

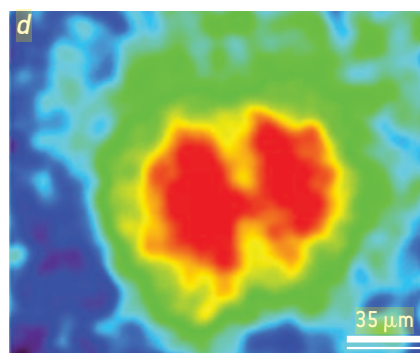
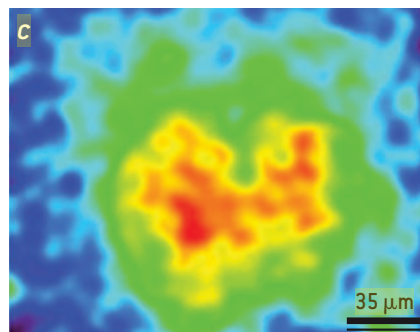
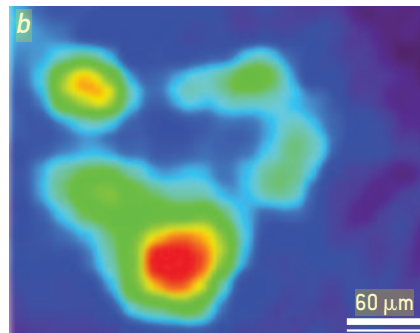
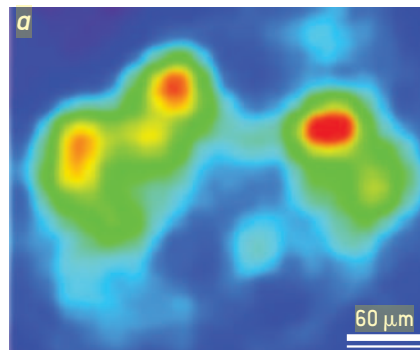
donc sur la configuration des éléments (la forme globale en carré qu'ils dessinent) plutôt que sur ces éléments eux-mêmes (leur forme de losange). C'est le cas aussi chez l'homme, mais pas chez les autres primates, dont la perception est dominée par le niveau élémentaire.

Enfin, l'utilisation de concepts relationnels par l'abeille pourrait n'être qu'un artefact des expériences, dû aux entraînements reçus. Le cerveau des abeilles est peut-être très plastique, facilitant tout type d'apprentissage, y compris celui de concepts. Cependant, quelques éléments laissent penser qu'elles manifestent aussi ce comportement dans la nature. Par exemple, comme nous l'avons souligné, elles ont extrait des relations entre les éléments sans que ces relations soient directement récompensées.

Quoi qu'il en soit, la manipulation de concepts relationnels est une tâche cognitive ardue. En effet, elle nécessite un réseau de neurones codant la relation (par exemple « sur »), qui s'active pour tous les cas mettant en jeu cette relation. Ce réseau doit être activé de la même façon quels que soient les objets concernés, par exemple par un chat *sur* un toit et une bouteille *sur* une table.

La co-activation de ce réseau et du circuit de détection du sucre permettrait à l'animal d'apprendre – lors des séances d'entraînement – la règle à suivre pour obtenir la récompense. Chez les abeilles, la recherche de nourriture stimulerait le recrutement d'un système neuronal codant les similarités relationnelles. Les raisons pour lesquelles ce processus est plus rapide que chez les primates (qui ont besoin de beaucoup plus d'essais pour apprendre un concept relationnel) sont mal connues. Est-ce que la complexité du cerveau de ces derniers entraîne de multiples traitements superflus, qui ralentissent l'élaboration des concepts ? Est-ce une question de motivation ? Une différence dans le codage neuronal des concepts ? Cela reste à déterminer.

Aucun réseau associé à un concept relationnel particulier n'a encore été localisé. Cependant, chez les primates, on pense que ces réseaux se situent dans le cortex préfrontal (à l'avant du cerveau), tandis que les catégories perceptives sont plutôt enregistrées dans le cortex temporal inférieur, siège de la reconnaissance des objets. En effet, des études d'imagerie cérébrale ont mis en évidence une activation du cortex préfrontal lors de tâches comportementales impliquant la manipulation de concepts



4. LES ÉTUDES D'IMAGERIE CÉRÉBRALE montrent que des odeurs et des couleurs différentes activent des zones distinctes, respectivement dans les lobes antennaires et dans le tubercule optique des abeilles (*a* et *b*, les zones activées par deux odeurs ; *c*, celle activée par le bleu et *d*, celle activée par le vert). De façon générale, la perception des odeurs et des couleurs n'est pas assurée par les mêmes aires cérébrales. Pourtant, l'abeille arrive à transférer à des odeurs une relation d'identité apprise avec des couleurs. Cette relation doit donc être codée séparément dans le cerveau.

relationnels (nombre, identité, relations spatiales...). Le cortex préfrontal est d'ailleurs le siège des fonctions cognitives supérieures (langage, raisonnement...) et est fortement développé chez les primates, en particulier chez l'homme. Il reçoit des informations sensorielles de toutes natures (visuelles, olfactives, gustatives, tactiles et auditives), après traitement par des aires sensorielles spécifiques et diverses régions du cerveau.

Le siège des concepts relationnels chez l'abeille serait donc à chercher dans une structure cérébrale équivalente, recevant des informations de tous les systèmes sensoriels après traitement dans les aires spécialisées. Précisons que cette aire et le cortex préfrontal ne sont pas homologues, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas issues d'une même structure chez l'ancêtre commun aux primates et aux insectes (qui auraient divergé il y a 600 millions à un milliard d'années). En effet, cet ancêtre n'avait pas de cerveau : c'était probablement un ver simple, doté seulement de quelques ganglions nerveux. Les cerveaux des insectes et des primates sont donc apparus de façon indépendante.

Les corps pédonculés, siège des concepts ?

Chez l'abeille, une aire cérébrale nommée corps pédonculés pourrait être cet équivalent du cortex préfrontal et traiter les concepts (voir la figure 5). En effet, elle reçoit tous les types d'informations sensorielles. En outre, cette aire est particulièrement développée chez l'abeille, ainsi que chez les autres hyménoptères (telles les guêpes et les fourmis), les scarabées et les cafards. Dans le cas de ces deux derniers insectes, le développement des corps pédonculés serait dû à des stratégies variées de recherche alimentaire, nécessitant une grande diversité de comportements. Chez les hyménoptères, on attribue ce développement à la vie sociale, impliquant des interactions complexes ; il aurait ensuite permis un traitement cognitif élaboré des données visuelles. Le même phénomène se serait produit avec le cortex préfrontal des primates. Il est aussi possible que la complexification du traitement cognitif de l'environnement visuel se soit déroulée en même temps que la sociabilisation et ait aussi entraîné le développement des corps pédonculés.

Toutefois, le rôle des corps pédonculés reste mal connu. On a seulement montré qu'ils interviennent dans la mémorisa-