

ÇA SENT BON D'ÊTRE VIVANT ! À LA DÉCOUVERTE DU SYSTÈME OLFACTIF

Richard Axel

Collège de médecins et chirurgiens, Institut Médical Howard Hughes, Université Columbia, New York, NY, États Unis

Le monde qui nous entoure est rempli d'odeurs. Certaines agréables, relaxantes ou ravivant des souvenirs ; d'autres stimulantes, effrayantes ou dégoûtantes. À ton avis, combien d'odeurs pouvons-nous reconnaître ? Tu seras peut-être surpris de savoir que les humains peuvent reconnaître des centaines de milliers d'odeurs différentes, ce qui n'est pas une tâche facile à accomplir. Alors, comment faisons-nous ? Dans cet article, nous allons nous intéresser au système olfactif, examiner les connexions entre le nez et le cerveau et voir comment les odeurs sont traitées dans le cerveau pour déclencher des réponses spécifiques, nous permettant de les distinguer.

Le Professeur Richard Axel a partagé le prix Nobel en Physiologie ou Médecine en 2004 avec le Professeur Linda B. Buck, pour leur découverte des récepteurs olfactifs et l'organisation du système olfactif.

COMMENT SENTONS NOUS ?

Lorsque tu vois un beau bouquet de fleurs ou que tu passes devant une parfumerie, tu vas peut-être t'approcher pour mieux sentir les bonnes odeurs qu'ils dégagent. T'es-tu déjà demandé ce que tu sentais exactement ? Et comment reconnaître cette odeur ? Quand tu sens une fleur, tu inhales des molécules qui sont libérées par la fleur et tu construis une

représentation interne de l'odeur de la fleur, grâce à une activité électrique qui a lieu dans ton cerveau (Figure 1).

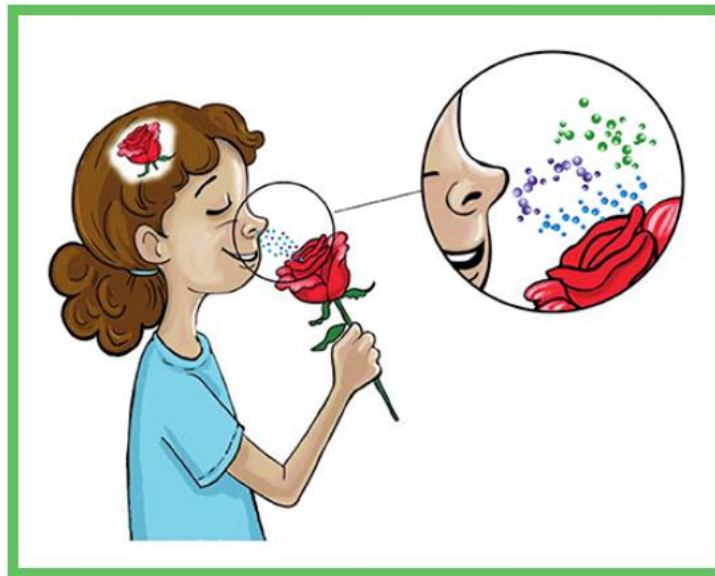


Figure 1. Représentation de l'odorat. Une multitude de substances chimiques (molécules odorantes) sont libérées dans l'air par la rose. Ces molécules atteignent le nez, où elles activent des signaux électriques qui sont transmis au cerveau. Dans le cerveau, différentes régions sont activées électriquement. Cette activité nous permet d'identifier une odeur particulière, celle de la rose dans le cas représenté ici.

SYSTÈME OLFACTIF. Système sensoriel responsable de l'odorat

ODEUR. Mélange de molécules odorantes libérées par des objets, qui se déplacent dans l'air et pénètrent dans le nez.

ÉPITHELIUM NASAL. Tissu impliqué dans l'odorat et situé dans la partie supérieure arrière du nez.

NEURONE. Cellule nerveuse ; le principal type de cellule dans le cerveau. Les neurones génèrent des signaux électriques et les transmettent à d'autres cellules nerveuses.

