



Le goût du froid

HERVÉ THIS

Le refroidissement ou le réchauffement de la langue suscitent la perception de saveurs, même en l'absence d'aliments.

La physiologie du goût est aujourd'hui une déferlante : ces dernières années, les physiologistes ont élucidé les bases moléculaires de la sensation gustative du piquant, puis ils ont identifié, dans les cellules des papilles gustatives, les mécanismes qui conduisent à la perception de la saveur ; le mois dernier, ils ont découvert – enfin ! – le premier récepteur d'une molécule sapide. Les physiologistes ont en main les méthodes analytiques pour trouver d'autres récepteurs...

mais la nouveauté est inattendue. C'est la découverte de «saveurs thermiques» : des variations de la température de la langue suscitent la perception de saveurs sans que des molécules sapes ne soient présentes!

Quand nous mangeons, diverses molécules des aliments stimulent les cellules olfactives du nez, les papilles de la bouche, des récepteurs de la douleur (pour le piquant) et, aussi, des capteurs mécaniques ou thermiques. Comment les diverses perceptions interagissent-elles pour former la notion synthétique du «goût»? On a longtemps supposé que les informations obtenues par les diverses cellules sensorielles montaient, de neurone en neurone, jusqu'aux centres supérieurs du cerveau, qui les interprétaient, formant la sensation du goût, mais les électrophysiologistes ont compris, il y a quelques années, que cette description était insuffisante : les informations sensorielles se mélangent dès les premiers relais neuronaux, et l'«intégration» sensorielle commence dès la langue.

Afin de déterminer l'effet physiologique de ce mélange, Ernesto Cruz et Barry Green, de l'Université Yale, ont cherché l'effet de la température des aliments sur la perception des saveurs. À cette fin, ils ont stimulé la langue de sujets à l'aide de petites «thermodes», des systèmes dont on commande la température à l'aide de courants électriques... et

c'est ainsi qu'ils ont redécouvert les «saveurs thermiques» suscitées par divers réchauffements ou refroidissements de la langue (l'effet avait été découvert il y a 35 ans, mais l'observation avait été intégrée à une théorie controversée).

Les réactions n'étaient pas identiques pour tous les individus, mais, pour une forte proportion des sujets testés, le chauffage de la pointe de la langue (jusque la température de 35 °C) produisait une légère sensation sucrée, tandis que le refroidissement (jusqu'à 5 °C) provoquait la sensation acide, et salée pour un des sujets. Le chauffage de l'arrière de la langue ne donnait qu'une faible sensation de sucré, mais le refroidissement de l'arrière langue suscitait souvent des sensations plus nettes, décrites comme amères ou acides. Certains des sujets testés ne percevaient aucune de ces saveurs thermiques.

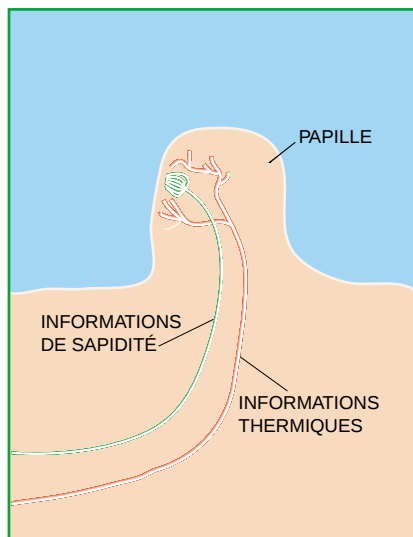
Étrange phénomène, qui méritait d'être exploré. Les physiologistes cherchèrent d'abord à quantifier les relations entre la température et l'intensité des sensations : l'intensité de la saveur sucrée, à l'avant de la langue, augmente avec la température (jusqu'à 35 °C), alors que l'«acide thermique», dû au refroidisse-

ment, évolue vers le salé. Puis, comme les sujets avaient souvent signalé des différences entre le centre et les bords de la langue, les chercheurs précisèrent les impressions : la perception du sucré thermique est maximale sur la pointe de la langue pour tous les sujets et l'acide thermique est mieux perçu sur les bords de la langue.

