

Zeitschrift: Actes de la Société jurassienne d'émulation

Herausgeber: Société jurassienne d'émulation

Band: 125 (2022)

Artikel: Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité?

Autor: Feldmeyer, Jean-Jacques

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1077313>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

JEAN-JACQUES FELDMAYER

L'auteur montre comment le cerveau s'y prend pour comprendre le monde : les valeurs des choses et des personnes ne sont rien d'autre que des états affectifs élaborés à partir de signaux corporels.

Le monde dans sa tête

Comment le cerveau, enfermé dans la boîte noire du crâne, perçoit-il la réalité? Pour aborder de manière plaisante ce problème, à la fois philosophique et scientifique, imaginons le dialogue suivant:

- Cher lecteur, qui t'intéresses au problème de la connaissance: qu'est-ce que la réalité, selon toi?
- Eh bien, je pourrais dire que c'est la matière du monde qui m'entoure.
- Bien, mais comment peux-tu la connaître?
- Je peux commencer par l'examiner par la vue. Dans cette gare où j'attends mon train, il me suffit de laisser mon regard balayer le grand hall, ses parois, sa verrière, son carrelage. Les surfaces réfléchissent la lumière selon leurs formes et leurs couleurs. Les particules ou ondes de lumière émises atteignent mes yeux, excitent les photorécepteurs de mes rétines, produisant des signaux électriques, qui sont convoyés le long des voies optiques jusqu'au cortex visuel à la surface du cerveau.
- En somme, tes yeux projettent une image parfaite de la gare sur un écran dans ta tête, comme une photo à haute résolution.
- En effet.
- Ou plutôt comme un film, puisque tu vois les gens bouger et que l'image change à mesure que tu tournes les yeux.
- C'est vrai, la réalité serait plutôt un film que des photos.

- Maintenant, ferme les yeux. Que vois-tu ?
- Il fait tout noir.
- Mais tu peux encore imaginer la gare autour de toi.
- C'est vrai, j'ai gardé une trace de l'image en mémoire.
- Est-ce bien seulement une image ? Garde les yeux fermés et retourne-toi. Peux-tu imaginer ce que tu verras en les ouvrant ?
- Bien sûr, je verrai l'escalier par lequel je suis descendu dans le hall.
- Ouvre les yeux.
- Oui c'est bien cela, je reconnaissais cet escalier.
- Donc tu te rends compte que tu n'as pas seulement une série de prises de vue dans ta tête, mais que tu as construit une sorte de maquette 3D du bâtiment au cours de tes déplacements. Et si je te demande de décrire, les yeux fermés, les boutiques qui bordent le grand hall, tu me citeras la billetterie et le bar à café que tu as déjà fréquenté, mais tu ne pourras rien me dire de la boutique de souvenirs, qui ne t'a jamais intéressé. Donc cette maquette de la gare n'est pas un simple fac-similé, mais le plan de tes souvenirs et de tes expériences vécues. Quand tu regardes à nouveau ta gare, tu éprouves le plaisir subtil d'un endroit familier et tu pourras même revivre avec émotion le moment où tu as vu arriver dans la foule la voyageuse attendue. La réalité de cette gare est pour toi un ensemble de mouvements, de souvenirs, d'émotions avec une symphonie de bruits et d'odeurs. Cette gare intime et unique te ressemble plus que la structure matérielle du bâtiment, que les autres voient différemment et dont la réalité physique n'intéresse personne.

La réalité à tout prix

Si le monde est représenté dans le cerveau sous la forme d'une maquette, que se passe-t-il lorsque la moitié du cerveau est détruite ? En cas d'infarctus cérébral produisant une lésion étendue de l'hémisphère droit, le malade perd effectivement la moitié gauche de l'environnement. Non seulement il ne voit plus les objets ni les personnes placés à sa gauche, mais il ne ressent plus la moitié gauche de son corps. Aux repas, il ne mange que les aliments qui se trouvent dans la moitié droite de son assiette. Il ne se rase pas le côté gauche de son visage. Plus stupéfiant, alors qu'il est hémiplégique, il prétend qu'il peut bouger normalement son bras gauche et même qu'il pourrait applaudir « s'il n'était pas aussi fatigué ». Lorsqu'on lui demande s'il voit la fenêtre

placée à la gauche de son lit, il répond «non, cette chambre n'a pas de fenêtre, seulement une porte située à ma droite». Pourquoi un tel malade, qui a perdu la moitié de son monde, prétend-il avec conviction qu'il n'en est rien? Plus qu'une héminégligence, il s'agit d'un véritable déni. L'explication serait que puisque l'hémisphère droit ne reçoit plus aucune information du côté gauche de l'espace, cette moitié d'espace n'existe tout simplement plus. Il ne peut donc pas avoir conscience d'une chose qui n'existe pas. Reste l'hémisphère gauche qui abrite le langage et la logique des décisions. Ne sachant pas qu'il manque la moitié de l'espace et ne recevant pas de messages d'échec des mouvements du bras gauche, il doit à tout prix trouver des explications. En effet, la vocation de l'hémisphère gauche est de trouver une explication à tout prix d'autant plus que l'hémisphère droit, avec ses mécanismes de détection des contradictions, est en panne. En l'absence du contrepoids ou du «contrôle de réalité» apporté par son hémisphère droit, ses divagations ne connaissent pas de limite.