NEURONES SENSORIELS OLFACTIFS. Cellules nerveuses ayant des récepteurs olfactifs et qui traduisent l'interaction d'un récepteur avec une molécule odorante en signaux électriques qui parviennent au cerveau.

RÉCEPTEUR. Molécule qui interagit de manière très spécifique avec une autre molécule, comme une serrure et une clé ; cette interaction est traduite en un signal à l'intérieur de la cellule.

Avant de plonger dans les complexités des odeurs, regardons d'abord comment le **système olfactif** fonctionne. Les **odeurs** sont composées de molécules qui sont relâchées par un objet (comme une orange ou une rose par exemple). Ces molécules odorantes flottent dans l'air et entrent dans ton nez. A l'arrière du nez, dans sa partie supérieure appelée **épithélium nasal**, on trouve des cellules nerveuses appelées **neurones sensoriels olfactifs** (appelés par la suite neurones olfactifs), qui reconnaissent ces molécules odorantes grâce à des molécules spéciales à leur surface, appelées **récepteurs**. Chaque récepteur a une forme unique qui lui permet de reconnaître spécifiquement certaines molécules odorantes (comme par exemple le beta-ionone quand tu sens une rose, le limonène quand tu sens un citron ou encore le benzyle acétate quand tu sens une fraise) (Figure 2). Grâce à ce système astucieux, chaque molécule odorante active une combinaison unique de neurones olfactifs parmi les milliers de types différents que tu possèdes.

L'interaction entre une molécule odorante et son récepteur est transformée en signal électrique par le neurone olfactif. La reconnaissance d'une molécule odorante au niveau du nez est donc à l'origine d'un signal électrique unique, qui est transmis par des fibres nerveuses à différentes régions du cerveau capables d'analyser ce signal et de le traduire en information sensorielle.

Les odeurs, sont souvent très complexes, composées de plusieurs molécules odorantes, chacune reconnue par ses neurones olfactifs spécifiques. Le cerveau reçoit donc et analyse tout un ensemble de signaux électriques déclenchés par chacune des molécules odorantes et cet ensemble de signaux est donc caractéristique d'une odeur donnée.

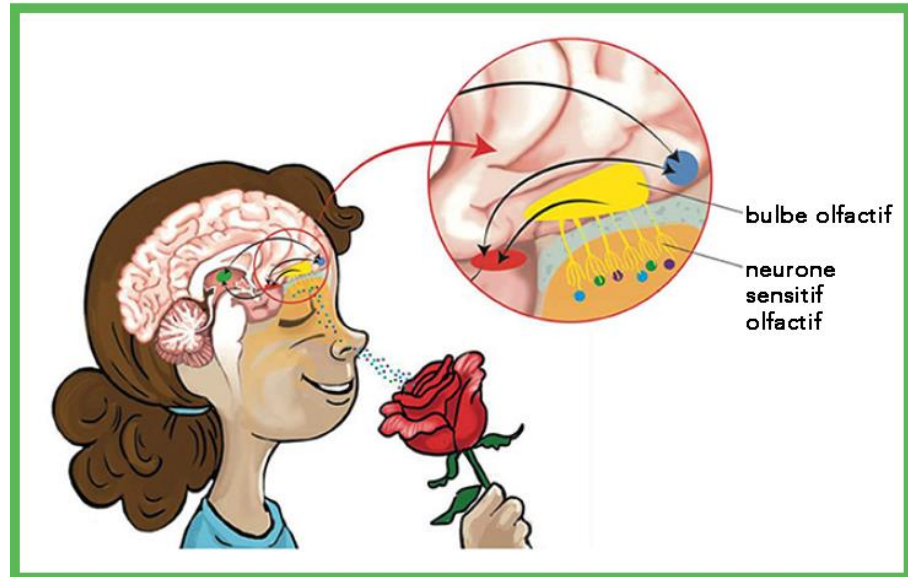


Figure 2. Récepteurs olfactifs dans le nez. A l'intérieur du nez, dans la partie arrière supérieure, appelée épithélium nasal, se trouvent des cellules appelées neurones sensoriels olfactifs qui possèdent à leur surface des molécules appelées récepteurs d'odeurs. Chaque molécule odorante qui flotte dans l'air reconnaît un type de récepteur olfactif et leur interaction est traduite par les neurones olfactifs qui portent ce récepteur en un signal électrique qui se déplace à travers les fibres nerveuses jusqu'à une zone du cerveau appelée bulbe olfactif. De là, l'activité électrique est transmise vers d'autres régions du cerveau (cercle bleu et ovale rouge) qui traitent le signal électrique et le traduisent en information olfactive.

