

pourquoi n'y parvient-il pas ? Nous l'ignorons. Nous savons seulement que la mémoire des faits et la mémoire des relations spatiales et temporelles entre ces faits y participent toutes les deux. Avec Daniel Tranel et Robert Jones, de l'Université de l'Iowa, nous avons étudié comment s'établit un fil temporel autobiographique. En observant des personnes atteintes de différentes sortes d'altérations de la mémoire, nous espérons identifier quelle région (ou quelles régions) du cerveau sert à replacer des souvenirs à la bonne époque.

Nous avons sélectionné quatre groupes de participants, 20 personnes au total. Les patients du premier groupe étaient atteints d'une amnésie causée par une lésion du lobe temporal. Ceux du deuxième groupe souffraient d'une amnésie due à une lésion du cerveau basal antérieur (une autre aire impliquée dans la mémoire). Les patients du troisième groupe n'étaient pas amnésiques, et présentaient des lésions du cerveau, mais ces dernières n'étaient pas localisées dans

le lobe temporal ni dans le cerveau basal antérieur. Enfin, dans le quatrième groupe, nous avons sélectionné des témoins, qui n'avaient aucun problème neurologique, avaient une mémoire normale, un âge et un niveau d'éducation comparables à ceux des personnes des trois autres groupes.

Chaque participant a rempli un questionnaire détaillé sur les événements marquants de leur vie. Nous les avons interrogés sur leurs parents, leurs enfants et leur famille, sur leurs études, leurs amis, leurs activités professionnelles, puis nous avons vérifié la véracité de leurs réponses avec leurs proches et avec diverses sources. Nous avons aussi consigné quels étaient les événements historiques (élections, guerres, catastrophes naturelles, notamment) dont ils se souvenaient. Ensuite nous avons demandé à chaque participant de placer une carte décrivant un des événements personnels ou publics qui avaient été décrits sur un tableau où les années du XX^e siècle figuraient, année par année, ou décennie par

Où est située la conscience du temps ?

Le cerveau basal antérieur

Une lésion localisée dans cette aire n'empêche pas le patient de se souvenir de certains événements, mais l'empêche de se rappeler le moment où ils ont eu lieu : cette région jouerait un rôle essentiel dans l'identification de la chronologie des événements.

