chaque femelle confie toujours ses œufs à l'espèce qui l'a élevée. Ces oiseaux font comme les reines *Polyergus*, qui parasitent l'espèce *Formica* de leur fourmilière d'origine, à cause du phénomène d'empreinte.



5. LES FOURMILIÈRES de l'espèce *Polyergus* (au centre) sont souvent à moins de 150 mètres des fourmilières *Formica* qu'elle attaque (en rouge). Ce schéma correspond au cas d'une colonie qui a mené 14 raids sur 12 fourmilières, en l'espace de six semaines (du 15 juillet au 24 août).



6. CETTE REINE de l'espèce *Polyergus* est au sommet de son butin de cocons de l'espèce *Formica*. La survie de la colonie dépend des esclaves qui éclore. Bien que près de 200 espèces de fourmis soient esclavagistes, les reines de l'espèce *Polyergus* sont les seules à prendre le pouvoir sans l'aide d'aucune ouvrière, sur les colonies qu'elle asservissent.

Au début de ma carrière, je trouvais que l'expression «parasitisme social» était inappropriée : le mot «social» suppose une communication, une coopération, voire de l'altruisme, qui me semblaient incompatibles avec les comportements égoïstes des parasites. Ultérieurement je suis revenu sur cette opinion, car les parasites sociaux communiquent avec leur hôte, comme avec les membres de leur propre espèce. Après 15 ans de recherche, je comprends pourquoi Darwin a cherché à intégrer le parasitisme social dans sa théorie de l'évolution. Il disait avoir abordé le sujet avec scepticisme, comme n'importe qui l'aurait fait, confronté à un phénomène aussi extraordinaire que l'instinct esclavagiste.

Howard TOPOFF travaille au Muséum d'histoire naturelle d'Arizona.

Howard TOPOFF et Ellen ZIMMERLI, *Colony Takeover by a Socially Parasitic Ant, Polyergus Breviceps*, in *Animal Behaviour*, vol. 46, 3^e partie, pp. 479-486, septembre 1993.

Howard TOPOFF et Ellen ZIMMERLI, *Queens of the Socially Parasitic Ant Polyergus Do Not Kill Queens of Formica That Have Not Formed Colonies*, in *Insect Behavior*, vol. 7, n° 1, pp. 119-121, janvier 1994.

Howard TOPOFF, *Adaptations for Social Parasitism in the Slave-Making Ant Genus Polyergus*, in *Comparative Psychology of Invertebrate*, sous la direction de Gary Greenberg et Ethel Tobach, Garland Publishing, 1997.

La vision : une fenêtre sur la conscience

NIKOS LOGOTHETIS

Afin de comprendre ce qu'est la conscience, les neurobiologistes analysent la perception visuelle et, notamment, l'interprétation des signaux optiques captés par l'œil.

Au premier coup d'œil, on voit, au centre du tableau de Salvador Dali (*voir la figure 1*), le visage d'un homme, les yeux levés vers le ciel, les lèvres pincées sous une épaisse moustache. En regardant mieux, on perçoit une image plus complexe : le nez et les moustaches blanches sont la coiffe et le châle d'une femme assise, qui tourne le dos ; les reflets dans les yeux sont les fenêtres éclairées (ou les reflets sur les toits) de deux chaumières nichées au creux des collines. Les taches sur la joue représentent un enfant en bermuda, à côté de la femme assise. Avec un peu de recul, on comprend même qu'ils sont au bord d'un lac et regardent les chaumières sur l'autre rive, à travers un trou dans un mur de briques, qu'on avait d'abord pris pour le contour du visage de l'homme.

Avec ce tableau intitulé *Vieillesse, Adolescence, Enfance (Les Trois Âges)*, Dali jouait sur le système visuel humain, qui interprète parfois une même image de deux manières différentes. Que se passe-t-il dans le cerveau, au moment où l'on comprend que les trois visages n'en sont pas vraiment ? Pour identifier l'activité cérébrale correspondant à la conscience, les neurobiologistes utilisent des stimuli visuels ambigus.

La conscience est un concept beaucoup plus difficile à définir qu'à étudier. Récemment, les neurosciences ont progressé dans la compréhension de l'activité des cellules nerveuses nommées neurones, dans le cerveau.

Pourtant, de nombreux physiologistes et scientifiques rechignent à admettre que cette activité, qui n'est après tout qu'électrique et chimique, explique l'esprit. Toutefois la conscience revêt plusieurs aspects, dont certains se prêtent à des études expérimentales (voir *L'orchestration de la pensée*, par Francis Crick et Christof Koch, *Pour la Science*, novembre 1992). Notamment, au lieu de se préoccuper inlassablement de la nature de la conscience, on gagne à chercher quelles activités neuronales correspondent à une expérience consciente et quelles activités n'en relèvent pas.

