

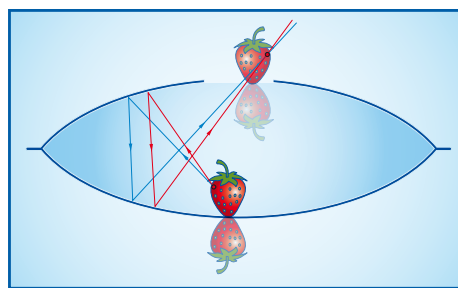
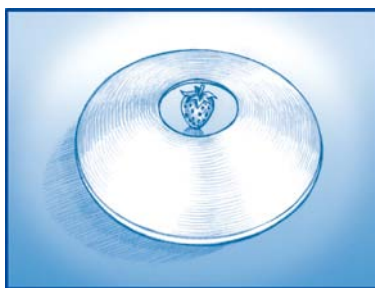
Quand on place un petit objet lumineux au centre de courbure du miroir sphérique, tous les rayons émis arrivent perpendiculairement à la surface du miroir : par conséquent, ils rebroussent chemin, de sorte que l'image se forme à l'endroit où se trouve la source lumineuse. Cette image n'est cependant pas observable, car l'objet empêche les rayons d'atteindre un observateur placé plus loin.

Considérons maintenant une source lumineuse placée très loin du miroir, sur l'axe. Ses rayons arrivent parallèles à l'axe ; après réflexion, ils convergent en un point unique, le foyer du miroir, situé à mi-chemin entre le sommet et le centre de courbure du miroir. Inversement, les rayons d'une source placée au foyer émergent parallèles à l'axe.

On peut maintenant expérimenter plus librement. Regardons-nous dans le miroir sphérique au fur et à mesure que nous nous en éloignons (voir la figure 1). Lorsque nous sommes tout près, tout se passe comme avec un miroir plan : nous nous voyons en simple réflexion derrière le miroir. Quand on s'éloigne, la courbure se fait de plus en plus sentir : notre image reste derrière le miroir, mais elle grossit peu à peu, jusqu'à devenir démesurée lorsqu'on arrive au foyer. En pratique, nous ne voyons plus rien à ce stade, et cela persiste tant que notre œil se trouve entre le foyer du miroir et son centre de courbure. L'image formée se trouve en effet derrière nous, sans que personne ne puisse la voir puisque nous bloquons les rayons.

Puis, quand on se place au-delà du centre de courbure, notre image, plus petite et inversée, se forme entre le foyer et le centre de courbure, toujours devant le miroir. C'est ce type d'image que nous voyons lorsque nous nous regardons dans le creux d'une cuillère métallique (pour autant, on a toujours la sensation que l'image est derrière le miroir, ce qui reste un mystère pour les deux auteurs de cette rubrique).

Revenons au mirascope. Il est composé de deux miroirs paraboliques identiques et accolés en vis-à-vis, de telle sorte que le sommet de chaque miroir coïncide avec le foyer du second. En pratique, l'un des deux miroirs est évidé au centre afin que la lumière puisse rentrer et sortir du dispositif (voir



2. LE MIRASCOPE EST CONSTITUÉ DE DEUX MIROIRS PARABOLIQUES en vis-à-vis, de telle façon que le sommet de l'un coïncide avec le foyer de l'autre. Quand on place un petit objet près du sommet du miroir inférieur, son image (ainsi que celle de sa réflexion dans le miroir inférieur) se forme au niveau de l'ouverture du miroir supérieur. La droite et la gauche y sont inversées. L'objet paraît comme s'il flottait en l'air.

la figure 2). Cette géométrie peu naturelle n'aurait sans doute pas été imaginée si les miroirs que nettoyait C. Landry n'avaient été des miroirs de projecteurs de défense anti-aérienne datant de la Seconde Guerre mondiale : ils étaient en effet découpés en leur milieu pour placer le support de la lampe du projecteur.

Un face à face renversant

Que se passe-t-il si l'on place une source lumineuse au sommet central du miroir inférieur du mirascope ? Cette source (qui peut être un objet éclairé à travers l'ouverture par la lumière ambiante) se situe au foyer du miroir supérieur. Les rayons qui en sont issus partent dans toutes les directions vers le haut et frappent le miroir supérieur où ils sont réfléchis vers le bas, parallèles à l'axe vertical. Leur réflexion sur le miroir inférieur les focalise au foyer de ce dernier, c'est-à-dire au sommet du miroir supérieur, d'où ils semblent émerger aux yeux d'un observateur extérieur.

