



LES SENS DES ANIMAUX

Les sens des animaux

Le scorpion presque aveugle perçoit les vibrations de ses proies avant de les capturer. La chouette effraie chasse dans l'obscurité en ouvrant toutes grandes ses oreilles. La pieuvre a une vue très fine et le chien un odorat 1000 fois supérieur au nôtre. Ainsi, de nombreuses espèces surmontent les difficultés propres de leur environnement en surdéveloppant le sens qui leur permet d'assurer leur survie. Si la nature propose et, souvent, impose, l'animal, lui, dispose, en s'adaptant.

Sommaire

L'olfaction	2
La gustation	6
La vision	7
L'audition	8
Le vol guidé par ultrasons de la chauve-souris	9
Le sens électrique	10
La boussole des pigeons voyageur	11

Les sens chimiques

Les sens chimiques sont parmi les plus primitifs. Les premiers organismes en tant que tels ont été définis par leurs capacités à maintenir leur propre métabolisme et donc à détecter dans leur environnement les éléments nutritifs appropriés. Tout comme les organismes primitifs du Précambrien, certains procaryotes ont la propriété de chimiotaxie : les bactéries comme *Escherichia coli* se dirigent selon un gradient nutritif favorable (comprenant sucres, acides aminés) et se détournent des milieux non propices (sans aliment ou avec substances toxiques). La détection des signaux est faite au moyen de molécules réceptrices situées au niveau de la membrane cellulaire. Le complexe « signal-récepteur » active une protéine spécifique en induisant des changements de conformation qui agissent comme un signal



Escherichia coli détecte sucres et acides aminés au moyen de molécules réceptrices situées au niveau de la membrane cellulaire.

pour initier une chaîne de réponses intracellulaires conduisant à un contrôle approprié des flagelles. Il existe des récepteurs protéiques différents pour les diverses substances stimulantes qui peuvent moduler le mouvement de la bactérie ; Le principe de base de ces interactions moléculaires est commun à de nombreuses réponses chimiosensorielles et en particulier applicable aux sens de l'olfaction et de la gustation.

L'olfaction

L'olfaction concerne la détection de molécules transportées par l'air pour les organismes terrestres ou transportées par l'eau pour les animaux marins. Elle atteint son plus grand développement chez les invertébrés et en particulier les insectes sociaux tels que les abeilles. Les antennes sont les organes olfactifs de l'insecte ; elles comportent, par antenne, 65 000 cellules sensorielles chez l'ouvrière et 300 000 chez le mâle d'abeille. Ces cellules ayant de nombreuses ramifications sont organisées dans des sensilles, de formes variées, qui ont pour caractéristique d'être munies de nombreuses perforations (jusqu'à 50 000 pores par sensille chez un papillon) assurant l'accès des molécules odorantes aux récepteurs membranaires.

Les signaux les mieux étudiés dans ce domaine sont les phéromones d'insectes, les phéromones étant des molécules qui transmettent des messages entre animaux d'une même espèce. Un cas particulier est celui des substances émises par la femelle pour attirer les mâles : dans la nature, leur action s'effectue parfois à des distances supérieures au kilomètre, comme chez les papillons nocturnes. Chez le papillon



Les milliers de sensilles olfactives que le *Bombyx* porte sur ses antennes lui permettent de capter les odeurs émises par la femelle.

du mûrier (*bombyx mori*), les antennes sont caractérisées par un dimorphisme sexuel marqué : le mâle possède de longues antennes en forme de plumes (de 6 mm de long), portant 17 000 sensilles olfactives. Cet équipement représente une surface de capture des molécules odorantes très efficace tel un piège à odeur : la largeur de la maille du réseau des sensilles est assez étroite pour que les molécules ne puissent transiter sans entrer en contact avec les sensilles et y être retenues pour plus de 80 % d'entre elles. De plus, les cellules sensorielles, dont la moitié ne répond qu'au composant majoritaire du mélange phéromo-

nal sexuel, ont une grande sensibilité : on estime qu'une seule molécule est suffisante pour produire une réponse de la cellule, 200 molécules permettant le déclenchement de la réponse comportementale d'attraction du mâle vers la femelle.