IDENTIFIER LES GÈNES DES RÉCEPTEURS OLFACTIFS

Lorsque j'ai commencé à étudier le système olfactif, on savait que les animaux reconnaissent un très grand nombre d'odeurs différentes, mais on ne comprenait pas bien comment. On se doutait qu'il y avait un mécanisme cérébral permettant aux animaux de reconnaître une grande diversité de molécules odorantes différentes. D'où l'idée qu'il devait exister un grand nombre de récepteurs pour ces molécules odorantes, donc un grand nombre de gènes codant pour ces récepteurs. Ces gènes devaient être exprimés par des cellules particulières qui seraient par ailleurs capables de convertir en signal électrique l'interaction entre une molécule odorante et son récepteur, les neurones olfactifs.

Notre projet de recherche était d'identifier les gènes qui codent pour des récepteurs olfactifs. Nous avons commencé par émettre 3 hypothèses : (1) il doit y avoir une grande famille de gènes codant pour les récepteurs olfactifs ; (2) les récepteurs olfactifs ont des propriétés permettant de convertir en signaux électriques leur interaction avec une molécule

odorante ; et (3) les gènes codant pour les récepteurs olfactifs sont exprimés uniquement par des neurones olfactifs de l'épithélium nasal. En cherchant chez la souris des gènes qui répondent à ces trois critères, nous avons réussi à identifier, une famille d'environ mille gènes codant pour des récepteurs olfactifs différents. Cette découverte était originale et importante, car c'est la première fois que des gènes de récepteurs olfactifs avaient été identifiés. Environ 23 ans plus tard, en 2004, cette découverte nous a valu à ma collègue, la Professeure Linda Buck, et moi-même le Prix Nobel de Physiologie ou Médecine.

L'identification de gènes des récepteurs olfactifs, nous a ensuite permis d'utiliser des techniques particulières (telles que la génétique moléculaire et l'imagerie) pour répondre à des questions plus complexes sur l'organisation et l'activité des neurones olfactifs dans le nez et le cerveau. Par exemple, combien de gènes de récepteurs sont exprimés par chacun de ces neurones ? Est-ce que chacun contient un seul type de récepteur olfactif ou de multiples types de récepteurs ? Il s'avère que la première possibilité est la bonne : chaque neurone olfactif n'exprime qu'un seul gène de récepteur olfactif sur le millier de gènes de la famille.

ORGANISATION DES NEURONES SENSORIELS OLFACTIFS

Regardons maintenant comment les neurones olfactifs sont organisés dans le nez et le cerveau, où ont lieu la perception et la reconnaissance des odeurs. Chez la souris, il existe plus de 10 millions de ces neurones dans le nez et un millier de récepteurs olfactifs différents. Comme chaque neurone olfactif exprime un seul type de récepteur, cela signifie que chaque type de récepteur est exprimé par environ 10 000 neurones ($10 \text{ millions} / 1\ 000 = 10\ 000$). Mais comment sont organisés dans l'épithélium nasal ces 10 000 neurones exprimant le même récepteur olfactif ? Est-ce qu'ils sont dispersés sur une grande zone ou regroupés ensemble ? Et qu'arrive-t-il à l'information électrique qui est générée quand ils interagissent avec leur molécule odorante préférée ? Est-ce que l'information spécifique d'une odeur particulière converge (se rassemble) au niveau d'une région spécifique du cerveau ?