Où est le rouge ?

J'admire une belle fraise mûre d'un rouge intense. Comment puis-je voir la couleur de ce fruit?

- Très simple, me répond un ami physicien, c'est la lumière particulière émise par ce fruit.
- Pourtant ce n'est pas une lampe ni un projecteur, explique-moi mieux comment cette couleur est produite.
- L'explication est celle-ci: la matière rayonne, les radiations émises ou absorbées par les atomes proviennent de leur oscillation, chaque interaction électromagnétique se traduisant par l'émission d'un photon, un quantum d'énergie lumineuse (radiante) durant 10^{-26} secondes (10 milliardièmes de milliardième de milliardième de seconde).
- Fort bien, mais comment passer des oscillations photoniques des atomes à une image stable reconnaissable, si belle pour moi?
- Hélas, me répond mon physicien, il m'est difficile de répondre, je suis daltonien complet, je ne vois pas les couleurs.

Désireux de comprendre ce que représente la sensation du rouge, il décide d'étudier le problème. Il commence par pointer un spectromètre sur la surface d'une fraise rouge mûre. L'appareil indique qu'une lumière d'une longueur d'onde de 600 nm émane du fruit. Toutefois,

cela ne lui donne pas la moindre idée de la couleur à laquelle cela peut correspondre, parce qu'il ne peut pas la voir. Intrigué, il étudie les pigments sensibles à la lumière sur la rétine et comprend que certains cônes sont sensibles à cette longueur d'onde et réagissent spécifiquement à cette couleur. Il suffit alors de suivre les voies nerveuses empruntées par ce signal jusqu'au cerveau où une zone du cortex visuel s'allume effectivement. Cependant, ce petit crépitement localisé n'explique pas ce que je peux ressentir. Le mystère de la sensation subjective reste entier. Comment le flux d'ions et de courants électriques dans de petites particules de gelée cérébrale — les neurones de mon cerveau — génère-t-il dans son entier le monde subjectif des sensations comme le rouge, la chaleur, le froid ou la douleur? Par quelle magie la matière se transforme-t-elle en ce tissu invisible de sentiments et de sensations?

« La réalité dépend des expériences vécues donc nécessairement variables d'un individu à l'autre » (Max Planck). Il ne peut y avoir de réalité unique. Pour chaque espèce animale, ce qui importe, c'est de pouvoir se représenter le monde physique dans lequel elle vit et de pouvoir pressentir ce dont elle a besoin. Prenons l'exemple d'un gymnote amazonien. Il est aussi intelligent que nous, mais il possède quelque chose qui nous manque, à savoir la capacité de sentir des champs électriques à l'aide d'organes spéciaux dans sa peau. Un neuroscientifique pourrait savoir quelle partie du cerveau analyse l'information et comment le poisson utilise cette information pour éviter les prédateurs, trouver des proies, etc. Mais si le poisson pouvait parler, il vous dirait : « Parfait, mais vous ne saurez jamais l'effet que cela fait de percevoir de l'électricité! »

Le poids d'une pomme

La réalité telle que nous la percevons vient-elle des choses ou de nous?

Pour éviter une réponse philosophique ou psychologique, je pose d'abord la question à mon collègue neurologue, qui me répond :

- Mon corps dispose de plusieurs voies pour recueillir des informations issues de mon environnement: la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat et le goût. Il me suffit de réunir ces données.
- Très bien, mais ces qualités éparses ne te renseignent pas sur la nature et les propriétés des objets. Leur apparence ne dit rien sur la matière qui les compose. En guise d'illustration, voici une scène

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

facile à reproduire. Dans une classe enfantine, devant les petits enfants et leurs parents, le maître soulève une grosse pierre qui était posée sur son bureau et la tenant à bout de bras annonce : « attention je vais la lâcher ! » Aussitôt, la pierre s'élève vers le plafond où elle reste collée. Cela fait beaucoup rire les parents, mais les petits ne semblent pas surpris : ils ne savent pas encore qu'une pierre ne s'envole pas comme un ballon. L'aspect seul de la pierre ne dit rien de ses propriétés.

- C'est vrai. Seules nos actions sur les choses nous permettent d'apprendre à connaître leurs propriétés. C'est en manipulant des objets que nous apprenons à les connaître. Nos efforts pour les soulever et les déplacer nous donnent une idée de leur masse. L'écartement des doigts ou des bras pour les saisir nous renseigne sur leurs dimensions.
- Très bien, voici deux pommes de taille différente, une grosse et une petite. Si je les lâche, laquelle atteindra le sol en premier ?
- Eh bien, mon intuition me suggère que la plus grande est la plus lourde et tombera plus vite. Aristote l'avait déjà compris.
- Pourtant, 2 000 ans plus tard, Galilée a prouvé que cette intuition n'est pas valable et que les deux pommes tombent à la même vitesse. La plus grande masse subira une plus forte attraction par le champ de gravité de la Terre tandis que cette même masse s'opposera à la chute par une force d'inertie proportionnellement équivalente, si bien qu'au total, la différence de masse n'aura aucune influence sur la vitesse résultante. Toutes les pommes, quelle que soit leur masse, tomberont donc à la même vitesse. La seule habitude nous donne de fausses intuitions. Il faut donc apprendre les propriétés des choses par des mesures.
- Oui, mais il n'y a pas que la masse et le volume qui m'intéressent. Sinon il me faudrait une balance et un mètre à chaque sortie. Ce qui m'intéresse, c'est ce qui est important pour moi. Mon attention doit être attirée par l'eau quand j'ai soif. Comment mon cerveau choisit-il ce qu'il me faut, ce qui me plaît ?