Comment interpréter ces résultats? On sait que les fibres nerveuses de deux nerfs crâniens innervent les papilles : les fibres de la corde du tympan se ramifient dans les papilles gustatives et transmettent les informations sur les saveurs, tandis que les fibres de la branche linguale du nerf trigéminal se terminent dans l'épithélium des papilles, près des bourgeons du goût, et elles transmettent au cerveau les informations de température, douleur, irritation et pression. Les capteurs thermiques et les récepteurs des saveurs sont proches dans la bouche.

Ainsi les changements de température activeraient les récepteurs responsables du codage normal de la perception des saveurs. Dans cette hypothèse, on devrait bloquer les saveurs thermiques en stimulant les récepteurs de saveurs. Au contraire, si la saveur thermique n'est pas due aux récepteurs normaux des saveurs, le blocage de ces récepteurs n'aura pas d'effet sur la perception de la saveur thermique. Les tests sont en cours.

Que feront les cuisiniers de telles découvertes? On ne goûte pas de la seule pointe de la langue, de sorte que l'effet des saveurs thermiques est faible en dégustation courante. En revanche, chacun peut déterminer s'il fait partie des personnes qui perçoivent les saveurs thermiques : il suffit de placer un glaçon contre la pointe de la langue, ou de tremper celle-ci dans un verre d'eau tiède.



Les capteurs thermiques (en rouge) sont proches des récepteurs des saveurs (en vert) dans les papilles gustatives.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 25 avril 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

La Lune, artefact extraterrestre?

Une mission sera lancée vers la Lune afin de le vérifier.

Si, quelque part dans notre Galaxie, il existe une civilisation extraterrestre plus évoluée que la nôtre, les modèles mathématiques montrent que cette civilisation aurait dû coloniser la Galaxie rapidement. Dans ce cas, cette civilisation aurait vraisemblablement atteint notre Système solaire il y a des millions d'années. Y aurait-elle laissé des traces?

En 1948, l'écrivain britannique Arthur C. Clarke imagine dans sa nouvelle *La sentinelle* que des extraterrestres avaient placé sur la Lune une balise qui se déclencherait dès qu'elle serait découverte, signalant à ses constructeurs que l'homme avait atteint l'âge de l'astronautique. L'idée de ces balises bien proches est reprise et étendue, en 1968, dans *2001, l'Odyssée de l'espace* : enterré sur la Lune, un monolithe parallélépipédique noir émet un signal en direction de Jupiter.

Entre temps, l'idée d'une présence extraterrestre sur la Lune avait été exploitée par différents auteurs, notamment par les Français Alfred Nahon et Jean Sendy qui proposaient d'interpréter dans ce sens les émissions lumineuses énigmatiques, repérées par les astronomes et connues sous le nom de phénomènes lunaires transitoires.

Tous ces scénarios oublient qu'une civilisation suffisamment évoluée pour voyager à travers la Galaxie disposerait de capacités techniques bien supérieures aux nôtres, au point de pouvoir créer des structures indiscernables des structures naturelles. Aussi, ne doit-on pas chercher une structure manifestement artificielle, mais plutôt quelque chose d'apparemment naturel, hormis quelques détails conduisant à soupçonner l'intervention d'une intelligence. C'est cette idée que retint le grand astronome russe Joseph Schklovski, en 1959, lorsqu'il suggéra qu'un certain nombre d'anomalies dans les orbites des deux satellites de Mars, Phobos et Deimos, ne pouvaient s'expliquer que s'ils étaient creux et, donc, artificiels. Scrutant attentivement la face de l'orbite de l'un comme de l'autre, Schklovski suggéra qu'une antique civilisation martienne, arrivée à son apogée alors que la vie terrestre sortait à peine des océans, aurait pu laisser cette marque de

son passage. Depuis, les anomalies des satellites martiens ont été expliquées par la mécanique céleste, et le problème est revenu à son point de départ.

Considérons le problème soulevé voici quelques années par l'astrophysicien américain Gregory Benford : quelle est la probabilité que, sur un astre abritant la vie, la taille apparente de son satellite «naturel» coïncide exactement avec la taille apparente de l'astre solaire? Très faible, et il est manifeste que la Terre est le seul lieu du Système solaire d'où l'on peut contempler des éclipses totales de Soleil. D'où l'idée d'arrêter la recherche d'artefacts ou de signaux extraterrestres et de tester l'hypothèse selon laquelle la Lune est elle-même un artefact extraterrestre. Il n'est même pas nécessaire d'imaginer que la Lune soit artificielle. Ce qui est artificiel, c'est qu'elle soit placée exactement là où elle se trouve.

