

Chaque fois que vous ouvrez le pot de sel aromatique, le parfum intense de menthe, sarriette, sauge et mélisse qui s'en échappe vous replonge dans cette randonnée au cours de laquelle vous avez cueilli ces herbes. Les odeurs ont ce pouvoir presque magique : elles évoquent des émotions et des souvenirs de manière bien plus vive que les images ou les sons. Pourtant, l'odorat est un sens sous-estimé.

« Lorsque je demande aux gens de quel sens ils pourraient se passer, plus de la moitié répondent : l'odorat ! », confie Valentina Parma, chercheuse à l'université Temple, à Philadelphie, aux États-Unis. Valentina Parma étudie les liens entre ce sens et la sphère émotionnelle. « Les personnes qui perdent l'odorat voient souvent leur qualité de vie diminuer : les aliments ne sont plus agréables, l'odeur des proches perd sa valeur et le risque d'empoisonnement augmente, de même que celui de ne pas percevoir une fuite de gaz », explique-t-elle.

Cela peut surprendre, mais nous connaissons mal les processus cérébraux qui régulent ce sens, et le retard en matière d'intelligence artificielle dans le domaine est significatif : il n'existe toujours pas de dispositif olfactif comparable à ceux désormais courants dans d'autres domaines sensoriels, comme les systèmes de vision artificielle ou de reconnaissance vocale de nos téléphones et nos ordinateurs. Mais ces dernières années, des découvertes ont commencé à changer la donne.

Peu d'entre nous connaissent le marché des arômes alimentaires, un secteur industriel qui a un impact important sur la consommation. Des multinationales telles que Givaudan et Firmenich (dont le chiffre d'affaires est de

plusieurs milliards de dollars par an) comptent parmi les leaders mondiaux de la production de parfums utilisés dans l'industrie alimentaire et ailleurs. C'est à ce secteur industriel que l'on doit une forte accélération de la recherche scientifique, même si, en réalité, l'odorat a été l'un des premiers sens étudiés par les neuroscientifiques.

« La neurophysiologie est plus ou moins née avec l'étude de l'odorat », explique Giuliano Iurilli, chercheur au Centre des neurosciences et des systèmes cognitifs de l'Institut italien de technologie, à Rovereto. Dès le début du ^{xx}e siècle, le Britannique Edgar Adrian, Prix Nobel de physiologie ou médecine en 1932, a mené d'importantes recherches sur ce sens. « Toutefois, ces études se sont vite arrêtées, précise Giuliano Iurilli. La raison est simple : c'est un sens extrêmement compliqué. Bien plus que la vision. »

Malgré ces difficultés, après la Seconde Guerre mondiale, développer des instruments pour l'industrie des parfums est devenu une nécessité. Il fallait notamment comprendre quelle est l'odeur d'une molécule dont on ne connaît que la structure chimique. La science n'a pas encore répondu à cette question. Mais elle a avancé sur la description de l'olfaction.

DES MILLIONS DE MILLIARDS D'ODEURS DÉCODÉES

« Lorsque nous sentons quelque chose, nous respirons des molécules volatiles, explique Valentina Parma. Ces molécules stimulent les neurones sensoriels disposés aléatoirement sur l'épithélium olfactif, dans la partie supérieure du nez. Cet organe abrite ainsi des millions de ces cellules, chacune étant associée à un type de récepteur olfactif. »

Imaginez que ces récepteurs soient des briques de construction avec des rainures différentes : chacun ne se lie qu'à certaines molécules volatiles et ne code que certaines odeurs. L'olfaction est fondée sur un système combinatoire : au lieu de dédier un récepteur olfactif à une odeur, c'est la combinaison des activations de plusieurs récepteurs qui détermine ce qui sera perçu. Ainsi, avec « seulement » 400 types différents de récepteurs, nous décodons des millions de milliards d'odeurs. La découverte de ce mécanisme, au début des années 1990, a valu aux biologistes américains Linda Buck et Richard Axel le prix Nobel de physiologie ou médecine en 2004.