Si l'on déplace la source hors de l'axe, les rayons émergents sont renvoyés parallèles par le miroir du haut, mais inclinés, et ce d'autant plus que le point est décalé : ils seront focalisés au voisinage du sommet du miroir supérieur. Grâce à des constructions géométriques, les férus d'optique pourront se convaincre que si l'on dispose un objet plat sur le miroir inférieur, son image réelle, symétrique de l'objet par rapport à l'axe, apparaîtra comme flottant en l'air dans l'ouverture du miroir supérieur. La beauté

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTLY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

BIBLIOGRAPHIE

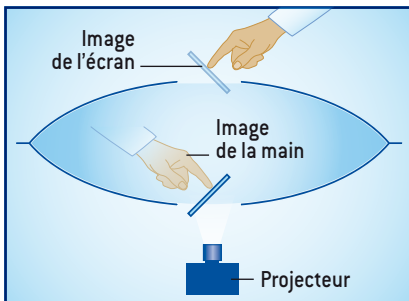
L. Bu, *Modeling the mirascope using dynamic technology*, Loci, mai 2011 (<http://tinyurl.com/n3nrmkm>).

A. Butler *et al.*, *Vermeer: Direct interaction with a 360° viewable 3D display*, UIST'11, Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 569-576, ACM, 2011.

A. Sieradzian, *Teaching geometrical optics with the "optic mirage"*, *The Physics Teacher*, vol. 28, pp. 534-536, 1990.

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr





3. LE MIRASCOPE permettrait de réaliser une interface où l'on manipule un objet virtuel, ici un écran. On place au sommet du miroir inférieur un écran. L'image de cet écran se forme au sommet du miroir supérieur. Les doigts de l'opérateur viennent manipuler l'image de l'écran. L'image de la main, formée près de l'écran réel, est détectée par une caméra (non représentée) qui traduit ensuite les positions des doigts en instructions.

du dispositif est qu'il en est de même pour un objet en relief, avec en prime l'image de la réflexion de l'objet sur le miroir inférieur (une image de l'image-miroir).

Cette illusion est remarquable et l'on a vraiment envie de saisir l'image formée. On peut renforcer l'illusion en éclairant cette image avec un pointeur laser : l'image semble diffuser la lumière comme si l'objet était effectivement là. En réalité, les rayons du pointeur se sont réfléchis dans le mirascope, ont éclairé le point correspondant de l'objet réel où ils ont été diffusés, et c'est l'image de cette diffusion que l'on voit.

Au-delà de l'aspect ludique, le mirascope a-t-il un avenir ? Pour certains, oui. Une idée est de placer au sommet du miroir inférieur un système de projection 3D constitué d'un écran semi-transparent en rotation rapide. Cette rotation, synchronisée avec le projec-

teur qui affiche sur l'écran un motif bidimensionnel, permet de créer une image à trois dimensions, en jouant sur la persistance rétinienne. On ne peut pas toucher cette image 3D, car elle est formée dans l'espace occupé par l'écran tournant. Mais grâce au mirascope, elle est transportée au sommet du miroir supérieur, dans une zone vide de matière que l'observateur peut toucher sans danger avec ses doigts (voir la figure 3).

Le mirascope fonctionne à l'envers aussi : il forme une image des doigts dans la zone de projection, près du sommet du miroir inférieur, où leurs positions peuvent être détectées par une caméra. Un traitement informatique approprié permet alors de simuler l'interaction de notre main avec un objet représenté par l'image 3D : appuyer sur des touches, faire tourner l'objet, etc. Une inédite interface 3D !



les conférences

entrée libre dans la limite des places disponibles

à la Cité des sciences et de l'industrie

CYCLE Le cerveau aux manettes > les mardis à 19h

Avec les interfaces cerveau-machine, la réalité rejoint la science-fiction. Désormais, le cerveau commande un ordinateur, sans faire appel à aucun muscle ni aucun nerf périphérique... Des jeux vidéo aux traitements médicaux, les applications sont nombreuses.

4 mars : L'interface cerveau-machine : comment ça marche ?

11 mars : Jeu vidéo et réalité virtuelle commandés par le cerveau

18 mars : Voir son cerveau en action

programme complet sur

cite-sciences.fr

En partenariat avec





NOUVELLES OFFRES NUMÉRIQUES !

ACCÉDEZ À TOUTES LES ARCHIVES
DE *POUR LA SCIENCE* DEPUIS 1996

Des gigaoctets de culture
scientifique à votre disposition !