Nous avons trouvé la réponse à ces questions à l'aide d'une technique de génétique moléculaire assez extraordinaire : nous avons coloré les neurones. Les neurones exprimant le même gène de récepteur étaient ainsi repérés par une couleur spécifique. Nous avons pu voir ainsi que dans l'épithélium nasal, les neurones olfactifs exprimant un récepteur donné sont dispersés de façon aléatoire (au hasard) sur une large zone (Figure 3). Ils envoient des extensions (des fibres appelées **axones**) dans la première station relais dans le cerveau qui va analyser l'odeur ; cette station relais est appelée **bulbe olfactif**. L'ensemble des axones des 10 000

AXONE. Fibre nerveuse qui transporte des signaux électriques d'un neurone à un autre.

BULBE OLFACTIF. Première station relais du cerveau impliquée dans l'odorat. Il reçoit des informations des neurones olfactifs et transmet des informations sur les odeurs à d'autres zones du cerveau.

GLOMÉRULE. Région du bulbe olfactif vers laquelle convergent tous les neurones sensoriels olfactifs exprimant un récepteur particulier.

neurones olfactifs exprimant un même récepteur convergent vers une région spécifique du bulbe olfactif, appelée **glomérule** (Figure 3, à droite). Dans le bulbe olfactif il y a ainsi 1 000 glomérules différents; chaque glomérule reçoit les informations des neurones olfactifs exprimant un récepteur spécifique, c'est-à-dire reconnaissant une molécule odorante particulière.

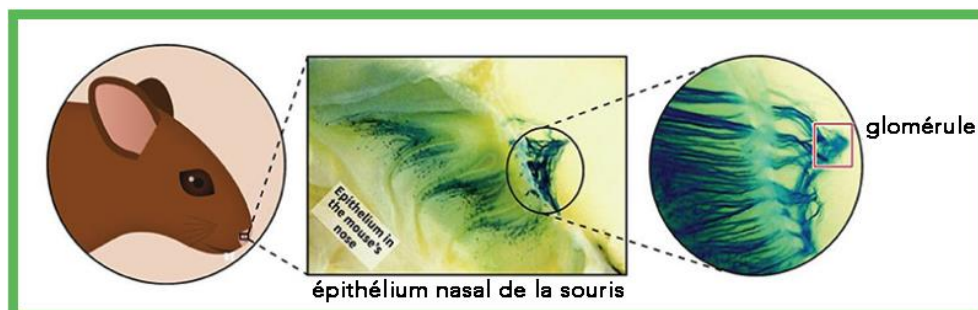


Figure 3. Organisation des neurones sensoriels olfactifs. Le nez de la souris compte un million de neurones sensoriels olfactifs. Chacun n'exprime qu'un seul récepteur olfactif, de sorte que chaque type de récepteur est exprimé par environ 10 000 neurones olfactifs répartis dans l'épithélium nasal (petits points bleus dans l'image centrale). Chaque neurone olfactif transmet un signal électrique par son axone (fibres colorées en bleu) qui s'étend jusqu'à une zone spécifique du bulbe olfactif, appelée glomérule (carré rouge sur l'image de droite). Les axones des 10 000 neurones olfactifs exprimant le même récepteur se dirigent vers le même glomérule. Les axones des cellules sensorielles exprimant des récepteurs différents convergent vers des glomérules différents.

ACTIVITE DES NEURONES SENSORIELS OLFACTIFS

Que se passe-t-il lorsqu'un animal est exposé à une odeur particulière (Encadré 1) ? Les odeurs sont composées de différentes molécules odorantes (plus de 400 dans le cas d'une rose par exemple). Comme nous l'avons vu précédemment, chaque molécule odorante active un groupe spécifique de neurones olfactifs, atteignant et activant un glomérule spécifique du bulbe olfactif. Sentir une rose active plusieurs glomérules et ces glomérules sont différents de ceux activés lorsqu'on sent du chocolat, par exemple. On peut ainsi, pour chaque odeur, dresser la carte des glomérules activés, qui sera différente pour la rose et le chocolat.

Aujourd'hui, nous pouvons observer le bulbe olfactif des souris à l'aide de techniques d'imagerie neuronale, et identifier quels sont les glomérules activés selon l'odeur détectée. Il s'agit d'une nouvelle méthode de reconnaissance des odeurs, très utile pour les scientifiques, mais ce n'est manifestement pas la façon dont la souris perçoit les odeurs, car elle n'a pas de microscope d'imagerie dans son bulbe olfactif et ne peut pas observer de l'extérieur sa propre activité neuronale comme nous le faisons, nous, les scientifiques.