Chez les vertébrés, le nez est l'organe assurant la canalisation de l'air, les récepteurs sensoriels étant situés en profondeur dans la cavité nasale. Chez les mammifères, l'air inhalé passant sur de nombreux replis de la muqueuse est d'abord réchauffé et humidifié avant d'atteindre les récepteurs olfactifs.

L'organisation spatiale de la muqueuse olfactive est



La langue très mobile du serpent est un piège à odeur qui l'aide à repérer ses proies.

telle qu'elle peut offrir aux stimulus odorants 10 cm² environ chez l'homme, et 150 cm² chez le berger allemand, par exemple. L'odorat est particulièrement bien développé chez les chiens : leur sensibilité olfactive est de 1000 à 10 000 fois plus grande.

Chez certains reptiles et mammifères, il existe un circuit parallèle, l'organe voméronasal. Cet organe comporte des cellules olfactives sensibles spécifiquement à certaines substances. Il est important pour le comportement de reproduction chez des mammifères : chez le hamster mâle par exemple, ces cellules répondent aux odeurs de la femelle sexuellement réceptive. Chez le serpent, les odeurs de la proie sont détectées lors de l'extension rapide dans l'air de la langue qui est ensuite ramenée au niveau de l'organe voméronasal à la base du nez.

La gustation

Les récepteurs gustatifs sont préférentiellement sensibles aux molécules des substances alimentaires. Chez les invertébrés, ils peuvent être répartis un peu partout à la surface du corps : sur les antennes (insectes, escargots), sur les pattes (insectes), sur les tentacules (pieuvre), mais ils sont communément localisés près de la bouche.

Chez les insectes, la chimie de l'environnement est un facteur dominant dans la régulation de comportements adaptatifs tels que l'alimentation. Les organes gustatifs de chenilles oligophages (dont le développement ne peut s'effectuer normalement que sur un nombre limité d'espèces végétales) sont particulièrement bien adaptés à la détection des substances des plantes qu'elles goûtent. Les cellules sensorielles buccales abritées dans des sensilles (comme le cas du sens olfactif) sont sensibles préférentiellement soit à l'eau, soit aux sucres, soit aux sels, mais elles peuvent répondre à d'autres composés. Par exemple chaque sensille gustative de la chenille de la teigne du chou contient une cellule réceptrice sensible à des sucres et à des acides aminés identifiés chez les crucifères ; parallèlement des récepteurs détectent des substances secondaires caractéristiques de la plante goûtée, et qui stimulent (comme les glycosides) ou inhibent (alcaloïdes) la prise alimentaire. La sensibilité du système est telle qu'elle permet à l'animal d'évaluer la toxicité potentielle des plantes et la valeur nutritive des différentes parties d'un végétal, et de rechercher ainsi un aliment optimal propice à son développement. Les larves du choa peuvent distinguer les jeunes



Les organes gustatifs de la chenilles oligophage lui permettent de détecter les substances des plantes.



Le sens visuel très performant de la pieuvre en fait un prédateur très efficace.

feuilles des feuilles plus âgées qui auraient une composition alimentaire différente.

Les récepteurs situés sur les pattes et l'organe de ponte de l'insecte adulte donnent une information chimique dérivée du simple contact avec la plante non endommagée : les femelles peuvent ainsi déposer leur ponte dans un milieu favorable à leur progéniture.

La vision

La vision est sans conteste le sens qui est susceptible de fournir l'information la plus détaillée sur le monde extérieur. Tout objet en effet réfléchit les ondes électromagnétiques (infrarouge, lumière visible, ultraviolet)

avec des caractéristiques propres qui lui donnent sa forme, son aspect et sa couleur spécifique.