FORMULE WEB ILLIMITÉ

- Version **numérique** des numéros *Pour la Science* + *Dossiers* compris dans votre abonnement
- Accès illimité à 18 ans d'archives

6,5 €/mois

FORMULE INTÉGRALE

- Version **papier + numérique** des numéros *Pour la Science* + *Dossiers* compris dans votre abonnement
- Accès illimité à 18 ans d'archives

8 €/mois

BULLETIN D'ABONNEMENT

POUR LA SCIENCE

À retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe non affranchie à : Service Abonnements Pour la Science • Libre réponse 90382 • 75281 Paris cedex 06

1. MA FORMULE

- ☐ **Oui, je m'abonne à l'offre Web illimité pour 6,5 €/mois.** J'ai un accès numérique illimité aux magazines *Pour la Science* et *Dossier Pour la Science* ainsi qu'à leurs archives depuis 1996 pendant toute la durée de mon abonnement.
- ☐ **Oui, je m'abonne à l'offre intégrale Papier + Numérique illimité pour 8 €/mois.** Je reçois les magazines papier *Pour la Science* et *Dossier Pour la Science*. J'ai également un accès numérique illimité à ces titres ainsi qu'à leurs archives depuis 1996 pendant toute la durée de mon abonnement.

Mon e-mail (à remplir en majuscules – Obligatoire pour activer mon abonnement numérique)

À réception de ce bulletin, comptez un délai de 4 semaines maximum pour recevoir votre numéro d'abonné. Passé ce délai, merci de contacter le service abonnements à abonnements@pourlascience.fr

2. MES COORDONNÉES

Nom : _____ Prénom : _____
Adresse : _____
Code postal : _____ Ville : _____ Pays : _____ Tél.* : _____

* Pour le suivi client (facultatif)

3. MON MODE DE RÈGLEMENT

En signant ce formulaire de mandat, vous autorisez *Pour la Science* à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de *Pour la Science*. Vous bénéficiez du droit d'être remboursé par votre banque selon les conditions décrites dans la convention que vous avez passée avec elle. Une demande de remboursement doit être présentée dans les 8 semaines suivant la date de débit de votre compte pour un prélèvement autorisé.

Note : Vos droits concernant le présent mandat sont expliqués dans un document que vous pouvez obtenir auprès de votre banque.

Mandat de prélèvement SEPA _____ **SCIENCE**

Référence unique du mandat (ne rien inscrire ci-dessus)

Votre nom

Nom/prénom du débiteur

Votre adresse

Numéro et nom de la rue

Code postal _____ Ville : _____

Les coordonnées
de votre compte

Numéro d'identification international du compte bancaire – IBAN (International Bank Account Number)

Code international d'identification de votre banque – BIC (Bank Identifier Code)

Nom du créancier Pour la Science • 8 rue Férou • 75006 Paris
ICS : n° FR92ZZZ426900

Type de paiement Paiement récurrent/répétitif

À _____

Date _____

Signature

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe *Pour la Science*. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher cette case ■

SciLogs

La science au quotidien

La nouvelle communauté de
blogueurs scientifiques francophones

Grâce à **Scilogs.fr**, dialoguez avec des chercheurs et acteurs du monde des sciences aux points de vue riches et variés. De blog en blog, explorez la science avec ceux qui la font, la décryptent, l'analysent : résultats de recherche, applications pratiques, perspectives insolites, débats éthiques et politiques... Pour vivre la science au quotidien !

Signal sur bruit

Richard Taillet
Astrophysicien,
professeur
chercheur
au LAPTh

Ecoblog

Vincent Devictor
Chercheur au CNRS
en écologie et biologie
de la conservation

Best of Bestioles

Loïc Mangin
Rédacteur en chef
adjoint
Pour la Science

Complexités

Jean-Paul Delahaye
Mathématicien, informaticien,
et auteur de la rubrique
Logique et calcul
dans Pour la Science

Psycho Info

Jérôme Palazzolo
Médecin psychiatre, à Nice
et à l'Université Internationale
Senghor, à Alexandrie,
en Égypte

Lactu sur le divan

Sébastien Bohler
Rédacteur
à Cerveau & Psycho

Alterscience

Alexandre Moatti
Polytechnicien, chercheur
en histoire des sciences
au laboratoire SPHERE



Connectez-vous
maintenant
pour découvrir
www.Scilogs.fr !



Suivez les dernières actualités
des blogueurs également
sur les réseaux sociaux

Suivez aussi **SciLogs International** | .com | .be | .es | .de
et partagez les points de vue de blogueurs scientifiques du monde entier

Proposé par **POUR LA SCIENCE**

SCIENCE & GASTRONOMIE

Sucres, édulcorants et neurones

L'exploration du cerveau révèle pourquoi on préfère le sucre de table aux édulcorants.