Encadré 1 : Système olfactif des animaux

La capacité de percevoir et de différencier les odeurs est très importante pour de nombreux animaux, et l'odorat est probablement le sens le plus ancien à avoir évolué chez les organismes. Il existe de nombreuses similitudes entre les systèmes olfactifs de différents animaux. Par exemple, le système olfactif des mouches à fruits (drosophiles), est semblable à celui des humains et des rongeurs, contient lui aussi des cellules spécifiques, chacune identifiant spécifiquement un nombre relativement faible de molécules odorantes. Chez les drosophiles, les cellules réceptrices d'odeurs (situées sur leurs deux antennes) exprimant le même récepteur convergent également dans le même glomérule. Cependant, les drosophiles ont moins de glomérules (environ 60, contre 1 000 chez nous). La similitude entre les systèmes olfactifs des mouches et des humains permet aux scientifiques de tirer des conclusions importantes sur le système olfactif humain en étudiant les drosophiles, plus faciles à étudier que les humains. Bien sûr, il existe également des différences importantes entre ces deux systèmes olfactifs, et les odeurs considérées comme agréables ou désagréables pour un organisme ne seront pas nécessairement ressenties de la même manière par un autre organisme.

Mais la détection des odeurs ne s'arrête pas au bulbe olfactif ! Bien que l'incroyable capacité du cerveau à reconnaître les odeurs ne soit pas encore totalement comprise, nous savons que les neurones du bulbe olfactif, activés par les axones des neurones olfactifs, projettent à leur tour leurs axones vers de multiples régions du cerveau auxquelles ils peuvent donc transmettre une information (un signal électrique) (Figure 4). Certaines de ces régions sont responsables de comportements automatiques en réponse aux odeurs. Par exemple, lorsqu'un animal rencontre une odeur qui suggère la présence d'un danger, comme lorsqu'une souris rencontre l'odeur d'un chat, une réaction automatique de fuite est activée. D'autres axones partent du bulbe olfactif vers les régions du cerveau où se fait l'apprentissage. L'animal y apprend des réponses comportementales spécifiques en fonction des odeurs qu'il rencontre.

La grande majorité des réponses humaines aux odeurs sont du type apprentissage plutôt qu'automatique. La perception d'une odeur par une personne peut être associée à la situation qu'elle a vécue lorsqu'elle a senti cette odeur. Si par exemple, une personne sent une odeur lors d'un premier rendez-vous amoureux, par la suite, lorsqu'elle sentira à nouveau cette odeur, elle l'associera à ce moment agréable et cela pourrait la rendre romantique.

