

Des traces moléculaires

Selon des archéologues de l'Université de Philadelphie, les convives du banquet funèbre de Midas, roi de Phrygie au VIII^e siècle avant notre ère, avaient bon appétit. En analysant les traces de molécules organiques présentes sur la vaisselle retrouvée dans la tombe du roi malmené par les légendes, ils ont reconstitué le menu : la nature et la quantité des triglycérides et des acides gras saturés et insaturés indiquent une viande de mouton et de chèvre grillée, désossée avant d'être assaisonnée. Dans les verres, l'acide tartrique, l'oxalate de calcium et la cire d'abeille attestent un mélange fermenté de raisin, de bière d'orge et d'hydromel, le *kykeon*.

Remède de grand-mère

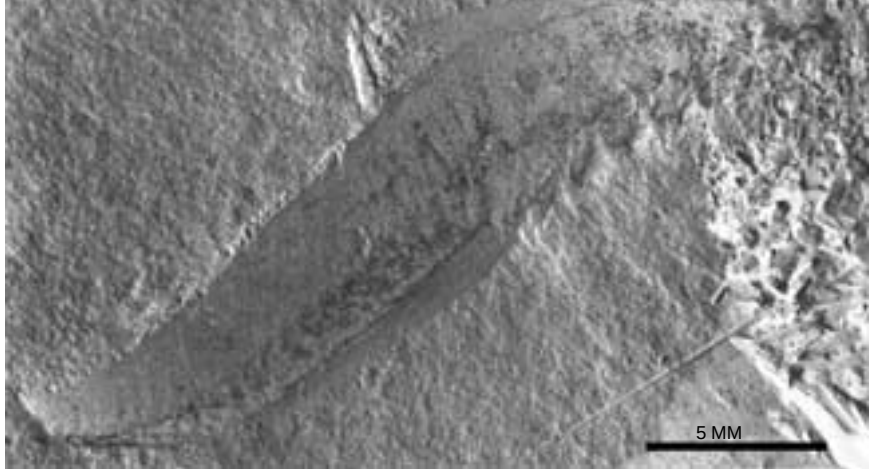
L'huile de foie de morue a été une panacée pendant des décennies. Si les enfants qui l'ingurgitaient avec dégoût avaient connu ses vertus, la cuillerée aurait été plus facile à avaler. Une équipe anglaise

vient de montrer que l'huile de foie de morue contient des substances qui inhibent la douleur et les phénomènes inflammatoires liés à l'arthrite ; l'huile contient des acides gras qui lui sont spécifiques et qui inhibent l'activité de certaines enzymes dans le cartilage, notamment d'une enzyme responsable

de la synthèse de substances inflammatoires et qui entretiennent la douleur. Heureusement, aujourd'hui l'huile de foie de morue est disponible sous forme de comprimés.

Clonage d'un primate

Le premier primate cloné, un petit singe rhésus, vient de naître. C'est une femelle, nommée Tétra, qui est en bonne santé. D'autres mammifères ont déjà été clonés, notamment des souris et la brebis Dolly, mais Tétra est plus proche de l'homme. Elle a été obtenue à partir d'un embryon de huit cellules qui ont été disloquées mécaniquement. Chaque groupe de deux de ces cellules a été introduit dans un œuf dépourvu de son contenu, lequel a été implanté sur une mère porteuse. Deux des quatre embryons identiques se sont implantés, mais seul un jeune a vu le jour. Même si le taux de réussite est assez faible, cette méthode donnera des modèles animaux très proches de l'homme, qui permettront de combler le fossé qui sépare la souris transgénique de l'homme malade.



Les poissons forment un ensemble hétérogène de vertébrés. Aujourd'hui, la majorité d'entre eux est classée dans le groupe des gnathostomes, les vertébrés à mâchoires. Les seules exceptions sont les myxines et les lampiroies, qui ont une bouche sans mâchoire articulée, et constituent le groupe primitif des agnathes. À l'ère primaire, les agnathes étaient beaucoup plus abondants et diversifiés qu'aujourd'hui, et c'est sans surprise que les deux petits poissons chinois entrent dans ce groupe. Or l'étude plus précise des relations de parentés montre qu'une de ces deux formes, *Haikouichthys ercaicunensis*, serait plus proche des lampiroies que de n'importe quel autre type de poissons. Ce résultat étonnant indique que le groupe des lampiroies se serait individualisé extrêmement tôt dans

l'histoire des poissons et, par conséquent, que l'origine commune de l'ensemble des vertébrés est à rechercher encore plus loin dans le passé. Mais des organismes aussi anciens, dépourvus de squelette ou de carapace dure propice à la fossilisation, sont extrêmement rares.