Cette idée, absurde au premier abord, se révèle pourtant d'une logique implacable. Pour plusieurs raisons. La première, et la plus évidente, est bien entendu l'existence des éclipses de Soleil. Ces spectacles impressionnants ont joué un rôle majeur dans les religions antiques, et leur compréhension a nécessité des siècles de recherche en mathématiques et en astronomie tant théorique qu'observationnelle. Les éclipses de Soleil ont donc indéniablement été un facteur important d'évolution culturelle.

Ensuite, on a reconnu ces dernières années que plusieurs circonstances, négligées jusqu'alors, avaient joué un rôle clé dans l'apparition de la vie sur Terre. L'un de ces événements «miraculeux» concerne justement la Lune. Dotée d'une masse relativement importante par rapport à celle de la Terre, elle a stabilisé la position de l'axe de rotation terrestre grâce aux forces de marées, ce que Galilée analysa comme l'«effet des forces liantes de marées». En empêchant la Terre de danser la gigue sur son axe, la présence de la Lune évite les catastrophes climatiques que ces déplacements chaotiques répétés auraient entraînées. En effet, la variation saisonnière de la durée des nuits et des jours est due à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de son orbite autour du Soleil. Si cet axe se couchait dans le plan orbital, les saisons seraient terriblement contrastées : une moitié du Globe serait plongée dans une nuit d'environ six mois, tandis que l'autre serait, pendant la même période, soumise au rayonnement solaire. Certains scientifiques pensent que



ce scénario catastrophe a privé Mars de son atmosphère initiale, y interdisant à jamais le développement de la vie. La Lune ayant stabilisé l'axe de rotation terrestre, les saisons seraient restées relativement stables sur Terre, assurant la clémence des conditions climatiques et permettant l'émergence de la vie. Y aurait-il, quelque part dans la Lune, des réacteurs qui serviraient à modifier son orbite et qui l'aurait amené à sa position actuelle?

Enfin, la sonde *Lunar Prospector*, qui s'est écrasée sur le sol de notre satellite en juillet 1999, a décelé dans le spectre infrarouge de certaines régions lunaires des signatures spectrales inexpliquées.

Fort de ces indices convergents, la NASA vient de décider de lancer SETOM (pour *Search for Extraterrestrial Origin of the Moon*, soit «recherche de l'origine extraterrestre de la Lune»), un nouveau projet de recherche en marge du fameux programme SETI (pour *Search for Extraterrestrial Intelligence*, soit «Recherche d'intelligence extraterrestre»). La première étape de ce projet consistera en la construction et l'envoi en orbite lunaire d'une sonde nommée LOVE (*Lunar Orbiter Vehicle Expedition*) qui analysera de manière fine la gravité lunaire afin de détecter d'éventuelles anomalies souterraines : si la Lune comporte des creux qui abritent des réacteurs ou des systèmes de commande, sa gravité sera différente de celle d'une sphère pleine. Plusieurs petits modules d'excavation seront aussi largués à la surface lunaire. Outre détecter d'éventuels sons, leur rôle sera de s'enfouir dans le sol lunaire afin d'analyser de plus près les anomalies décelées par la sonde, après avoir noté la cote des creux. Cette mission ambitieuse et originale devrait être lancée au tournant du siècle.

P. THEBARN et R. LYEHOO, Département d'exo-sociologie & Chaire de bioastronomie, Université Miskatonic, Rhode Island

Le bégaiement des coucous

Pour que ses parents adoptifs le nourrissent assez, le petit coucou émet des «cris de faim» de plus en plus fréquents.

Étudié par Nicholas Davies et ses collègues de l'Université de Cambridge, depuis une quinzaine d'années, le coucou gris *Cuculus canorus* est d'une surprenante «ingéniosité». Si les femelles reproductrices usent de tactiques variées et efficaces pour faire adopter leurs œufs par des familles hôtes appartenant à d'autres espèces, les petits coucous au nid sont tout aussi habiles pour se faire nourrir par leurs parents adoptifs. Ainsi, les jeunes coucous élevés par des rousserolles effarvates, une espèce de fauvettes, utilisent les signaux de l'espèce hôte pour élaborer d'autres signaux, différents de ceux des petites fauvettes, mais aussi efficaces.