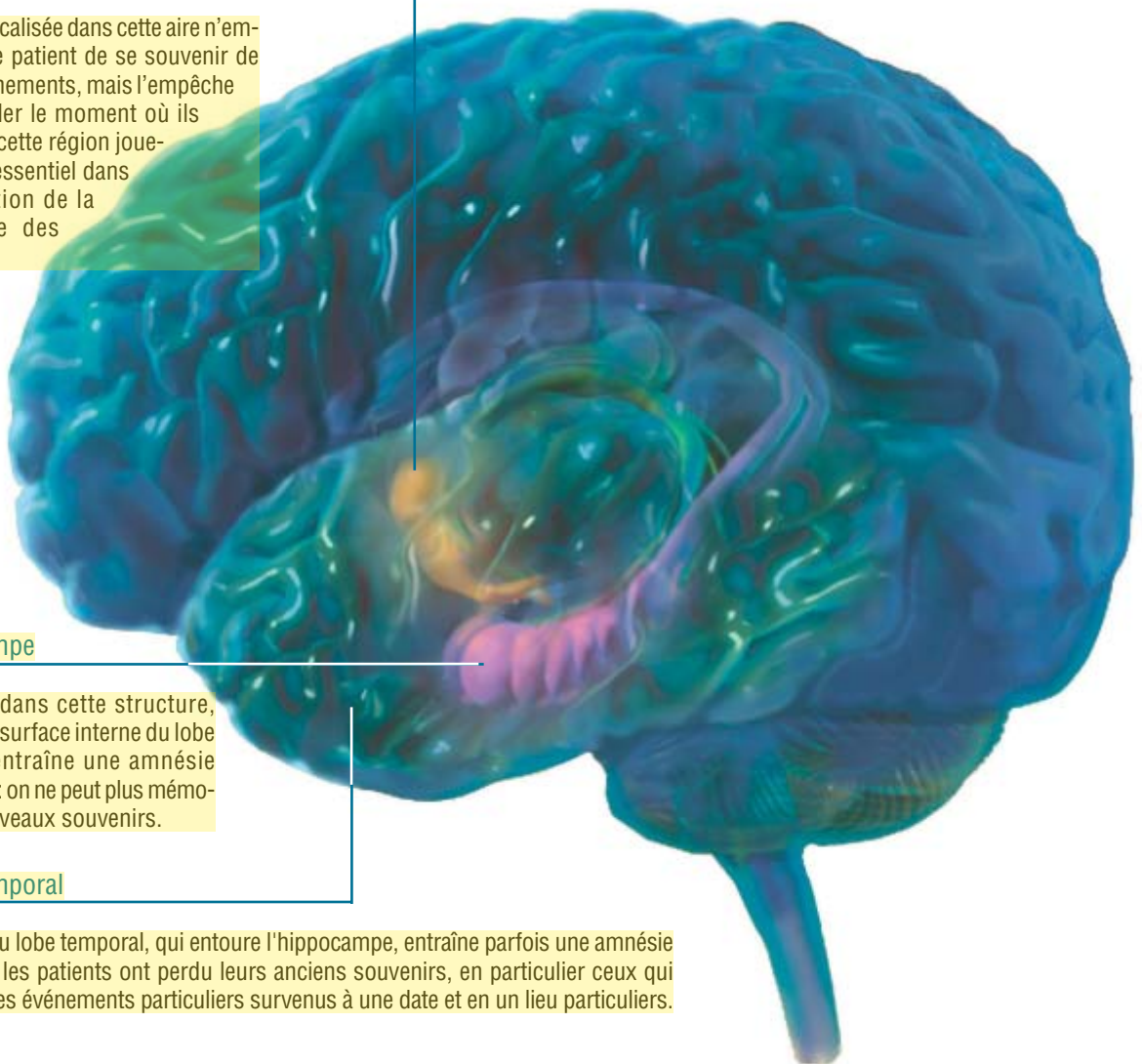
L'hippocampe

Une lésion dans cette structure, située sur la surface interne du lobe temporal, entraîne une amnésie antérograde : on ne peut plus mémoriser de nouveaux souvenirs.

Le lobe temporal

Une lésion du lobe temporal, qui entoure l'hippocampe, entraîne parfois une amnésie rétrograde : les patients ont perdu leurs anciens souvenirs, en particulier ceux qui sont liés à des événements particuliers survenus à une date et en un lieu particuliers.

Diverses études réalisées sur des personnes ayant des lésions cérébrales suggèrent que des structures du lobe temporal et du cerveau antérieur basal jouent des rôles importants dans le stockage et le rappel d'informations liées au moment où surviennent les événements et à l'ordre chronologique dans lequel ils se déroulent.



décennie, sur une ligne horizontale. Les participants avaient l'impression de jouer au «jeu de la vie», tandis que nous évaluions la précision de leur repérage temporel.

Comme prévu, les témoins ont mieux réussi que les patients amnésiques : ils ne se trompaient que de 1,9 an en moyenne. Les patients amnésiques faisaient beaucoup plus d'erreurs, surtout ceux qui souffraient d'une lésion du cerveau antérieur basal. Bien qu'ils se souviennent parfaitement de l'événement, ils se trompaient sur la date de 5,2 ans en moyenne. Toutefois leurs résultats étaient meilleurs que ceux des patients dont le lobe temporal était lésé, qui pourtant se trompaient moins quant au repérage temporel : ils se trompaient seulement de 2,9 ans en moyenne. On déduit de ces résultats que le repérage temporel et la remémoration des événements reposent sur des structures cérébrales ou sur des mécanismes différents. Qui plus est, le cerveau antérieur basal serait indispensable à l'établissement du contexte qui nous permet de replacer les souvenirs à la bonne époque, ce qui est en accord avec l'observation clinique des patients dont le cerveau antérieur basal est lésé. Contrairement aux personnes dont le lobe temporal est endommagé, ces patients peuvent encore mémoriser des faits nouveaux, mais ils s'en souviennent dans le désordre, reconstruisant des séquences d'événements qui peuvent changer d'une occasion à l'autre.