On connaît quelques gisements fossilifères du Précambrien supérieur, notamment celui d'Édiacara, en Australie, où des organismes très étranges ont été décrits. Le malheur pour le paléontologue est qu'aucun d'entre eux n'a été actuellement reconnu comme un ancêtre possible des vertébrés. L'image de cet ancêtre est pour l'instant une construction de l'esprit, une sorte de chimère alliant des caractères de larve de lampiroie et d'amphioxus.

Lionel CAVIN

Connectique neuronale

Outre les connexions entre relais visuels, des connexions silencieuses «horizontales» modulent en permanence l'activité du cortex.

Comment naît la perception ? Dans son *Traité de l'Homme*, René Descartes imagine que les organes des sens, notamment la rétine, dans le cas du système visuel, se projettent «verticalement», par l'intermédiaire de relais cérébraux, jusqu'au siège ultime de la perception visuelle. La formation d'une image neuronale se ferait par une projection ordonnée respectant, à chaque étape du traitement, l'ordre défini dans la rétine.

Au contraire, d'autres philosophes envisagent un mécanisme collectif, réparti dans l'écorce cérébrale sensorielle, et résultant de la comparaison et de la sommation «horizontale» d'activités locales. De cette façon, le système visuel reconnaît un objet quel que soit la localisation

de son image sur la rétine. Yves Frégnac et ses collègues de l'Équipe Cognisciences, à l'Institut Alfred Fessard, au CNRS de Gif-sur-Yvette, qui étudient *in vivo*, les mécanismes cellulaires responsables du traitement des informations sensorielles, ont mis en évidence qu'au cours de la perception visuelle, ces deux processus coexistent. La stimulation d'un point de la rétine active une région précise du cortex, puis donne lieu à une vague d'activation qui se propage dans le cortex et qui autorise l'établissement de relations privilégiées entre des neurones analysant des régions éloignées du champ visuel.

Lorsque le cerveau s'ouvre au monde visuel afin de restituer son environnement, il analyse les informations issues de milliers d'images passant simultanément à travers des filtres qui sélectionnent, les uns la couleur, les autres la forme, l'orientation ou encore la texture. Chacune de ces caractéristiques est à son tour subdivisée selon des critères plus précis : pour la détection de la forme, certains neurones sont sélectivement activés par l'orientation particulière d'un contour (verticale, horizontale ou oblique). Ce sont les neurones du cortex visuel

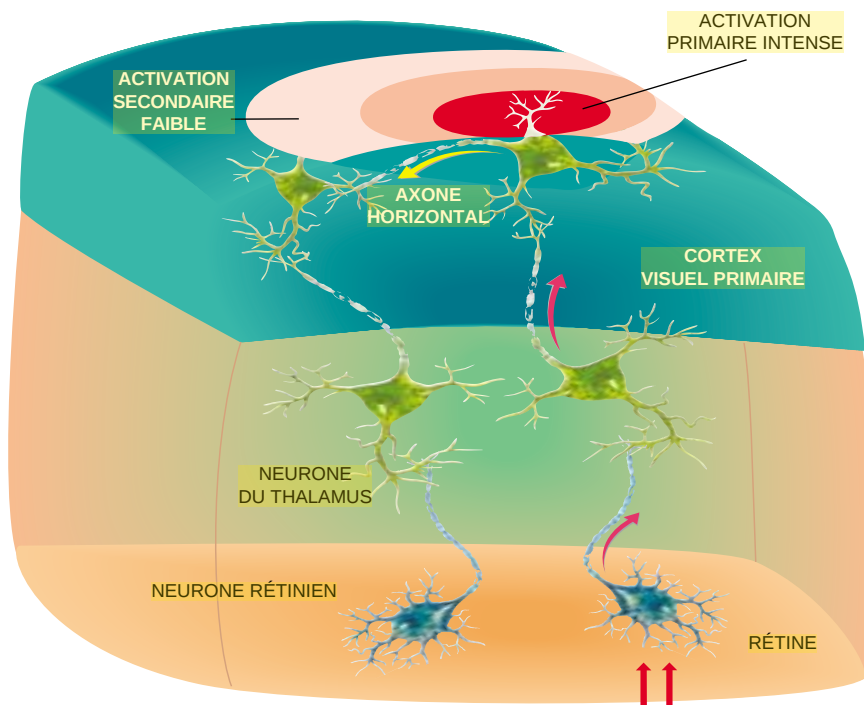
primaire, qui sont responsables de cette décomposition sélective et qui codent les différents attributs visuels d'une image.