Hervé THIS



Pourquoi sommes-nous si friands de sucres ? Cette prédilection remonte au moins à nos grands ancêtres, les primates, friands de fruits à la saveur sucrée. Ces « sucres », dont les plus importants sont le glucose, le fructose et le saccharose, sont puissamment énergétiques.

Le premier et le deuxième sont des monosaccharides. Le troisième est un disaccharide : les chimistes reconnaissent la structure d'un résidu de glucose liée à un résidu de fructose dans la molécule de saccharose. Tous trois sont des composés polyhydroxylés : les atomes de carbone qui forment le squelette de la molécule sont liés à de nombreux groupes hydroxyle ($-OH$) ; cela leur confère de la solubilité dans l'eau, donc dans la salive, et, de ce fait, la possibilité d'interagir avec des récepteurs de la saveur par des liaisons hydrogène. Le glucose est bien moins sucré que le saccharose, mais c'est lui qui, distribué aux cellules par le sang, est le carburant de l'organisme. Quant au fructose, il est plus de deux fois plus sucré que le saccharose.

Comment les végétaux nous ont-ils fait penser que ces sucres étaient « bons » ? Comme le professait le spécialiste russe de l'évolution Theodosius Dobzhansky, nos « sentiments » à propos de la chère sont déterminés par l'évolution biologique. La convivialité est-elle autre chose que la satisfaction de la socialité de l'espèce ? Et le « goût » pour les tissus animaux est-il autre chose que la satisfaction de notre besoin animal de se procurer de l'azote, qui sera intégré dans nos propres protéines ?

Pour le sucre, menacés de kilos en trop, nous serions heureux de consommer des édulcorants acaloriques. On a hélas découvert en 2008 que des liquides non nutritifs appariés à l'administration de glucose soit dans le système digestif, soit dans le sang, sont préférés aux mêmes liquides non accompagnés de glucose. En 2008 encore, on a observé que des souris insensibles à la saveur sucrée du saccharose en perçoivent toutefois la valeur nutritionnelle : leur organisme, comme le nôtre, préfère les sucres nutritifs aux édulcorants moins caloriques. Autrement dit, les effets de récompense post-ingestifs jouent un rôle dans le choix des nutriments.

Puis, en 2010, des études sur les rongeurs montrèrent que le saccharose peut provoquer la libération de dopamine (un neuromédiateur) dans le cerveau, même en l'absence de perception de la saveur sucrée, tandis qu'un édulcorant intense tel que le sucralose ne produit pas cet effet. La combinaison de la saveur sucrée et d'une augmentation de la dopamine détermine la préférence du saccharose. L'année suivante, Ana Domingos, Jeffrey Friedman et leurs collègues, à l'Université Rockefeller, ont montré que le sucralose n'est préféré au saccharose que s'il est accompagné d'une stimulation des neurones dopaminergiques.

On savait que l'activité des neurones qui concentrent la mélanine, dans l'hypothalamus latéral, est augmentée quand les concentrations extracellulaires en glucose augmentent. Par ailleurs, des souris insensibles à la saveur sucrée et auxquelles on a retiré ces neurones perdent du poids : c'est l'indication qu'ils participent à la régulation

de l'énergie. Enfin, ces neurones communiquent abondamment avec les centres de récompense du striatum, du mésencéphale, où sont situés les neurones dopaminergiques. Cette forte relation anatomique entre les neurones dopaminergiques et les centres de récompense, tout comme la sensibilité des neurones dopaminergiques au glucose, a fait supposer que les neurones de l'hypothalamus jouent un rôle dans la récompense due au saccharose.

C'est ce qui vient d'être testé : A. Domingos, J. Friedman et leurs collègues ont montré que l'activation de neurones qui concentrent la mélanine lors de la consommation d'un édulcorant augmente les concentrations en dopamine et inverse la préférence du saccharose par rapport au sucralose. En outre, des animaux auxquels on a retiré ces neurones ne préfèrent plus le saccharose au sucralose, et la libération de dopamine diminue lors de la consommation de saccharose.

Trouvera-t-on des composés comestibles qui, associés aux édulcorants, modifieraient les circuits de la récompense dans le cerveau, nous évitant le goût du sucre ? Ce serait une révolution pour la pâtisserie ! ■



Hervé THIS est chimiste dans le Groupe INRA de gastronomie moléculaire, professeur à AgroParisTech et directeur scientifique de la Fondation Science & culture alimentaire [Académie des sciences].

Retrouvez les articles de H. This sur www.pourlascience.fr