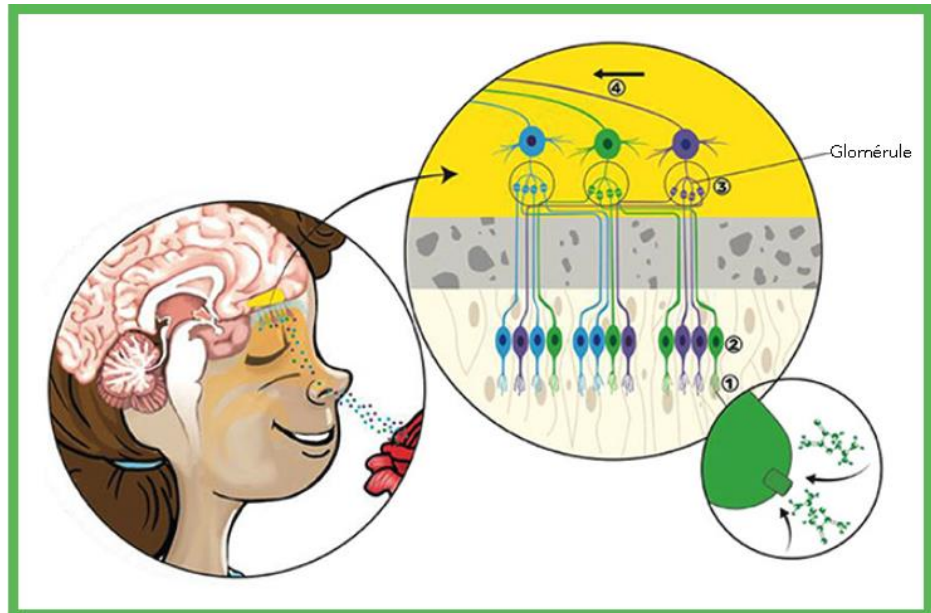


Figure 4. Organisation anatomique et fonctionnelle du système olfactif. (Gauche) Les molécules odorantes pénètrent dans le nez et se lient aux récepteurs des neurones sensoriels olfactifs. Chacun de ces neurones n'exprime qu'un seul type de récepteur olfactif. Leurs axones traversent le nez et pénètrent dans le premier relais du système olfactif dans le cerveau, le bulbe olfactif (jaune). (Droite) Gros plan de la zone reliée par la flèche à gauche. (1) Les neurones olfactifs exprimant le même récepteur ne se lient qu'à certaines molécules odorantes (un exemple agrandi est montré pour le neurone olfactif "vert"). (2) Les neurones olfactifs exprimant le même récepteur (indiqué par la couleur) sont répartis dans tout l'épithélium nasal. (3) Leurs axones se dirigent vers le même glomérule. (4) L'information circule ensuite du bulbe olfactif vers d'autres régions du cerveau, responsables de comportements automatiques ou appris.

Cela signifie que différents individus peuvent avoir des réponses comportementales totalement différentes à une même odeur, en fonction de leurs expériences passées avec cette odeur ([Encadré 2](#)). Pour certains d'entre nous, sentir une rose est associé à une belle expérience émotionnelle, alors que pour d'autres, une rose peut être associée à la couleur rouge, qui peut être associée au sang et à la peur. Nous ne réagissons donc pas tous de la même façon à une odeur, mais est-ce que nos cerveaux détectent tous cette odeur de la même façon ?

Encadré 2 : Les odeurs et l'âge

L'odorat a tendance à s'affaiblir avec l'âge : notre capacité à détecter des odeurs faibles ou à différencier les odeurs diminue. Plusieurs facteurs sont à l'origine de ce phénomène, notamment la diminution du nombre de récepteurs olfactifs et le ralentissement du fonctionnement de certaines régions du cerveau. Il est intéressant de noter que des études récentes ont montré que la perte de l'odorat est un précurseur de la maladie d'Alzheimer et qu'elle peut aider à diagnostiquer la maladie plus de dix ans avant les symptômes liés à la mémoire.

MON ORANGE SENT-ELLE COMME LA TIENNE ?

Imagine que quelqu'un qui n'a jamais vu ni senti une orange te demande de décrire l'odeur d'une orange. Pourrais-tu mettre des mots sur cette odeur ? Probablement pas. Une orange sent tout simplement une orange et tu apprends à connaître et à reconnaître cette odeur par association. Lorsque tu vois une orange, tu la sens en même temps ; ensuite, même si tu la sens dans l'obscurité, tu sais qu'il s'agit d'une orange en associant l'odeur à l'image d'une orange ou au nom "orange". En ce sens, l'odorat est fondamentalement différent de la vision. Si quelqu'un n'a jamais vu d'orange et te demande à quoi ressemble une orange, tu pourrais répondre qu'elle est ronde, qu'elle a une couleur orange, qu'elle a à peu près la taille d'une balle de tennis, que sa surface est lisse, etc. Tu peux créer une image interne d'un objet dans ton cerveau, mais tu ne peux pas vraiment créer une image interne d'une odeur.