La saveur d'une pomme

Il n'y a pas de récepteur périphérique pour la valeur des choses, leur intérêt vital, leur saveur, leur beauté ou tout indice de récompense ou

de sanction qui nous dise « c'est vrai », « c'est bien », « pas la peine » ou encore « danger ».

Si nous avons une pomme rouge et une pomme verte et que nous voulons choisir la plus mûre, les fruits émettent une longueur d'onde différente, mais pas de signaux de récompense qui nous permettraient d'anticiper les effets gratifiants du bon choix. Pour connaître la saveur d'un fruit, nous devrons en goûter beaucoup et valider nos choix par un système interne de récompense. Les signaux de valeur proviennent de l'intérieur du cerveau et non pas des signaux émis par les fruits. Thomas Hobbes, un grand savant anglais contemporain de Descartes, l'avait déjà compris : « Toutes les qualités des choses qui s'offrent à nos sens sont des états affectifs inhérents au sujet ». La récompense est un signal interne qui correspond à un bonus pour une performance exceptionnelle, comme le chocolat pour de bonnes notes scolaires. Quelque chose qui nous rend heureux lorsqu'on a obtenu un avantage. Un signal prédictif qui permettra d'anticiper le résultat favorable de nos choix ultérieurs. Les récompenses ont une valeur subjective en ce sens qu'elles reflètent nos préférences et ne sont pas nécessairement égales aux valeurs physiques. Les récompenses sont attractives. Elles nous font répéter pour obtenir plus. Ce renforcement positif avait été mis en évidence en 1903 par le conditionnement classique de Pavlov : un stimulus intrinsèquement neutre peut devenir gratifiant par association répétée d'une réaction avec une récompense. Son chien commençait à saliver en entendant le son d'une cloche, qui était toujours suivi par un spray de saucisse. Selon le même principe, Thorndike avait déjà décrit en 1898 le conditionnement opérant, développé par Skinner dans les années 1950 : il permet de renforcer l'action prédictive de récompenses, telle que le mouvement actif de presser sur un levier pour obtenir un aliment.

Finalement, c'est ce type d'apprentissage par renforcement qui donne de la valeur à certains objets ou événements, qui ne présentent pas en eux-mêmes d'avantage dans leur apparence physique. Les récepteurs sensitifs traduisent des événements extérieurs en signaux neuronaux. Mais il n'y a pas de récepteurs périphériques pour la vérité, la beauté ou toute récompense qui comble nos attentes et nous dise « c'est vrai ! ». Un chercheur neurophysiologiste de l'institut de physiologie de l'université de Fribourg découvre les neurones qui codent la récompense (Schultz et coll. 1992). À l'aide de microélectrodes insérées dans le cerveau de macaques, plus précisément dans le mésencéphale, situé à la porte d'entrée des signaux de l'environnement, il tombe sur