N. Davies et ses collègues ont d'abord étudié la communication familiale lors du nourrissage des jeunes de l'espèce hôte. Pour obtenir à manger de leurs parents, les petites fauvettes émettent un double signal, visuel et sonore : elles ouvrent largement leur bec, exhibant l'intérieur coloré, et émettent un petit cri répétitif. Utilisant un grand échantillon de «familles» naturelles ou expérimentales, les ornithologues ont vérifié, d'une part, que les petites fauvettes informent «honnêtement» leurs parents de leurs besoins alimentaires : plus les poussins ont faim, plus ils ouvrent le bec et plus ils crient vite. D'autre part, ils ont montré que

l'empressement des parents à nourrir les jeunes augmente avec le double signal de sollicitation codé par la superficie de la tache colorée et par la fréquence du bégaiement.

Comment un petit coucou parvient-il à se faire nourrir efficacement par des fauvettes ? À peine éclos, le poussin parasite se débarrasse des œufs présents dans le nid en les poussant par dessus bord. Seul dans le nid, il exige à peu près autant de nourriture qu'une couvée de quatre fauvettes. Au début, il émet des cris semblables à ceux de l'espèce hôte, et se fait nourrir à bonne allure. Toutefois, à mesure qu'il grandit, la surface de son bec ouvert diminue plus vite que la surface totale des becs d'une couvée de quatre fauvettes : il devient vite incapable d'émettre les signaux de sollicitation visuels d'une couvée de fauvettes qui requerraient le même apport alimentaire.

Pour activer le comportement nourricier de ses parents adoptifs, il recourt alors à un subterfuge : il émet un signal sonore de plus en plus rapide, qui compense la faiblesse de son signal visuel (la petitesse de son bec ouvert par rapport à sa taille). De jour en jour, le petit coucou bégaiement de plus en plus vite : de quelques cris par seconde le premier jour, il accélère la cadence chaque jour pour atteindre une dizaine de cris par seconde vers l'âge de trois semaines ! Le bégaiement frénétique du petit coucou n'existe pas chez l'espèce hôte, mais il est très efficace pour abuser les parents.

Dans le monde vivant, la communication trompeuse entre espèces est fréquente : de nombreux animaux trompent d'autres espèces – proies, prédateurs, hôtes, compétiteurs – en émettant des signaux qui masquent leur identité. Ainsi l'araignée Bola attire ses proies, des papillons nocturnes mâles, en émettant une odeur identique à la phéromone sexuelle attractive des femelles de l'espèce. Ou encore la Sésie apiforme, un papillon inoffensif, dissuade les oiseaux insectivores de la chasser en arborant une livrée à rayures jaunes et noires, qui la fait ressembler à des abeilles venimeuses.

Jusqu'à présent, les éthologistes pensaient que seuls des signaux mimétiques étaient utilisés dans la communication trompeuse. Ce n'est pas tout à fait le cas du coucou : par cette série d'expériences sur la communication entre les petits coucous et leurs parents adoptifs, l'équipe anglaise a montré que, pour obtenir autant à manger que quatre fauvettes de douze jours, un petit coucou ouvre son bec comme deux d'entre elles et bégaiement comme huit.

Anne TEYSSÈDRE

BRÈVES

Le rêve de la drosophile

Quand la drosophile, cette minuscule mouche qui apprécie le vinaigre et les fruits, est immobile on s'interroge : est-elle morte ? Se repose-t-elle ? Est-elle endormie ? Une équipe de San Diego a montré que la drosophile dort. En effet, quand on place les mouches pendant 12 heures à la lumière et 12 heures dans l'obscurité, 90 pour cent d'entre elles s'immobilisent dans le noir. Par ailleurs, les mouches privées de sommeil pendant plusieurs jours restent immobiles plus longtemps que les autres : elles ont besoin de «récupérer». Diverses substances, dont la caféine, réduisent les phases d'immobilité. La découverte ouvre une nouvelle voie de recherche, celle de l'étude des troubles du sommeil chez l'homme, encore mal élucidés. Reste une question : à quoi rêvent les drosophiles ?

