

biologie marine de Woods Hole, aux États-Unis, et ses collègues ont montré que les seiches utilisent des indices visuels pour positionner leurs bras parallèlement aux motifs longilignes. Elles peuvent ainsi se fondre parmi des algues, par exemple.

Le camouflage n'est pas leur seule arme. Pour intimider ou tromper ses prédateurs, une seiche peut faire apparaître deux ocelles noirs menaçants à l'arrière de son corps. Les motifs de coloration sont aussi utilisés comme moyen de communication avec les congénères chez les espèces grégaires ou comme signal de qualité au partenaire de reproduction. Chez la seiche commune *Sepia officinalis* et la seiche du pacifique *Sepia latimanus*, par exemple, des zébrures produites par les mâles attirent les femelles.

Devant tant de motifs colorés possibles décrits chez le calmar, la seiche et la pieuvre, difficile d'imaginer que ces maîtres dans l'art du camouflage ne distinguent pas... les couleurs. C'est pourtant bien le cas. En 1981, John Messenger, de l'Université de Sheffield, en Angleterre, a montré que leur rétine ne présente qu'un

seul type de pigment, la rhodopsine, alors qu'au moins deux sont nécessaires à la vision des couleurs. Plus tard, en 2006, Lydia Mäthger, du Laboratoire de biologie marine de Woods Hole et ses collègues en ont apporté la preuve comportementale. Ils ont placé des seiches sur un damier constitué de carrés jaunes et bleus ayant la même intensité lumineuse en niveau de gris (photographié en noir et blanc, le damier apparaît uniforme) : les seiches ont alors arboré la même coloration uniforme (couleur sable) que sur un fond uniformément bleu ou jaune. En revanche, sur un damier noir et blanc, elles présentaient un motif symétrique à deux couleurs (blanc et noir) imitant le damier.

Voir l'invisible

Les mécanismes de perception et de production des motifs colorés sont encore mal connus. Quant aux mécanismes cognitifs intervenant dans le choix, les apprentissages et la mémorisation des motifs colorés à arborer en fonction des contraintes de l'environnement, ils sont encore très peu

explorés. Les motifs de coloration eux-mêmes sont étudiés, car ils permettent d'avoir un accès direct à la perception de l'environnement par l'animal : ils constituent une sorte de système d'imagerie cérébrale naturel ouvrant une fenêtre sur le fonctionnement du cerveau des céphalopodes.

Si les céphalopodes ne voient pas les couleurs, ils ont néanmoins une vision exceptionnelle qui leur permet de distinguer d'autres propriétés des éléments qui les entourent : leurs yeux sont sensibles à la polarisation de la lumière.

La vision en milieu aquatique est très différente de celle en milieu aérien. Les couleurs sont atténuées avec la profondeur : plus on s'enfonce et plus les ondes lumineuses sont absorbées. À partir de quelques mètres de la surface, le jaune, l'orange et le rouge disparaissent ; à 50 mètres, le violet et le vert s'éteignent à leur tour, et seul le bleu reste visible. La présence de particules, de surfaces transparentes ou d'obstacles réfléchissants modifie aussi la lumière incidente et, par conséquent, la perception visuelle. En effet, quand la lumière traverse une surface transparente ou arrive sur une surface

LE SYSTÈME NERVEUX DES CÉPHALOPODES

Le système nerveux des céphalopodes – ici une seiche – est constitué d'un « cerveau » (en jaune), et d'un système nerveux « périphérique » (en rose), constitué notamment d'un ganglion stellaire d'où rayonnent des fibres nerveuses géantes. Celles-ci se ramifient en de nombreuses terminaisons qui contrôlent les muscles du manteau et les mouvements des nageoires. Un système de cellules