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

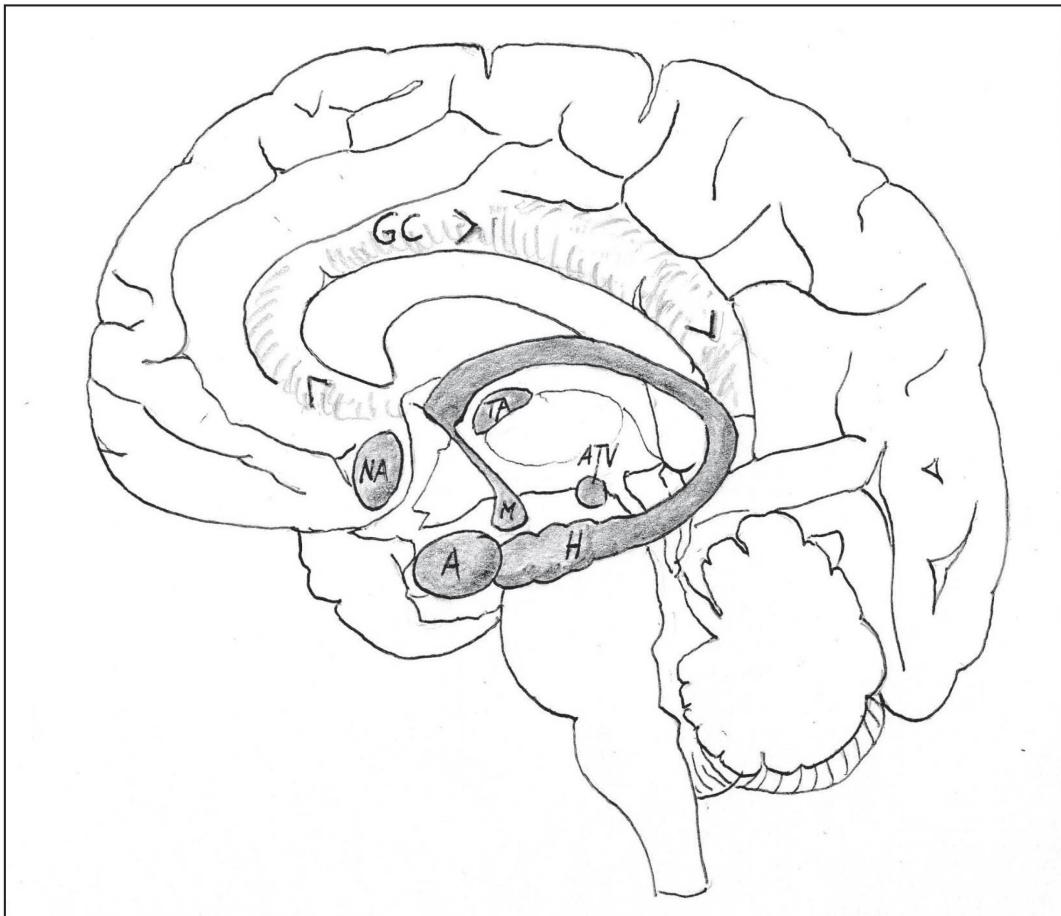


Figure 1. Système limbique (émotion-mémoire) : circuit amygdale (A) ; hippocampe (H) ; corps mamillaire (M) ; thalamus antérieur (TA) ; gyrus cingulaire (GC). Système de récompense : noyau accumbens (NA) du striatum (motivation), activé par les signaux gratifiants de l'amyg-dale (A) et les signaux à dopamine (prédition) de l'aire tegmentale ventrale (ATV) du mésencéphale.

des cellules qui reconnaissent ce qui est important, qui prédisent le succès de tout comportement (fig. 1).

Ce sont les fameux neurones du conditionnement de Pavlov, qui opèrent l'apprentissage par renforcement, si important pour guider nos décisions et prévoir le succès de nos actions. Notre survie en dépend. Ces neurones à dopamine du mésencéphale apprennent à renforcer l'intérêt pour des objets nouveaux ou leur contexte prometteur de récompense en révélant, à l'aide d'un signal d'erreur de prédition, la différence entre ce qui est prévu et ce qui arrive — parfait signal d'apprentissage envoyé au système limbique (au noyau accumbens du striatum). Certaines drogues (cocaïne, héroïne, alcool) renforcent artificiellement ce mécanisme et conduisent à l'addiction, une terrible constriction de la réalité autour d'une substance.

À quoi tient la réalité ?

Que se passe-t-il quand on en vient à douter de la réalité ? Commençons par un exemple. Ce jour-là, le malade que je revoyais en contrôle dans mon cabinet de neurologie (appelons-le Arnold) m'a fait une étrange révélation :

- La femme avec qui je vis n'est plus ma femme ! Victime d'un grave accident de circulation, le choc sur la tête avait été si violent qu'il était resté deux semaines dans le coma. Après avoir repris conscience, grâce à une rééducation intensive, il a pu réapprendre à parler et à marcher et il paraissait avoir retrouvé ses souvenirs et être revenu à un état normal, mis à part le délire qui lui donnait l'impression que sa femme avait été remplacée par un sosie.
- Qu'est-ce qui vous donne cette impression ?
- Eh bien la femme que j'ai retrouvée chez moi après mon accident n'est plus mon épouse. Elle lui ressemble trait pour trait, mais ce n'est plus elle. Pourtant, elle est gentille et attentive et semble être comme à la maison. Peut-être que c'est une amie engagée pour prendre soin de moi. Je suis inquiet : pourrai-je retrouver ma femme ?

Cette illusion du sosie est un trouble peu fréquent, mais pouvant survenir en cas de lésions cérébrales sans rapport avec la schizophrénie et décrit sous le nom de *syndrome de Capgras*, du nom du neurologue qui l'a décrit en 1923. Comment expliquer qu'un visage familier et bien reconnu ait perdu sa réalité ? Le problème de cet homme n'est ni sa capacité à reconnaître des visages ni son aptitude à ressentir des émotions, comme j'ai pu le vérifier, mais ce qu'il a perdu, c'est sa capacité à établir un lien entre les deux.

Pour élucider cette dissociation, il faut se tourner vers la neuro-anatomie, notamment les voies de la reconnaissance et des émotions dans le cerveau. À la base des lobes temporaux se trouvent des aires spécialisées dans la reconnaissance des visages et des objets. En cas de lésion, les patients perdent la capacité de reconnaître les visages, même des parents proches : c'est la prosopagnosie. Ces aires situées des deux côtés du cerveau sont normalement reliées au système limbique sur la face médiane des hémisphères. Ce système contribue à produire des réactions émotionnelles devant des visages donnés : « amour » pour sa mère, « colère » face à un rival ou « indifférence » en présence du facteur. Dans chaque cas, quand je regarde le visage, mon cortex temporal reconnaît l'image et passe l'information à mon noyau amygdalien

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

(voie d'accès au système limbique) pour percevoir la signification émotionnelle de ce visage. Cette activation est relayée vers le reste du système limbique et je commence à ressentir les nuances du sentiment. Ainsi, à chaque nouvelle rencontre avec le visage de ma mère, le sentiment d'affection se renforce et devient même obligatoire, contrairement à l'indifférence face au facteur. Dans le cas de notre malade Arnold, même s'il reconnaît bien le visage de son épouse, l'absence de l'embrasement affectif attendu provoque un dilemme, résolu en concluant qu'il doit s'agir d'un sosie. Devant l'étrangeté, il crée une nouvelle catégorie de personnes, un double, venu remplacer sa femme.