À qui a écrit Ramanujan ?

En 1912, le jeune mathématicien autodidacte hindoux, Srinivasa Ramanujan écrivait à des mathématiciens pour montrer le résultat de ses travaux. Un seul destinataire des lettres répondit : G. Hard. Il comprit l'intérêt des formules envoyées par Ramanujan et le fit venir en Angleterre. On a déterminé aujourd'hui les noms des mathématiciens anglais auxquels Ramanujan avait écrit : les professeurs Hobson, Baker et Hill. Ceux-ci n'avaient pas compris les mathématiques de Ramanujan, et sans Hardy, un génie mathématique serait resté ignoré et désespéré.



Les moutons physionomistes

À Cambridge, des neurobiologistes ont montré qu'un mouton sait reconnaître l'un de ses congénères, parmi deux images de mouton qui lui sont projetées. Après une phase d'entraînement, il avance vers l'image qu'il a choisie pour avoir une récompense (de la nourriture). En revanche, quand on projette des images de moutons dont la tête est cachée, le mouton est incapable de les identifier. Comme les primates, les moutons utiliseraient l'hémisphère droit de leur cerveau pour reconnaître les traits de leurs congénères : des marqueurs génétiques indiquent que l'activité du cortex temporal droit est supérieure à celle du gauche lors de la reconnaissance.



Marital Codes/Jacana

Pour obtenir assez de nourriture de ses parents adoptifs, un jeune coucou crie autant que plusieurs jeunes fauvettes.

La face cachée du Soleil

Comment prévoir les éruptions solaires dont les jets de particules perturbent les télécommunications terrestres? En surveillant les groupes de taches solaires qui accompagnent les éruptions.



Comme le Soleil tourne sur lui-même en 27 jours, les astronomes ne pouvaient pas voir les taches cachées, annonciatrices d'éruptions. En examinant les durées de parcours des ondes sonores à la surface du Soleil, les astronomes déterminent l'existence de ces taches, même quand elles sont sur la face cachée du Soleil. En effet, ces taches modifient la vitesse de propagation des ondes de quelques secondes pour trois heures de trajet, comme l'a mesuré le satellite SOHO.

Fibres sèches

Les réseaux de fibres optiques transportent une lumière laser infrarouge. Malheureusement, des impuretés du verre de ces fibres, dues à une contamination par l'eau, absorbent ces longueurs d'onde. L'eau provient de la combinaison de l'oxygène et l'hydrogène des torches à plasma utilisées pour fabriquer les fibres. En analysant le contenu en eau de fibres et en modélisant comment l'eau pénètre dans le verre, une équipe de l'Institut de technologie du Massachusetts a amélioré les procédés de fabrication des fibres optiques. Des fibres «sèches», dont la transmission de certaines longueurs d'onde est améliorée d'un facteur cinq, ont été fabriquées.

L'implant anti-hémophilie

Les caillots sanguins bloquent les hémorragies. La formation de tels caillots requiert l'activation en cascade de molécules, nommées facteurs de coagulation, qui catalysent la précipitation d'une protéine, la fibrine. Chez certains hémophiles, l'un des facteurs est déficient : il ne peut plus activer les suivants de la chaîne et la coagulation ne se fait pas. Une équipe de l'Institut américain de la santé a proposé une alternative aux injections des facteurs activés qui traitent cette maladie. Placé dans la cavité abdominale, un implant poreux, contenant le facteur de coagulation activé qui pallie le facteur déficient, est traversé par le sang : la cascade des autres facteurs est ainsi réactivée jusqu'à la coagulation. Testés sur des singes, de tels implants sont restés efficaces pendant un mois.

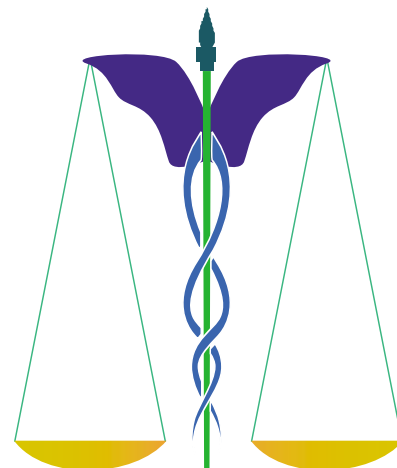
Le Service médical rendu

L'ensemble des médicaments est aujourd'hui réévalué à l'aune d'une nouvelle notion : le service médical rendu.