Les stimuli visuels ambigus

Les stimuli visuels ambigus sont utiles dans de telles analyses. L'interprétation d'un stimulus visuel ambigu ne dépend pas du fonctionnement de l'œil, mais de celui du cerveau, c'est-à-dire de son organisation interne et de la façon dont il nous rend conscients des informations sensorielles. En 1890, le psychologue William James a proposé d'examiner la phrase « Pas de lieu Rhône que nous », qui n'a pas de sens. Un anglophone qui la relit plusieurs fois finit par comprendre qu'elle se prononce comme *paddle your own canoe* (« pagayez pour faire avancer votre propre

1. LES STIMULI AMBIGUS, tel ce tableau de Salvador Dali, *Vieillesse, Adolescence, Enfance (Les Trois Âges)*, sont utilisés pour l'étude de la conscience.



barque», c'est-à-dire «réussissez par vous-même»). Comment l'activité neuronale change-t-elle quand il prend conscience du sens de cette phrase?

Dans les expériences sur les stimuli visuels ambigus, les neurobiologistes utilisent des images qui engendrent deux perceptions distinctes, alternant dans la conscience. Par exemple, la

perspective du cube de Necker (*voir la figure 2*) semble s'inverser toutes les quelques secondes. Ce phénomène doit correspondre à un événement cérébral particulier, accessible aux analyses neurobiologiques. Pour savoir si un stimulus a atteint la conscience d'un être humain, il suffit de lui poser la question. Cependant, on ne peut pas corréler la perception d'un stimulus à

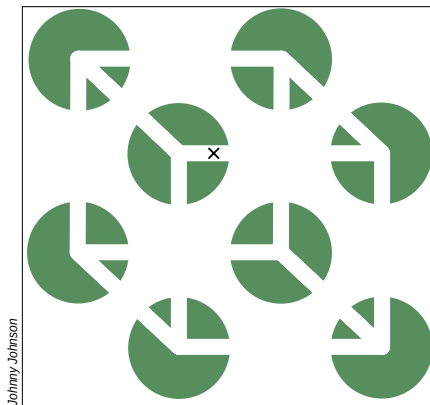
l'activité des neurones, car celle-ci est impossible à mesurer directement sur une personne. Pour obtenir de telles informations, nous étudions des singes, entraînés à signaler ce qu'ils perçoivent, par exemple en tirant sur des leviers. Le cerveau des singes est organisé comme celui des humains et leurs réactions aux stimuli visuels ambigus est similaire. D'ailleurs, de nombreux



Salvador Dalí Museum, St. Petersburg, Florida, USA/Bridgeman Art Library

neurobiologistes admettent que les singes sont conscients, un peu comme l'homme.

Avec mes collègues, nous étudions la rivalité binoculaire, c'est-à-dire ce qui se passe quand on présente simultanément aux deux yeux deux images différentes. Dans une telle situation, le cerveau humain prend d'abord conscience d'une image, puis de l'autre ; ensuite, ces deux images alternent lentement (voir l'encadré ci-dessous). Les singes auxquels nous apprenons à utiliser des stéréoscopes signalent aussi un changement de leur perception, toutes les quelques secondes. Nous enregistrons les modifications d'activité neuronale correspondantes.



Johnny Johnson

2. LE CUBE DE NECKER s'interprète de plusieurs façons : l'arête marquée de la croix noire semble appartenir à la face avant ou à la face arrière du cube ; les cercles semblent placés derrière le cube ou être des trous dans une feuille derrière laquelle se trouve le cube.

De l'œil à la conscience

Des décennies de telles études ont révélé que l'information visuelle captée par l'œil gagne le cerveau en passant par plusieurs systèmes successifs de traitement de l'information. Chaque système, ou « module », traite un aspect différent de l'information, avec un degré de spécialisation d'autant plus grand que l'information s'éloigne de l'œil (voir la figure 3).

Captée par les rétines, l'information visuelle passe d'abord par les corps genouillés latéraux, dont les neurones sont activés par l'information venant d'un œil ou de l'autre, mais pas des deux à la fois. Chacun réagit aux changements de luminosité ou de couleur

La rivalité binoculaire

Pour ressentir l'effet de rivalité binoculaire, roulez une feuille de papier en un tube que vous tenez contre l'œil droit, à l'aide de la main droite. Placez la paume de votre main gauche à dix centimètres de votre œil gauche, de sorte qu'elle touche le tube.



Vous verrez d'abord un trou dans votre main, correspondant à la perception de l'œil droit. Après quelques secondes, le « trou » sera remplacé par l'image floue de votre paume, correspondant à la perception de l'œil



gauche. Ensuite, les deux images alternent, car votre cerveau se concentrera sur la perception d'un œil, puis de l'autre, et ainsi de suite.

Vous percevrez sûrement le trou plus longtemps que votre paume, pour deux raisons. D'abord, parce que votre paume est floue, car elle est proche du visage. Ensuite, parce qu'elle est moins contrastée et qu'elle a moins de contours que l'image que vous voyez à travers le cylindre. Au laboratoire, nous sélectionnons les images pour qu'elles soient autant perçues les unes que les autres, en situation de rivalité binoculaire.



Dan Wagner