Si nous ne pouvons pas décrire les odeurs à l'aide du langage, ni même construire une image interne des odeurs, comment pouvons-nous savoir si toi et moi sentons la même odeur lorsque nous sentons une orange ? La réponse est que nous ne le savons pas ! Comme je l'ai mentionné, il est très probable que, lorsque toi et moi sentons une orange pour la première fois, nous activons différents schémas d'activité neuronale dans nos cerveaux respectifs - mais nous associons tous les deux cette odeur au même fruit, parce que nous voyons tous les deux une orange. En dehors de l'association de l'odeur à l'objet "orange", avons-nous en fait une expérience similaire de cette odeur ? Peut-être, mais les odeurs que nous percevons peuvent être relatives à tout ce que nous avons senti dans notre vie. Par exemple, l'odeur d'une orange est plus proche de celle du citron que de celle du café, et c'est vrai pour chacun d'entre nous. Cela signifie que les similitudes entre les manières dont les individus perçoivent les odeurs sont probablement relatives : nous sommes tous d'accord pour dire qu'un objet spécifique a une odeur plus proche de certains objets que d'autres. Cela nous rappelle que notre perception des odeurs n'est pas absolue, contrairement à notre perception de la couleur rouge, par exemple, qui est basée sur la fréquence de la lumière émise par un objet rouge.

L'ÉNIGME DE LA PERCEPTION : UNE QUESTION POUR LES SCIENTIFIQUES DE DEMAIN

La science n'a pas encore répondu à une question très importante et très complexe sur la perception. Cette question est valable pour l'odorat mais aussi pour tous les autres sens et est donc fondamentale : il s'agit de savoir comment se fait l'interprétation des informations sensorielles.

Comme nous l'avons vu, lorsque le cerveau traite les informations provenant des sens, un schéma spécifique

d'activité électrique est généré dans un ensemble particulier de neurones, représentant le monde physique dans le cerveau via des schémas d'activité neuronale. Ces schémas d'activité peuvent varier dans le temps (quand ils se produisent) et dans l'espace (où ils se produisent dans le cerveau). Ainsi, la richesse et la variété de l'ensemble du monde physique sont en quelque sorte représentées par le déclenchement de l'activité de groupes spécifiques de neurones à des moments et à des endroits spécifiques du cerveau.

Pour les scientifiques, cela implique deux choses : premièrement, que la réalité physique est représentée dans le cerveau et, deuxièmement, que le cerveau doit interpréter ces informations pour leur donner un sens. Par exemple, un objet du monde extérieur, comme une orange, est traduit en un schéma spécifique d'activité électrique, qui le représente dans le cerveau, puis le cerveau "déchiffre" la signification de cette activité électrique (la présence d'une orange) en interprétant et en imposant une signification à cette activité. Mais le cerveau doit, d'une manière ou d'une autre, associer ce schéma d'activité à une signification telle que "c'est l'odeur d'une orange ; elle me fait du bien parce qu'elle me rappelle le verger que j'ai visité il y a quelques années...". A l'heure actuelle, ce "passage" surprenant de l'activité électrique du cerveau à l'interprétation et à la signification que nous lui donnons est un véritable mystère : nous ne comprenons pas encore comment il se produit. Je pense que cette étape "magique" est la prochaine grande énigme que les futurs neuroscientifiques devront résoudre. Peut-être seras-tu l'un d'entre eux ?

RECOMMANDATIONS POUR LES JEUNES ESPRITS

À mon avis, il existe une façon très simple de choisir ce que l'on veut faire dans la vie. Peu importe ce que tu choisis, qu'il s'agisse de la science ou de la construction ou n'importe quoi d'autre, tu dois choisir un domaine que tu aimes, t'y consacrer et y travailler avec intensité et passion. C'est tout ! Tu dois être passionné par ce que tu fais. Cette passion, nourrie de compétences et de connaissances, te poussera vers l'excellence. Tu dois donc découvrir ton domaine d'intérêt et en apprendre le plus possible à son sujet. Lorsque la passion et la connaissance sont liées, elles mènent souvent à la créativité et au bonheur.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Noa Segev pour avoir mené l'entretien qui a servi de base à ce document et pour en avoir été la co-auteure, Sharon Amlani pour les illustrations et Susan Debad pour les corrections du manuscrit. Je remercie tout particulièrement Haran Shani-Narkiss pour ses précieux commentaires sur le manuscrit.