Le 18 septembre 1999, le quotidien *Le Monde* publiait une liste de 286 médicaments déclarés «inutiles». L'article était consacré à l'évaluation de centaines de médicaments afin de justifier – ou non – leur remboursement par la Caisse nationale d'assurance maladie et le taux. Le critère retenu était le «service médical rendu». Cette notion semblait floue et confondue avec la notion d'efficacité. En quoi consiste ce service médical rendu? Quels différences y a-t-il avec l'autorisation de mise sur le marché d'un médicament?

Pour être vendus, les médicaments doivent obtenir une autorisation de mise sur le marché délivrée par l'Agence française de sécurité sanitaire et des produits de santé (l'ancienne Agence du médicament). Cette autorisation requiert l'évaluation de la qualité, de l'efficacité et de la sécurité du médicament candidat à partir de données fournies par l'industriel producteur. Pour la qualité, on teste la stabilité du produit, sa pureté et l'on s'assure que le passage de la production expérimentale à l'échelle industrielle ne modifie pas ses propriétés. Pour l'efficacité, on examine la capacité du médicament à produire un effet thérapeutique afin de définir ses indications et sa posologie. Des études cliniques sont effectuées par le fabricant ou par des organismes spécialisés indépendants. Enfin, pour la sécurité, on vérifie l'innocuité du médicament, on détermine ses effets indésirables, et des experts valident la pertinence de la méthodologie employée. Au final, après l'estimation d'un rapport bénéfice/risque, l'autorisation de mise sur le marché est accordée. L'Agence dispose d'inspecteurs qui vérifient parfois la conformité des données fournies.

Ainsi, l'autorisation de mise sur le marché ne se fonde que sur des données médicales et techniques. En revanche, le service médical rendu aborde les médicaments d'un point de vue économique. Il s'agit de replacer chaque médicament dans le paysage pharmaceutique existant avant de préconiser son admission au remboursement et un taux adapté. En fait, ce nouveau service permettait de réévaluer des médicaments anciens qui n'auraient jamais dû obtenir leur autorisation de mise sur le marché.



Jusqu'en 1980, le remboursement des médicaments ne dépendait que de la gravité de la maladie pour laquelle ils étaient prescrits. Un médicament contre le cancer pouvait ainsi être moins efficace qu'un principe actif ancien, et être remboursé jusqu'à 100 pour cent selon le régime de l'assuré social.

Depuis octobre 1999, le service médical rendu est déterminant dans la fixation du taux de remboursement. L'Agence française de sécurité sanitaire et des produits de santé a été mandatée par le ministère de la Santé pour réunir une commission, dite de transparence, chargée d'examiner l'ensemble de la pharmacopée française et de déterminer pour chaque classe de médicaments son service médical rendu.

Cette commission est composée de pharmacologues, de médecins généralistes, de médecins spécialistes, de représentants du Syndicat national des industries pharmaceutiques et de représentants de l'ordre des médecins. L'examen a été divisé en quatre tranches : la première, qui vient de se terminer, concernait la cardiologie, le métabolisme, la rhumatologie, la nutrition et la psychiatrie.

Pour chaque catégorie de médicament, un groupe de travail composé de spécialistes avait à se prononcer sur la gravité de la maladie pour laquelle le médicament est prescrit, sur les preuves de son efficacité et de la tolérance de l'organisme, sur la place dans la stratégie thérapeutique au regard des thérapies existantes et sur l'intérêt en terme de santé publique.

Les preuves de l'efficacité sont de quatre types : l'efficacité est certaine lorsque le médicament a fait l'objet d'au moins deux études cliniques dont les résultats ont été publiés dans des revues reconnues ; l'efficacité existe quand un seul essai a été publié ; l'efficacité est vraisemblable quand le médicament jouit d'un consensus professionnel fort, c'est-à-dire que, malgré l'absence d'étude publiée, il est reconnu efficace par tout le corps médical, et est