Le voyage du signal nerveux olfactif ne s'arrête pas là. Les axones des neurones sensoriels – l'axone est le prolongement qui part du corps du neurone et s'étend vers d'autres cellules – traversent un os perforé de nombreux trous, la lame criblée de l'ethmoïde, et atteignent les bulbes olfactifs dans le cerveau, deux protubérances situées à la base du lobe

L'ODORAT, UN SENS À PART

Un parfum est comme une machine à remonter le temps : il peut nous ramener au cœur d'un souvenir. « L'olfaction est le seul sens qui ne nécessite pas l'activation du thalamus, une structure responsable de la perception sensorielle consciente, avant la transmission de l'information au cortex cérébral, explique Valentina Parma, de l'université Temple, à Philadelphie. Au contraire, le système olfactif est lié à des structures du système limbique comme l'amygdale [qui traite de façon inconsciente l'émotion associée aux odeurs] et l'hippocampe [qui intervient dans leur mémorisation]. C'est sans doute pour cela que les odeurs nous transportent vers un souvenir passé si vif qu'il semble réel. »

L'odorat est par ailleurs un système assez isolé pour des raisons anatomiques. Notamment, le système olfactif ne semble communiquer directement avec aucune région cérébrale importante pour la commande motrice et la navigation spatiale. « Cela explique probablement pourquoi nous ne sommes pas capables de bien localiser ou quantifier les odeurs, ni même de les décrire, explique Giuliano Iurilli, de l'Institut italien de technologie, à Rovereto : il n'y a pas de communication directe avec les aires du langage et les étapes pour atteindre les centres du langage sont donc beaucoup plus nombreuses. »



frontal. Dans les bulbes, des structures nommées «glomérules» regroupent les informations provenant de différents neurones olfactifs et leur donnent une représentation spatiale spécifique – une carte dite «chimique»: des régions différentes du bulbe s'activent selon la molécule sentie.

Chaque odeur active un groupe de glomérules différents et, en fonction du nombre et de la nature des glomérules activés, il est possible de déterminer de quelle odeur il s'agit. De là, l'information olfactive arrive dans le cortex piriforme, une petite région cérébrale située dans le lobe temporal. Dans cette région, la carte olfactive présente dans les bulbes disparaît – une étape cruciale, nous le verrons.

Le fonctionnement du cortex piriforme est complexe. Des interconnexions étendues le relient non seulement au bulbe olfactif, mais aussi à des structures olfactives secondaires telles que l'amygdale, qui traite, sans que l'on en ait conscience, l'émotion associée aux odeurs, l'hippocampe, qui permet la formation de souvenirs olfactifs, et le cortex orbitofrontal, qui traite de façon consciente la valeur de chaque odeur.

«L'idée générale, conclut Valentina Parma, est que les transformations spatiales qui se produisent lors du passage des récepteurs aux aires corticales, c'est-à-dire lors du passage des cartes ordonnées des bulbes olfactifs au brassage apparemment aléatoire du cortex

piriforme, offrent la possibilité d'encoder à la fois des odeurs que nous reconnaissons de manière innée, sans en avoir fait l'expérience, à l'aide de circuits neuronaux stéréotypés, et des odeurs que nous reconnaissons par l'expérience et qui nécessitent une flexibilité fondée sur l'apprentissage.»

DE L'INNÉ ET DE LA FLEXIBILITÉ, MAIS PAS TROP

«Pour certaines odeurs, la flexibilité doit être faible, ajoute Giuliano Iurilli. Surtout chez des animaux chassés par des prédateurs.» Une souris, par exemple, ne peut avoir une représentation trop variable des odeurs du renard ou du loup. Cette représentation doit au contraire être stable et activer rapidement des circuits moteurs de défense. Trop de flexibilité entraîne un retard dans la réponse, une incertitude, ce qui, sur le plan évolutif, est suicidaire.

Cependant, même si les processus stéréotypés ont une forte base innée, l'effet de l'expérience n'est pas exclu. Dans le système nerveux, si des fonctions innées se manifestent toujours, d'autres, également innées, nécessitent l'intervention de l'environnement pour se développer.

C'est le cas dans la vision tridimensionnelle binoculaire: dans le cerveau humain adulte, des structures nommées «colonnes de dominance oculaire» perçoivent les légères différences entre les images reçues par chaque œil, ce qui permet au cerveau de «calculer» la distance de

Inaugurée en 1968, l'usine laboratoire d'Eze, près de Nice, est l'une des trois usines de la parfumerie Fragonard, fondée en 1926 à Grasse. L'industrie des parfums a donné une forte impulsion à la recherche scientifique dans le domaine de l'olfaction.