RÉFÉRENCES

- [1] Duchamp-Viret, P., Duchamp, A., and Chaput, M. A. 2003. Single olfactory sensory neurons simultaneously integrate the components of an odour mixture. *Euro. J. Neurosci.* 18:2690–6. doi: 10.1111/j.1460-9568.2003.03001.x
- [2] Buck, L., and Axel, R. 1991. A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell.* 65, 175–87. doi: 10.1016/0092-8674(91)90418-X
- [3] Axel, R. 2005. Scents and sensibility: A molecular logic of olfactory perception ([Nobel lecture](#)). *Angewandte Chemie Int. Edn.* 44:6110–27. doi: 10.1002/anie.200501726
- [4] Mombaerts, P., Wang, F., Dulac, C., Chao, S. K., Nemes, A., Mendelsohn, M., et al. 1996. Visualizing an olfactory sensory map. *Cell.* 87:675–86. doi: 10.1016/S0092-8674(00)81387-2
- [5] Wilson, R. I. 2013. Early olfactory processing in *Drosophila*: mechanisms and principles. *Ann. Rev. Neurosci.* 36:217. doi: 10.1146/annurev-neuro-062111-150533
- [6] Shalit, M., Guterman, I., Volpin, H., Bar, E., Tamari, T., Menda, N., et al. 2003. Volatile ester formation in roses. Identification of an acetyl-coenzyme A. Geraniol/citronellol acetyltransferase in developing rose petals. *Plant Physiol.* 131:1868–76. doi: 10.1104/pp.102.018572

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec des modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2022.1022504 ; Axel R (2023) The Olfactory System: It Smells Good To Be Alive. *Front. Young Minds.* 11:1022504).

TRADUCTION : Chloé Houques, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Catherine Braun-Breton & Ula Hibner, Association Jeunes Francophones et la Science

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOU MIS le 18 août 2022; **ACCEPTÉ** le 22 décembre 2022

PUBLIÉ EN LIGNE le 31 janvier 2023.

ÉDITEUR : Idan Segev

MENTOR SCIENTIFIQUE : Adi-Fledel Alon.

CITATION :

Axel R (2023) The Olfactory System: It Smells Good To Be Alive. *Front. Young Minds.* 11:1022504. doi: 10.3389/frym.2022.1022504

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT.

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été

menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

DROITS D'AUTEURS

Copyright © 2023 Natterson-Horowitz and Blumstein.

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNE EXAMINATEUR

PELED, 10 ANS.

Je joue au tennis. J'aime nager. Je joue du piano et du basket-ball. Je joue beaucoup sur mon ordinateur. J'aime beaucoup voir des films et j'aime jouer avec ma famille et mes amis.

AUTEUR

RICHARD AXEL est un biologiste moléculaire au département des neurosciences de l'université Columbia (New York, États-Unis). Il est né en 1946 à Brooklyn, New York, et, grâce à sa grande taille, il a beaucoup joué au basket-ball quand il était jeune. Pendant ses études de littérature à l'université de Columbia, il découvre le domaine de la biologie moléculaire et finit par devenir un assistant de recherche dans cette spécialité. Le professeur Axel a ensuite suivi des études de médecine à l'université Johns Hopkins (Maryland, États-Unis) et a obtenu son diplôme de docteur en médecine en 1971. Plus tard, il est retourné à l'université de Columbia pour poursuivre sa passion pour la biologie moléculaire et y a été nommé professeur en 1978. Il a mis au point des techniques de transfert de gènes qui permettent d'introduire de l'ADN étranger dans n'importe quelle cellule, ce qui a permis la production d'un grand nombre de protéines importantes pour la médecine et a conduit à l'isolement du gène du CD4, le récepteur cellulaire du virus du SIDA, le VIH. En appliquant la biologie moléculaire aux neurosciences, le professeur Axel a révélé l'existence de plus d'un millier de gènes impliqués dans la perception des odeurs. Au cours de sa carrière scientifique, le professeur Axel a reçu de nombreux prix et distinctions, dont le prix Nobel de physiologie ou de médecine (2004), le Golden Plate Award de l'American Academy of Achievement (2005) et la Double Helix Medal (2007). Il a deux fils, Adam et Jonathan, et est marié au professeur Cori Bargmann, généticienne du comportement à l'université Rockefeller. [*ra27@columbia.edu](mailto:ra27@columbia.edu)