Dans un cerveau normal, cette catégorisation affective joue un rôle important pour la formation des souvenirs. En revoyant souvent la même personne, la reconnaissance répétée du visage déclenche des sentiments de plus en plus familiers et il se crée un lien affectif particulier entre les circonstances des entrevues et les réactions de cette personne. En l'absence de cet embrasement de familiarité, le cerveau crée simplement des catégories distinctes pour chaque personne rencontrée. Notre malade Arnold a d'ailleurs aussi des problèmes avec les catégories d'objets personnels, n'admettant plus qu'il s'agit bien de sa voiture, de son fauteuil. Pensez à ce qu'il se passe avec vos objets usuels dans lesquels vous investissez une partie de votre identité, votre tasse préférée au petit-déjeuner. En jouant aux échecs, si j'éjecte violemment votre reine, vous allez ressentir comme un coup porté contre vous. Et que ressentirez-vous si quelqu'un raye votre voiture ?

Ces mésaventures illustrent bien ce que la mémoire de votre vie doit à cet «enrobage sentimental». Votre autobiographie n'est qu'une longue suite de souvenirs épisodiques personnels — votre premier baiser, votre mariage, votre premier enfant, un accident. À chaque fois, votre façon de réagir construit une identité personnelle, un sens du «moi» unifié, qui se déroule tel un film à travers votre existence dont vous êtes le héros bien-aimé.

Codage dès l'entrée

- Je comprends, me dirais-tu, cher lecteur, que mon cerveau puisse focaliser mon attention sur mes intérêts, mes priorités, sur tout ce qui est important pour moi. Mais comment fait-il pour dresser en temps réel un décor aussi réaliste, même hyperréaliste, et détaillé du monde alentour ? N'étant pas neuroscientifique, je dirais que le cerveau doit compter sur les sensations issues du monde extérieur et les fusionner pour obtenir l'unité et la permanence de la réalité.

— En es-tu si sûr ?

Nos deux yeux offrent une vision décalée des environs: une fusion des points de vue donnerait une image floue. Or justement, le cortex visuel exploite la différence pour créer le relief. De plus, nous avons besoin de garder séparées toutes les qualités sensorielles — les formes, les couleurs, les odeurs — pour pouvoir classer les objets — un fruit, une fleur — par couleur, pour pouvoir apprécier le goût d'un risotto en reconnaissant les ingrédients. Pour ancrer les qualités subjectives des choses (ce que certains appellent les *qualia*), nous avons besoin des données précises et irrévocables du monde physique.

La porte d'entrée des informations dans le système nerveux (la fenêtre sur le monde) est constituée par les récepteurs sensoriels. À partir de neurones périphériques, ils ont évolué différemment pour chacun des cinq sens: les photorécepteurs de la rétine, les récepteurs de l'épithélium olfactif, la cochlée pour l'audition, le système vestibulaire, organe de l'équilibre et de la position, les récepteurs du toucher dans la peau, le fuseau neuromusculaire et l'organe tendineux de Golgi comme récepteurs somatosensoriels de la proprioception. C'est à ces récepteurs que revient la tâche de «pixeliser» les images de l'environnement en temps réel, que le cerveau, plus lent, aura tout loisir d'examiner.

Pour tous ces détecteurs spécialisés, l'évolution est parvenue à un degré de sophistication qu'on peine à imaginer. Pour la vision, la première étape a lieu dans la rétine et est fondée sur une petite molécule — le rétinal — qui, au contact de la lumière, change de forme. Lorsque le rétinal modifie sa forme géométrique, il déclenche un mécanisme complexe, qui résultera en un influx nerveux généré dans le nerf optique. Des chercheurs à l'université de Genève (Geoffrey Gaulier, Jean-Pierre Wolf et coll., 2021) ont démontré que la rétine n'est pas seulement sensible à l'intensité de la lumière (nombre de photons), mais aussi à la forme de l'impulsion lumineuse — courte, longue, par saccades. Ils ont découvert également que la réaction de l'œil différait en fonction de l'ordre dans lequel les couleurs étaient présentées, comme dans un «arc-en-ciel temporel». Le rétinal change de forme presque instantanément lorsqu'il réagit à une variation de la forme de l'impulsion lumineuse. Sa vitesse de réaction et de l'ordre de 50 femtosecondes (fs). Un fs par rapport à une seconde est l'équivalent d'une seconde par rapport à l'âge de l'univers (13,8 milliards d'années). Ce prodige permet aux photorécepteurs de la rétine de voir en temps quasi réel les variations de forme et de couleur, bien avant le cerveau, lui

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

mâchant le travail. Pour la petite histoire, le rétinal était à l'origine une protéine liée à l'olfaction.