C'est aussi un sens extrêmement précis dans la détermination du mouvement d'un objet. Quant à l'estimation des distances, les performances de la vision binoculaire sont seulement dépassées par celles des sonars biologiques des chauves-souris et des dauphins (voir plus loin).

La pieuvre qui est un mollusque possède des yeux d'une structure presque identique à ceux des vertébrés. Il existe un iris qui sert de diaphragme et des muscles permettant l'accommodation. L'acuité visuelle des deux groupes animaux est tout à fait comparable.

Le sens visuel très performant des pieuvres leur permet d'être des prédateurs efficaces. Les insectes n'ont pas une seule paire d'yeux couvrant un vaste champ de vision, mais possèdent des yeux composés d'une multitude (9000 par œil chez l'abeille) d'unités identiques, les ommatidies, percevant la lumière dans un angle très limité d'espace. Il n'existe pas d'accommodation. Pourtant les insectes sont doués simultanément d'une vision proche et d'une vision éloignée. En effet, le foyer de l'image n'est pas une distance fixe du cristallin. Il se déplace (en fonction de la distance de l'objet perçu) le long du rhabdomère. Cette solution originale d'organisation du système visuel ne fournit pas une image globale, mais une image point par point. L'information est néanmoins suffisante puisqu'elle permet à l'abeille, par exemple, de reconnaître le paysage complexe de son environnement et de retourner dans sa colonie. La définition de l'image n'est pas aussi bonne que celle des yeux des pieuvres ou des vertébrés ; ce type de vision est en revanche bien adapté à la détection des mouvements.

La vision des couleurs existe chez les insectes. Ainsi, chez l'abeille, elle est décalée vers l'ultraviolet (invisible pour œil humain). Cette particularité lui permet par exemple de détecter dans les fleurs les guides visuels indiquant les zones à nectar.

L'organisation fonctionnelle de l'ensemble des photorécepteurs de la mouche domestique est maintenant bien connue. Outre plusieurs catégories de cellules sensibles uniquement à la lumière polarisée dans le ciel (ce qui est également le cas pour l'abeille) ; Lorsque le soleil a perdu sa sensibilité à la couleur au profit d'une meilleure perception des objets en mouvement. Cette structure permet une meilleure détection de la femelle en vol. On peut d'ailleurs provoquer expérimentalement l'envol d'une mouche mâle en lançant une petite pierre devant l'insecte ; dans les mêmes conditions une mouche femelle ne s'envole pas.

Dans le domaine des grandes longueurs d'ondes,



Plus qu'à la vue, qu'elle a pourtant excellente, c'est à l'oreille que l'effraie exerce avec précision ses talents de prédateur.

les serpents sont capables de percevoir des signaux que nous ne détectons pas. Sur le bord de la mâchoire supérieure de certains serpents comme le crotale, existent des fossettes sensibles au rayonnement infrarouge émis par les animaux à sang chaud qui leur servent de proie.

Qu'elle que soit la bande du spectre utilisée, la vision est tributaire d'un échange extérieur (soleil, lune) ou d'une émission par les animaux eux-mêmes (bioluminescence, infrarouge) et surtout d'un milieu suffisamment transparent. L'effet d'écran est très sensible ; tout objet même très mineur suffit à masquer ou brouiller l'image. D'autres spécialisations sensorielles, en particulier l'audition, utilisent des ondes de vibrations, beaucoup moins sensibles à l'effet d'écran.

L'audition

Un son est composé d'ondes de compression régulières qui peuvent être transmises à la fois dans l'air, dans l'eau, et dans les solides (avec toutefois des vitesses de conduction différentes). Le terme d'audition, qui correspond à la capacité à analyser ces ondes de compression dans une certaine gamme

de fréquence, sera utilisé dans son acception la plus large, c'est-à-dire en incluant la détection des ondes transmises par un substrat solide.