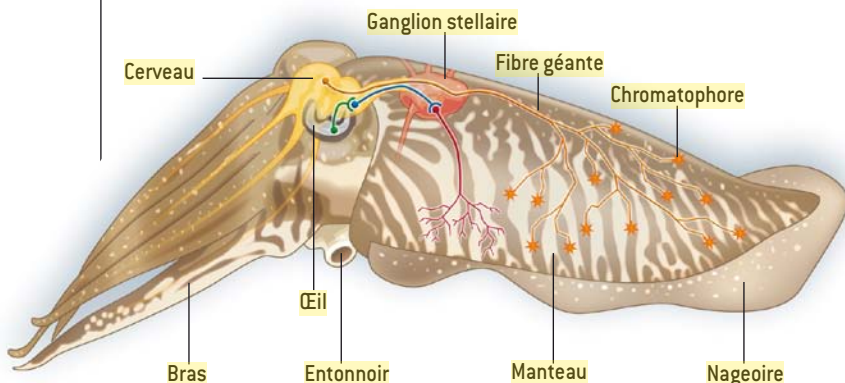
contractiles et pigmentées – les chromatophores – réparties sur le manteau, la tête et les tentacules de l'animal est directement contrôlé par le cerveau via des fibres nerveuses qui traversent le ganglion stellaire.

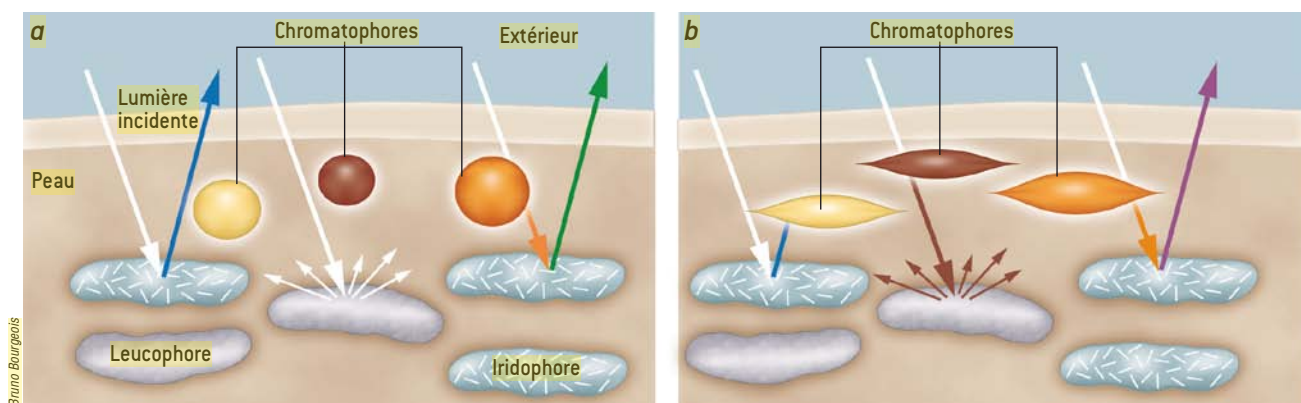
Le cerveau (à droite, coupe longitudinale du cerveau d'une seiche) est fonctionnellement très hiérarchisé. Les structures sous l'œsophage (1) sont impliquées dans l'intégration primaire des

informations sensorielles et la production de réponses motrices simples (comme la moelle épinière des vertébrés). Les structures de part et d'autre et au-dessus de l'œsophage (2) intègrent des informations de différents systèmes sensoriels et coordonnent des séquences comportementales plus complexes (nage, maintien de l'équilibre). Les structures les plus dorsales (3) sont impliquées dans

des fonctions élaborées telles que l'apprentissage, la mémoire et la prise de décisions (comme l'hippocampe ou le cortex préfrontal chez les mammifères).

Derrière les yeux, les lobes optiques intègrent toutes les informations visuelles ; ils jouent un rôle dans de nombreux comportements d'origine visuelle, tels que les changements de coloration de la peau ou certains apprentissages visuels.