Un visage dans la foule

— Lecteur attentif, je comprends maintenant pourquoi la vision défile instantanément sous mes yeux. Mais comment se fait-il que je puisse repérer automatiquement un visage familier parmi la foule d'une gare ?

Jusqu'à présent, dans le domaine de la reconnaissance des visages, le modèle prédominant était la « théorie du neurone grand-mère ». Cette théorie propose que chaque visage, celui de votre grand-mère par exemple, est représenté par une cellule spécifique. Non seulement cela suppose une quantité phénoménale de telles cellules spécialisées très complexes qui auraient vite fait d'encombrer votre cortex visuel, mais le choix de la bonne cellule reste inexpliqué. Une percée majeure dans la compréhension de ces mécanismes a été réalisée dans le laboratoire du Dr Doris Tsao, à l'Institut de technologie de Californie. Les résultats de cette étude récente montrent que quelques centaines de neurones seulement, chacun codant pour une caractéristique physique spécifique, seraient suffisants pour nous permettre de reconnaître un visage.

L'étude a démontré par I.R.M. fonctionnelle chez des singes macaques rhésus que l'identification des visages est effectuée dans six petites régions du cortex temporal inférieur appelé zones faciales. Au sein de ces zones, certains neurones également appelés cellules faciales s'activent très fortement quand on présente un visage plutôt que n'importe quel autre objet. En analysant une base de données comportant 200 visages, les chercheurs ont défini les 50 caractéristiques qui varient le plus d'un visage à l'autre, 25 représentant *la forme* (distance entre les yeux, largeur du visage) et 25 représentant *l'aspect* (couleur et texture de la peau et des cheveux). En combinant ces 50 paramètres, on peut reproduire n'importe quel visage, un peu comme les lumières rouge, bleue et verte sont associées en différentes proportions pour créer n'importe quelle couleur. En enregistrant l'activité des cellules faciales situées dans trois zones, grâce à de très fines électrodes implantées dans le cortex temporal inférieur, les chercheurs ont montré que 205 neurones étaient suffisants pour détecter n'importe quel visage parmi 2 000 sélectionnés au hasard. À l'inverse, d'après la configuration des cellules actives à chaque présentation, les chercheurs ont pu prédire de quel visage il s'agissait.

Un tel code permettant de reconnaître à partir d'une très faible quantité de neurones n'importe quel visage est non seulement élégant et économique, mais il semble s'appliquer à d'autres domaines de la perception tels que la reconnaissance des objets ou des odeurs et même la perception des sons complexes du langage.

Exprimer la réalité

L'humain est le seul animal à pouvoir parler de la réalité. Est-ce que le langage influence sa façon de voir les choses ?

Le langage est la principale façon de communiquer les uns avec les autres : une structure de sons qui, lorsqu'ils sont ordonnés d'une certaine manière, créent des mots et des phrases. Nous utilisons une composition commune de ces sons pour être sûrs qu'en parlant, les autres personnes sachent ce que nous voulons dire. Pouvons-nous inventer notre propre réalité ?

À l'heure actuelle, on ne sait pas comment s'articule le langage. En revanche, on commence à entrevoir comment l'évolution conjointe de la main et de la voix a permis d'exprimer des intentions et de comprendre celles des autres à travers un simple flux de parole. Durant le Pléistocène (1^{re} époque du Quaternaire, marquée par les cycles glaciaires, qui s'étend de 2,58 millions d'années à 11 700 ans avant le présent), le cerveau du génial Homo a fortement grossi pour la mise en place des circuits complexes aptes à coordonner les mouvements d'adresse devenus de plus en plus rapides. Il fallait de nouveaux circuits pour préparer des plans d'action, en somme « penser avant d'agir ».

Qu'il s'agisse de préparer un repas ou de confectionner un outil, il faut coordonner des séquences automatiques de gestes et emboîter ces séquences en actions. Pour être rapide et économique, l'assemblage ne peut être linéaire, il doit être hiérarchique, une « structure profonde » en arborisation.

C'est exactement ce que fait la syntaxe verbale : l'ordre seul des mots n'a pas de sens si on ne connaît pas la grammaire qui les ordonne. Par exemple « Paul va chez l'épicier acheter à manger » : ce n'est pas l'épicier qui achète à manger, ni Paul qui va manger l'épicier ; ou encore « le chien de Paul a mordu le docteur » : ce n'est pas Paul qui a mordu le docteur. La proximité des mots n'est pas suffisante, c'est la règle d'assemblage qui donne sens à la phrase. Le langage humain est un système de pensée.

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

N'est-ce pas tentant de composer la réalité à sa guise ? Vous pouvez être le sujet et commander à l'objet par le verbe. Vous pouvez décrire la réalité telle que vous la désirez, taire certains aspects, imaginer ce que pensent les autres et enchâsser les phrases à l'infini, par degrés de croyance : « Je crois qu'il pense que je ne sais pas qu'il ment ! »

Votre parole ne se soucie pas de la réalité. Son talent, c'est de raconter des histoires et d'arranger votre biographie sans se soucier des invraisemblances. Pourvu que ça colle avec le récit que vous voulez construire autour de votre personne. Pourtant, lorsque vous écoutez parler les autres, ce qui vous importe c'est la *vérité*. Mais votre propre aveuglement anesthésie votre jugement. Pour savoir qu'on vous manipule, il vous faudrait un « détecteur de mensonges » : de simples électrodes fixées sur l'index permettent de vérifier si le locuteur a les mains moites, une réponse incontrôlable de son système limbique aux émotions liées à la duperie.