Quel est le chemin suivi par une information visuelle au sein du cerveau ? Toute image qui parvient à l'œil est captée par la rétine, laquelle traduit les photons en un message nerveux. Ce message, constitué par des signaux électriques, nommés potentiels d'action, émis par les cellules ganglionnaires de la rétine, se propage le long du nerf optique et parvient, après un passage dans le thalamus, jusqu'aux aires visuelles primaires du cortex, en se transmettant de neurone à neurone par les synapses (les connexions entre neurones).

Le cortex lui-même comporte plusieurs couches de neurones ; chaque neurone ne transmet qu'une brique de l'information, caractéristique du groupe dont il fait partie (et qui est dédié à la détection d'un trait ou d'une orientation, ou à l'extraction d'un contour sur le fond, par exemple). L'ensemble des neurones corticaux concernés par un caractère commun (la détection de l'orientation, par exemple) forme une colonne. Ainsi, à chaque point de la rétine, sont associés une zone corticale et un ensemble de colonnes, dont chacune traite un caractère spécifique. De surcroît, par l'intermédiaire de leurs axones (les longs prolongements issus des corps cellulaires et le long desquels les potentiels d'action sont propagés jusqu'aux terminaisons synaptiques), les neurones d'une colonne établissent aussi des liens à longue distance avec des neurones du cortex visuel primaire qui ont des compétences fonctionnelles voisines, et qui fournissent le cadre visuel global à l'information traitée localement.

EXCITATIONS ET RUMEURS

Pour visualiser l'action du réseau global sur un neurone, les physiologistes de Gif-sur-Yvette sélectionnent, dans les aires corticales visuelles primaires de vertébrés, un neurone cortical analysant la fovea (la zone centrale de la rétine) ; ils observent *in situ* les réactions de ce neurone à la lumière, au moyen d'électrodes implantées dans le cortex cérébral. Les unes pénètrent dans le corps cellulaire du neurone et mesurent les signaux électriques résultant d'une excitation supérieure à un certain seuil. Les autres électrodes adhèrent à la membrane du corps cellulaire ou d'une dendrite, et détectent des courants très faibles qui reflètent la «rumeur synaptique» de l'ensemble du réseau. L'influence du réseau est généralement insuffisante pour déclencher un potentiel d'action dans la cellule étudiée : le



Lorsqu'un stimulus active un neurone de la rétine, le signal est transmis au thalamus, puis au cortex visuel primaire. Cette activation (flèches rouges) résulte en une projection point par point qui respecte l'arrangement topographique rétinien. L'information se propage alors (flèche jaune) au sein du cortex par le biais d'axones «horizontaux» qui se prolongent dans les couches du cortex. Les liaisons horizontales permettent de lier les informations provenant d'objets spatialement éloignés.

réseau reste «silencieux», mais il est en état de veille.

Y. Frégnac et ses collègues ont ainsi établi des cartes d'activation visuelle qui montrent les diverses zones du champ visuel (donc de la rétine) qui agissent sur le neurone observé. Le champ récepteur de chaque neurone englobe la zone de la rétine où l'application d'un stimulus déclenche un potentiel d'action, ainsi qu'une zone périphérique silencieuse, où l'on observe des fluctuations de faible amplitude du potentiel de membrane, qui ne déclenchent aucun potentiel d'action. Ces régions «silencieuses» autour du champ de décharge modulent le potentiel de membrane du neurone étudié, d'autant plus qu'elles en sont proches. Ces modulations prennent naissance dans le cortex et sont transmises par des axones corticaux.