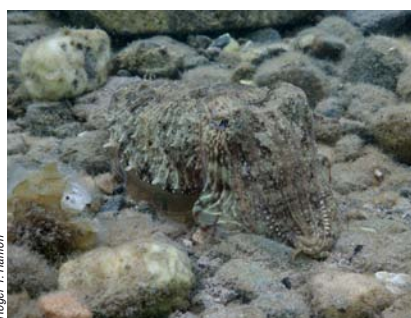
2. LA PEAU DES CÉPHALOPODES (ci-contre celle d'une seiche *Sepia officinalis* vue à la loupe) contient trois types de cellules qui modulent sa couleur : les chromatophores, les leucophores et les iridophores. Les chromatophores, qui contiennent des pigments de diverses couleurs (ici jaune, orange, marron), dessinent divers motifs en une fraction de seconde selon qu'ils se contractent (a) ou se dilatent (b). Ils filtrent aussi la lumière qui les traverse. Les leucophores, blancs, diffusent la lumière incidente dans toutes les directions, ce qui augmente l'intensité de la couleur correspondante. Les iridophores portent à leur surface de petites plaques réfléchissantes orientées aléatoirement, ce qui influe sur la couleur de la lumière.



réfléchissante, elle se polarise (voir l'encadré page 28). La structure particulière de leur rétine permet aux céphalopodes de percevoir cette propriété de la lumière à laquelle nous sommes insensibles. Là où un plongeur ne verra que scintillements, la seiche, elle, distinguera des poissons argentés ou des crevettes transparentes. Capables de détecter ces signaux lumineux depuis leur plus jeune âge, les seiches rendent le camouflage de ces proies inopérant. Percevoir la polarisation de la lumière ajoute une nouvelle dimension à la vision, analogue à l'ajout des couleurs à une image en noir et blanc.

En 2012, nous avons montré que la sensibilité à la polarisation de la lumière permet aussi aux seiches de s'orienter dans l'espace à l'instar de nombreuses espèces d'insectes. Placées dans un labyrinthe en Y, les seiches retrouvent un abri situé à l'extrémité d'un bras aussi bien à l'aide de balises visuelles (des « panneaux de signalisation » noirs et blancs indiquant le bon ou le mauvais chemin) que de la direction de la polarisation lumineuse.

Le développement de cette sensibilité semble dépendre de l'environnement dans lequel évolue l'animal : nous avons montré, en collaboration avec Nadav Shashar, de l'Université Ben Gourion, en Israël, que la seiche commune *Sepia officinalis*, que l'on trouve dans la Manche, perçoit des stimulus lumineux polarisés même dans une eau turbide, contrairement aux seiches vivant dans les eaux claires de la mer Rouge (*Sepia pharaonis*). Enfin, la vision de la lumière



3. DES SEICHES *Sepia officinalis* se fondent dans chacun de ces fonds marins.

Les trouvez-vous ? En haut, la seiche arbore un motif uniforme, imitant le duvet de mousse qui recouvre les pierres. En bas, deux seiches ont opté pour des motifs aux contours bien délimités, qui se confondent mieux avec les éléments contrastés du fond.

polarisée permettrait aux seiches de communiquer. Les seiches polarisent elles-mêmes la lumière via les iridophores présents sur leurs bras et sur leur tête. Nous pensons qu'il s'agit de signaux qui peuvent être échangés avec leurs congénères sans éveiller l'attention des prédateurs – une sorte de canal de communication crypté.

Le toucher joue aussi un rôle important. En mai 2014, Binyamin Hochner, de l'Université hébraïque de Jérusalem, et ses collègues ont montré que le poulpe présente un système de reconnaissance chimique de soi qui empêche ses ventouses de se coller à sa propre peau, et ainsi de faire des nœuds avec ses bras.

Imitation et tromperie

Si l'on est ici encore loin d'avoir montré que le poulpe a une « conscience de soi », les céphalopodes présentent une forme d'intelligence qu'illustrent leurs comportements. À l'instar des grands singes ou des corvidés (corbeaux, corneilles), ils sont capables d'utiliser des outils, de manier la duperie ou encore de faire preuve de comportements surprenants. Au cours de plusieurs centaines d'heures de plongée effectuées entre 1999 et 2008, Julian Finn et Mark Norman, du Muséum Victoria, à Melbourne en Australie, et Tom Tregenza, de l'Université d'Exeter, en Angleterre, ont fait des observations étonnantes. Ils ont filmé plusieurs spécimens d'un petit poulpe, *Amphioctopus marginatus*, qu'ils ont surnommé poulpe-noix de coco : l'animal