Lorsqu'il est prêt à s'accoupler le grillon mâle chante en frottant le bord d'une aile munie de dents (la râpe) sur la nervure de l'autre aile (l'archet). Par quel organe la femelle perçoit-elle ce chant ? On peut observer des pattes antérieures deux fentes communiquant avec l'organe tympanique. Celui-ci est formé d'une membrane tendue sur un sac rempli d'air. La sensibilité de cet organe est très directionnelle : au cours de sa marche d'approche, la femelle peut ainsi localiser très précisément son partenaire.

Le scorpion des sables chasse la nuit. Malgré sa vue très mauvaise, son odorat très peu développé, il est capable de se précipiter, pour la piquer, sur toute proie évoluant à la surface ou dans le sable.

Les 8 pattes sur lesquelles il repose sont garnies d'organes sensoriels (soie, fente sensorielle) capables de détecter les ondes que produit tout animal en mouvement dans le sable. Le scorpion s'oriente alors dans la direction des pattes qui ont reçu le signal en premier (celles qui sont les plus proches de la cible) ; Il est aussi capable d'évaluer la distance de la proie.

D'autres animaux, comme l'araignée sur sa toile, détectent les vibrations transmises par un support.

La Chouette effraie est un rapace nocturne pourvu d'une acuité visuelle importante. Mais ses proies (les rongeurs des champs) étant pratiquement invisibles, l'oiseau à la chasse utilise son extraordinaire sens auditif qui lui permet par une plongée, serres tendues vers le sol, une capture assurée.

La face de l'oiseau, très caractéristique, est entièrement entourée de plumes formant un masque. Une telle disposition, en miroir concave permettant la réflexion des ondes sonores constitue une véritable antenne collectrice des sons.

La localisation de la source sonore est en partie rendue possible par la mesure du délai entre la réception

dans l'oreille droite et dans l'oreille gauche. Mais il y a plus : les oreilles ne sont pas symétriques ! Il existe une différence de hauteur dans la disposition de certaines plumes. Les conduits auditifs droit et gauche s'ouvrant dans des directions légèrement différentes la sensibilité directionnelle des 2 oreilles n'est pas identique.

Ces particularités permettent une localisation précise dans les 3 dimensions de l'espace.

Le vol guidé par ultrasons de la chauve-souris

Il y a plus extraordinaire encore que la détection des sons émis par la proie. Certaines chauves-souris insectivores utilisent la faible réflexion, ou écho, des sons qu'elles émettent elles-mêmes en vol sur les objets dans le voisinage (proie, paroi).

L'émission des signaux sonores se fait dans les gammes de fréquences inaudibles pour l'homme (50 à 100 khz), c'est-à-dire dans le domaine des ultrasons. En période d'exploration, l'animal émet des signaux de quelques millisecondes à une cadence de quelques-uns par seconde. À courte distance, si l'objet est « intéressant », l'animal augmente sa cadence d'émission des signaux, en réduisant leur



Le sonar à ultrasons de la chauve-souris est plus précis que tous ceux que l'homme a jusqu'à présent su construire.

durée afin d'obtenir une information plus précise. La réception des échos est assurée par des oreilles dont le pavillon externe, très développé, joue le rôle d'une antenne orientable. Déjà à ce niveau ont lieu une préamplification, un filtrage sélectif de direction et une élimination de sous parasites. Le signal prétraité est transmis par l'oreille interne au cerveau qui élabore une « image » de l'espace environnant. L'animal réalise donc une écholocation en utilisant un véritable sonar d'un perfectionnement et d'une miniaturisation bien

Une chauve-souris dans une pièce sans lumière est ainsi capable de passer, sans les toucher, entre des fils tendus d'un diamètre très fin et écartés d'une distance comparable à l'envergure de l'animal.

en résultent) avec une sensibilité extraordinaire (dix millièmes d'ampère). Tout objet dans le voisinage de l'animal perturbe la forme des lignes de champ, ce qui permet une véritable électrolocation, même en eau trouble. Les différences de conductance électrique permettent de plus de

discriminer un être vivant d'un objet inerte. Enfin un système d'électrocommunication joue un rôle dans les relations entre les individus de l'espèce (menace, soumission, accouplement) par exemple chez les mormyres.