Quand la valeur du signal global résultant de ces modulations est supérieure au seuil de réaction du neurone, le réseau autorise le renforcement de la réaction et une salve de potentiels d'action se déclenche ; au contraire, quand la valeur du signal global reste inférieure à ce seuil, il n'y a pas d'émission de potentiel d'action. Les différentes expériences de l'équipe de Gif-sur-Yvette sont les premiers travaux d'électro-physiologie qui démontrent, *in vivo*, au niveau synaptique, l'existence d'une activité sensorielle silencieuse, liée à des connexions

locales et/ou horizontales dans le cortex visuel, qui module la décharge des neurones corticaux.

Ainsi, l'intervention du réseau confère à chaque neurone un champ d'activation beaucoup plus étendu qu'on ne le soupçonnait. Cette coopération des neurones corticaux opérant de concert laisse espérer des voies thérapeutiques qui pallieraient les déficits profonds dus à des atteintes rétinienues. Lorsque les neurones du cortex sont privés des liaisons directes verticales, comme dans le cas de la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) qui inactive la transmission des informations issues du centre de chaque rétine, la collecte horizontale constitue la seule source d'informations pour les neurones corticaux qui analysent normalement cette région ; encore faut-il que cette information soit efficace, c'est-à-dire qu'elle déclenche un signal. Dans la mesure où les neurones sont dotés d'une certaine plasticité, on peut espérer qu'un jour, des techniques d'apprentissage performantes chez les personnes atteintes de dégénérescence maculaire liée à l'âge permettront une activation préférentielle de certaines voies horizontales et restaureront l'activité des neurones fonctionnellement déconnectés en leur permettant d'analyser les informations en provenance de la bordure de la zone dégénérative.

Marie-Thérèse Landousy

Du nouveau contre le prion

On ne dispose encore d'aucun traitement de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, ni de sa nouvelle forme qui serait due à la consommation de viande contaminée par la maladie de la vache folle. La maladie serait due à la transformation irréversible d'une protéine anodine en une protéine pathogène. Pourtant, des équipes européennes et américaines ont réussi, sur des cultures de cellules, à rendre à une protéine PrP anormale une structure et une activité biochimique comparables à celles de la protéine normale. Pour ce faire, ils ont utilisé une petite molécule (un peptide) qui rompt certaines liaisons intramoléculaires. De surcroît, quand ils ont injecté ce peptide à des souris malades, ils ont ralenti le développement de la maladie et diminué notablement le pouvoir infectieux de la protéine pathogène.

Le réchauffement menace les ours

Les ours polaires risquent de mourir de faim à cause des changements climatiques qui réduisent la superficie de la banquise. La saison des glaces, notamment dans certaines régions du Canada, dure trois semaines de moins qu'il y a 20 ans. Or, les ours se nourrissent principalement des phoques qui vivent sur la banquise : ils ont moins de temps pour chasser, perdent du poids, et les femelles ont moins de petits. Les gaz à effet de serre, surtout le gaz carbonique, sont responsables de la fonte des glaces. Ils ont entraîné une hausse des températures moyennes des océans de 0,6 degré depuis le début du XX^e siècle. Si ce réchauffement se poursuit, la surface de la banquise se réduira encore et la menace qui pèse sur les ours polaires se renforcera.



Abeilles mitées

Jusque dans les années 1950, les abeilles européennes vivaient tranquilles. Puis, les acariens parasites *Varroa jacobsoni* sont arrivés du Sud-Est asiatique, introduisant avec eux un virus fatal aux abeilles. Devant l'inefficacité des pesticides employés (ils donnent mauvais goût au miel et les mites y sont de plus en plus résistantes), des mathématiciens anglais ont entrepris de modéliser les interactions des deux espèces d'insectes en l'absence d'intervention humaine. Ils espèrent ainsi déterminer l'état d'équilibre – s'il existe – des deux populations : les apiculteurs jugeront alors d'agir, ou à l'inverse, de laisser la nature suivre son cours.

Tomographie atmosphérique

Comment corriger les effets des perturbations atmosphériques pour tout le ciel?

En été, sur une route chauffée par le soleil, observez les voitures qui arrivent au loin : leur image est floue, déformée par les perturbations de l'atmosphère. Similairement, les perturbations atmosphériques altèrent l'observation astronomique. Comment les corriger? En déformant les miroirs de télescope par une technique d'optique adaptative. Une équipe d'astronomes italo-espagnols vient de tester une nouvelle méthode d'optique adaptative qui, contrairement aux méthodes classiques, est applicable à l'intégralité du ciel.