Depuis l'apparition du smartphone en 2007, la manipulation a atteint son comble. Les réseaux sociaux ont donné la parole à des imbéciles, qu'on aurait pu facilement faire taire au coin du bar, leur offrant des plateformes communautaires disposant d'algorithmes, qui adaptent la perception du monde au sens que chaque individu connecté veut lui donner.

La réalité du physicien

Les physiciens ne s'intéressent pas à l'aspect sentimental de la réalité. Peu importe ce qu'ils perçoivent ou ce qu'ils ressentent. Ce qu'ils veulent savoir, c'est de quelle matière est fait l'univers.

Les premières réponses mesurables arrivent au XIX^e siècle. Dalton en 1803 nous démontre que la matière est faite d'atomes. Tous les atomes, des plus légers aux plus lourds, ont une masse, qui est en première approximation un nombre entier de fois celle du plus petit d'entre eux, l'hydrogène, pris pour unité. Cela a permis à Mendeleïev (1869) de classer les atomes par ordre de masse dans un *tableau périodique* d'à peine moins d'une centaine d'éléments connus, à compléter à mesure qu'on en découvrira ou en synthétisera de nouveaux. Ainsi, tous les objets que nous pouvons voir, toucher, sentir, jeter sont formés de briques, révélant que l'univers serait organisé comme un jeu Lego.

Mais de quoi sont formés les atomes et comment tiennent-ils ensemble ?

En 1909, Rutherford, physicien père de la radioactivité, découvre avec stupeur que l'essentiel de la matière atomique est concentré dans un minuscule noyau entouré d'espace vide jusqu'aux électrons en « rotation » en constituant la coquille. En nous révélant que nous sommes faits de vide, c'est tout juste si on ne nous annonçait pas que nous serions capables de traverser les murs.

Plus sérieusement, les physiciens s'attaquent au noyau de l'atome à la recherche de la plus petite pièce fondamentale de la matière. Cette quête allait leur réservier bien des surprises.

Vers 1930, on sait que l'atome de chaque élément du tableau périodique est composé de 3 particules : l'électron, à charge négative, le proton, à charge positive et le neutron, neutre comme son nom l'indique.

Grâce aux collisions de particules à haute vitesse dans les chambres à bulles, on a pu diviser le noyau en protons et neutrons. Jusque là, on pouvait vérifier que la somme de leurs masses était bien équivalente à celle de l'atome.

En continuant la division, les physiciens obtenaient pour chaque particule nucléaire trois sous-particules, nommées quarks (trouvaille empruntée au James Joyce de Finnegans Wake, un mot allemand désignant un lait caillé fermenté). L'imagination des physiciens vient à point pour combler le vide théorique qui vient de s'ouvrir sous leurs pieds. Ce chiffre trois récurrent semble magique, car les 3 quarks composant les protons et les neutrons sont formés de deux sortes de quarks, up et down, combinés différemment (2 up et 1 down pour le proton ; 1 up et 2 down pour le neutron), ce qui fait qu'avec 3 particules seulement — électron, quark up, quark down — on peut faire toute la matière visible.

Mais ce n'est pas tout. La somme des masses des 3 quarks ne correspond qu'à 1 % de la masse des particules nucléaires, les 99 % restant ne pouvant être que l'énergie qui lie les quarks entre eux.

Quelle stupeur : la masse de la matière ne serait pas faite de particules, mais d'énergie nucléaire !

L'équivalence masse-énergie est particulièrement bien mise en évidence au niveau subatomique. Si un noyau de grande masse parvient à se scinder en 2 noyaux dont la somme des masses est inférieure à la masse initiale, il en résulte un dégagement d'énergie proportionnel à la perte de masse. C'est le principe des centrales nucléaires produisant de l'électricité à partir des réactions de fission nucléaire de noyaux lourds tels que l'uranium. En cas de fusion de 2 noyaux de petite masse

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

comme l'hydrogène en un plus lourd, l'hélium, près d'1 % de la masse disparaît: c'est la cause du dégagement d'énergie par le soleil, qui transforme chaque seconde 4 millions de tonnes de matière en énergie rayonnée.

Peu après la première fission nucléaire (Otto Hahn et Fritz Strassmann, 1938), le *Manhattan project* est créé en juin 1942 et Enrico Fermi réalise en décembre la première «pile atomique» qui dégage un demi-watt. Les 6 et 9 août 1945 explosent les premières bombes atomiques, dont l'énergie dissipée est l'équivalent... d'un gramme de matière. La prédiction d'Einstein — $E = mc^2$ — est confirmée... par un carnage. La puissance de calcul du cerveau humain a dépassé la réalité de ses sens.