Le sens électrique

Les poissons dits « électriques » peuvent produire pendant quelques secondes des décharges électriques importantes (50 volts et 50 ampères chez la torpille). Cette étrange particularité assure la défense contre les prédateurs et la paralysie des proies.

Chez d'autres espèces à décharge plus faible, comme le mormyre, des impulsions électriques faibles, brèves et répétées (150 à 250 par seconde), créent un champ électrique. Des organes sensoriels disposés à la surface du corps (les ampoules de Lorenzini) mesurent en permanence les caractéristiques de ce champ (grâce aux courants qui



Le mormyre est protégé même en eaux troubles, par un système d'alarme électrique : tout objet ou agresseur est repéré par la perturbation du champ électrique qui entoure ce poisson.



Pour s'orienter, les pigeons voyageurs utilisent le champ magnétique terrestre.

Le requin ne produit pas d'électricité, mais possède pourtant un sens électrique. Il peut percevoir les courants extrêmement faibles (de l'ordre de millièmes d'ampère) produits par l'activité musculaire d'un animal au repos, même enfoui dans le sable.

La boussole des pigeons voyageurs

Outre l'orientation par rapport au soleil ou aux étoiles, les pigeons voyageurs utilisent le champ magnétique terrestre. La composante horizontale indique le nord, alors que l'inclinaison donne la position en latitude.

Les oiseaux migrateurs, et aussi sans doute un très grand nombre d'espèces animales (et l'homme probablement), possèdent un sens magnétique. Les abeilles en particulier non seulement s'orientent en partie grâce au champ magnétique terrestre, mais également utilisent les variations journalières extrêmement faibles de ce champ.

Enfin lorsque le requin se déplace, il induit un courant qui dépend de sa vitesse et de son orientation par rapport à la composante horizontale du champ magnétique terrestre. Il dispose ainsi d'une boussole utilisée lors des migrations.

Les sens des animaux

Les sens, spécialisés, des animaux reflètent l'adaptation de l'animal à son milieu et l'exploitation qu'il peut en faire. Des yeux aussi perfectionnés soient-ils ne seraient d'aucune utilité dans les cavernes ou en eaux troubles. Un sonar utilisé en plein jour en milieu découvert pour localiser des proies ou échapper à un prédateur ne serait sans doute pas aussi performant que le système visuel.

Cependant, il existe parfois dans un même milieu des animaux ayant développé des systèmes sensoriels différents ainsi, dans l'obscurité le sens olfactif domine chez les insectes, alors que le sens auditif domine chez les chauves-souris.

Il existe, par ailleurs, une certaine homogénéité des solutions adoptées dans les systèmes sensoriels. Ainsi observe-t-on une remarquable convergence entre les yeux d'animaux appartenant à des groupes aussi différents que ceux des mollusques et des vertébrés. Il semble que l'évolution ait sélectionné des solutions optimales. Toutefois, la complexité des systèmes sensoriels au niveau de la détection comme au niveau de l'intégration centrale est limitée par le faible degré d'organisation anatomique de certains groupes (vers, par exemple).

Actuellement, nombre de spécialisations sensorielles sont bien supérieures à leurs équivalents techniques. C'est d'ailleurs l'objet de la bionique que d'étudier les spécialisations biologiques dans le but de perfectionner certains instruments conçus par l'homme.

La Cité

Horaires

Tous les jours de 10 h à 18 h

Cité des sciences & de l'industrie

30, avenue Corentin Cariou 75019 Paris

Serveur vocal : 01 40 05 80 00 – Site internet : <http://www.cite-sciences.fr>