En théorie, la résolution d'un télescope, c'est-à-dire la taille des plus petits détails discernables, est limitée par la tache de diffraction. Pour un télescope, c'est environ le rapport de la longueur d'onde d'observation et du diamètre du télescope. En pratique, la résolution est moins bonne que cette limite, car les mouvements d'air de l'atmosphère altèrent la qualité de l'image.

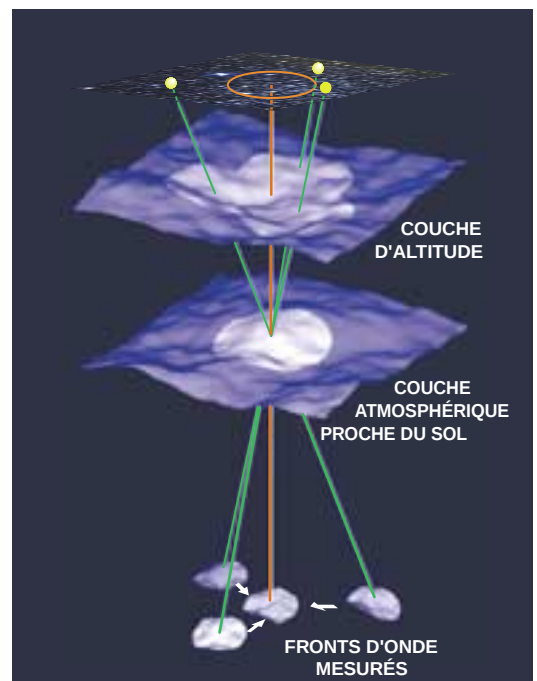
Pour limiter ces perturbations, les astronomes placent leurs télescopes sur des montagnes : non pas pour se rapprocher des étoiles, mais parce que l'air est moins sujet aux perturbations. Le ciel que l'on observe au sommet des volcans d'Hawaii, à plus de 4 000 mètres d'altitude, est ainsi réputé pour être le meilleur du monde : le *seeing*, c'est-à-dire la taille des perturbations dues aux turbulences peut être, par temps calme, meilleur que 0,5 seconde d'angle. Cela reste près de 30 fois supérieur à la résolution théorique d'un télescope de huit mètres de diamètre qui observe à une longueur d'onde de 0,5 micromètre, dans le visible. Comment aller au-delà, ou comment améliorer la résolution dans les zones où le *seeing* n'est pas aussi bon? Grâce à l'optique adaptative.

L'optique adaptative corrige les perturbations atmosphériques en modifiant la forme du miroir à l'aide de petits vérins commandés par ordinateur. Pour

corriger ces perturbations, encore faut-il les connaître. En principe, c'est possible grâce à des étoiles guides, des étoiles brillantes dont on connaît l'image qu'elle devrait former en l'absence de perturbation. En surveillant les déformations de l'image de ces étoiles, on déduit les déformations dues à cette turbulence. Ainsi, on corrige en temps réel la forme du miroir, de sorte que l'image des étoiles voisines de ces étoiles guides est corrigée.

Malheureusement, ces compensations de l'image ne s'appliquent qu'à des régions situées très près des étoiles guides : on estime que moins de un pour cent de la partie du ciel au voisinage d'une étoile brillante bénéficie de l'optique adaptative. De surcroît, même dans le voisinage immédiat de ces étoiles guides, la correction n'est pas uniforme.

L'une des manières de pallier cette difficulté consiste à créer des étoiles artificielles à l'aide de lasers. En éclairant les couches supérieures de l'atmosphère à une longueur d'onde adéquate, la lumière laser excite des atomes de sodium, qui s'y trouvent ; ceux-ci qui se dés excitent en émettant de la lumière, créant une étoile artificielle. Malgré la difficulté de mise en œuvre de ces techniques, notamment l'obtention de lasers suffisamment puissants à des coûts raisonnables, plusieurs systèmes d'optique



La lumière des étoiles est perturbée par la turbulence de toutes les couches de l'atmosphère. On a ici représenté deux couches, l'une près du sol et l'autre en haute altitude. En observant la lumière de trois étoiles situées à proximité de la ligne de visée du télescope (lignes vertes), on obtient trois mesures de la déformation du front d'onde, à partir desquelles on reconstruit la perturbation dans la direction de la ligne de visée (ligne rouge), où aucune étoile de référence n'est présente.