Pourquoi n'avons-nous pas perçu l'énergie contenue dans la matière ? La vieille distinction entre matière et énergie est venue de la façon dont les besoins biologiques ont déterminé l'évolution de nos sens. Notre perception tactile des effets gravitationnels de la masse (p. ex. un grain de sable qui tombe sur la peau) requiert un stimulus d'au moins 0,1 gramme, environ 10^{-20} ergs. Le sens cinesthésique (celui de soulever un poids p. ex.) est encore plus grossier. En revanche, l'œil est sensible à moins de 5 quanta d'énergie radiante, soit 10^{-10} ergs et même moins. Pour détecter l'énergie, l'appareil perceptif de l'homme est donc 10^{30} fois plus sensible que pour détecter la masse. Si la perception de la masse avait été aussi fine que celle de l'énergie, l'identité des deux aurait paru évidente au lieu d'être paradoxale. En voyant la lumière, nous aurions en même temps *senti* la pression ou l'impact des photons. La masse et l'énergie seraient apparues comme deux manières différentes de percevoir la même réalité (Burt 1967).

Aux dernières nouvelles, la matière connue actuellement ne représenterait que le 5 % de la masse de l'univers. Il y aurait encore 27 % de matière noire et le reste, 68 %, personne ne sait de quoi il s'agit, sauf qu'on suspecte un champ de force responsable de l'expansion de l'univers: on parle d'énergie noire. Il nous faudra des lunettes spéciales pour voir ce surplus de réalité cachée.

Chez de poule

Qu'est-ce qui fait la nature particulière de l'expérience consciente ? Cette question en appelle deux autres: comment le cerveau réalise-t-il une scène unitaire continue et cohérente à partir de ce que nous percevons par nos sens, comme un film cérébral ? Et comment se fait-il

que nous puissions désigner notre conscience comme une qualité particulière de ce film, autrement dit que nous soyons conscients d'être conscients ? La réponse commune à ces deux questions, c'est le fait que nous *vivons* ce film. Les informations ne viennent pas que de l'extérieur. Les terminaisons nerveuses qui amènent les influx de l'intérieur du corps vers le cerveau sont celles par lesquelles nous prenons conscience de nos émotions : les battements de cœur, la tension dans le diaphragme, le souffle court, la boule au ventre, des chatouillements, des ondes de chaleur et de détente sont des signes de phénomènes qui se passent dans nos viscères, des messages sur lesquels se construit dans le cerveau une représentation de soi.

On comprend alors que chaque représentation de la réalité extérieure soit à chaque instant inévitablement liée à une représentation de soi. Cette représentation n'est pas forcément consciente. Elle peut être subliminale. Ce que nous vivons comme l'activité de l'esprit est le reflet exact de la complexité et de la vivacité des interactions neuronales qui conduisent à la formation de représentations. Celles-ci englobent à la fois les caractéristiques extérieures et la perception interne des états du corps comme une donnée fondamentale et permanente de la réalité.

Les émotions sont générées par ce fameux circuit central du cerveau — le circuit de Papez ou système limbique (SL; fig. 1) — qui alerte les organes viscéraux, gardiens de l'équilibre du milieu interne (homéostasie). Ce circuit sert aussi à indexer les événements entrants dans le fil de la mémoire. Il prend en charge la compréhension de la structure sous-jacente du monde afin que, lorsque les différents éléments sont captés, ils puissent être reliés les uns aux autres avec cette connexion préalablement acquise.

La réalité est ainsi conditionnée par nos réactions viscérales.

C'est ce mécanisme qui manque à l'intelligence artificielle. Malgré les prouesses époustouflantes de l'I.A., aucune intelligence n'est possible si elle n'est pas ancrée dans un corps. Qu'il s'agisse de l'odeur des myrtilles sous la pluie ou de l'émoi d'une découverte, la première image de la pensée, c'est la chair de poule. Ne serait-ce que parce qu'elle ne peut avoir ce frisson, l'I.A. ne peut pas penser. Il lui manque la dimension affective, le saisissement, que les millions de données et d'informations ne peuvent pas attraper.

Le cerveau perçoit-il (vraiment) la réalité ?

Jean-Jacques Feldmeyer ((jj.feldmeyer@bluewin.ch), né à Berne, est diplômé de l'université de Genève et docteur en médecine de l'université de Lausanne. Il est spécialiste en neurologie, discipline qu'il a introduite dans le canton du Jura et le Jura bernois, et ancien consultant pour les hôpitaux de Delémont, Porrentruy et Moutier. Il est également l'auteur de nombreuses publications et de plusieurs livres sur le cerveau.

RÉFÉRENCES

- Burt C. 1967 : « Psychology and parapsychology ». In : Smythies J. R. (Éd.), *Science and ESP*, Routledge, Londres, cité dans Koestler A. 1972 : *Les Racines du hasard*, Calmann Lévy.
- Chang L. & Tsao D. Y., 2017 : « The code for Facial Identity in the Primate Brain », *Cell* 169 (6), 1013-1028.
- Gaulier G., Wolf J.-P., et coll. : « Ultrafast pulse shaping modulates perceived visual brightness in living animals », *Science advances*, 2021, vol. 7, n° 18, ecbe 1911.
- Schultz W., Apicella P., Scarnati E. & Ljungberg T. 1992 : Neuronal Activity in Monkey Ventral Striatum Related to the Expectation of Reward, *The Journal of Neuroscience*, 12(12), 4595-4610.