La conscience à retardement

La plupart d'entre nous ne sont pas confrontés aux amnésies ou aux confusions chronologiques dont souffrent mes patients. Pourtant nous partageons tous un étrange décalage temporel mental, mis pour la première fois en évidence dans les années 1970 par le neurophysiologue Benjamin Libet, de l'Université de San Francisco. Dans une expérience, B. Libet remarqua qu'il existait un décalage entre le moment où un individu prenait conscience d'avoir décidé de plier son doigt (B. Libet enregistrait le moment précis de cette décision) et l'instant où les ondes cérébrales indiquaient que la flexion était imminente. L'activité cérébrale survenait un tiers de seconde avant que la personne n'ait décidé de bouger son doigt. Dans une autre expérience, B. Libet appliqua une faible décharge électrique sur le cortex de patients trépanés, anesthésiés localement, mais conscients. Le tremblement de la main déclenché par ce stimulus se produisait une demi-seconde après l'application du stimulus. Bien que l'interprétation de ces expériences et d'autres expériences menées dans le domaine de la neurobiologie de la conscience soit sujette à controverse, le travail de B. Libet montre qu'il existe un décalage entre le début des événements neuronaux aboutissant à la conscience et le moment où l'on est réellement conscient des conséquences de ces événements neuronaux.

Quelles peuvent être les causes de ce décalage ? Il faut du temps pour que les changements physiques constituant un événement se répercutent sur l'organisme et modifient l'état des détecteurs sensoriels d'un organe, par exemple la rétine. Il faut du temps pour que les modifications électrochimiques qui en résultent soient transmises, sous forme de signaux électriques, au système nerveux central. Il faut du temps pour engendrer un motif neural dans les cartes sensorielles du cerveau. Enfin, il faut du temps pour relier la carte neurale d'un événement et l'image mentale de cet événement à la carte neurale et à l'image de soi – c'est-à-dire à la notion de qui nous sommes – l'étape ultime sans laquelle l'événement ne sera jamais perçu consciemment.

Tout cela ne prend que quelques millisecondes, mais il y a néanmoins un décalage. Pourquoi nous ne sommes-nous pas conscients de ce décalage ? Peut-être parce que nous avons tous des cerveaux similaires qui fonctionnent de la même façon : nous avons tous une conscience «retardée», mais personne ne s'en aperçoit ! Ce pourrait être une interprétation parmi d'autres. Peut-être le cerveau instaure-t-il ses propres connexions lors du traitement central des événements et peut-être parvient-il à «antidater» certains événements : certains processus retardés apparaîtraient moins retardés et des processus présentant des décalages différents sembleraient être retardés de la même façon.

Cela expliquerait pourquoi nous avons l'impression que le temps et l'espace sont continus, alors même que nos yeux se déplacent d'un objet à l'autre par saccades. Nous ne remarquons ni le flou dû au mouvement des yeux ni le temps qu'ils leur faut pour se déplacer d'un endroit à un autre. Selon Patrick Haggard et John Rothwell, à Londres, le cerveau perçoit la cible près de 120 millisecondes avant que l'on n'ait conscience de l'objet, ce qui assure une vision continue. La capacité du cerveau à adapter nos expériences visuelles et à nous «faire croire» que nous avons pris une décision, alors même que les neurones correspondant à cette action sont déjà activés, indique une extrême précision temporelle.

Les émotions distordent le temps

Cette précision semble parfois mise à mal : certaines émotions distordent notre perception du temps. Chacun a fait l'expérience de minutes qui paraissent interminables et de semaines qui passent trop vite. Quand nous sommes mal à l'aise ou inquiets, nous trouvons que le temps passe lentement, car nous nous focalisons sur les images «négatives» associées à notre anxiété. Diverses études ont montré que le cerveau produit des images plus rapidement quand nous vivons une expérience «positive» : c'est peut-être pourquoi le temps passe vite lorsque nous nous amusons. Au contraire, le rythme de production des images ralentit lors des émotions «négatives». J'ai récemment éprouvé un ralentissement étonnant du temps : j'étais à bord d'un avion et nous avons traversé une zone de fortes turbulences. Mon attention était focalisée sur les secousses – émotion «négative» – au point que le temps m'a semblé s'être arrêté. Ainsi, notre perception du temps est fondée sur des facteurs aussi variés que le contenu des événements perçus, les réactions émotionnelles déclenchées par ces événements, le rythme des images qui défilent ainsi que les perceptions conscientes ou inconscientes qui les accompagnent. Nous ne comprenons encore pas très bien comment nous percevons le temps, mais nous commençons à entrevoir pourquoi notre perception et notre conscience du temps dépendent tant des circonstances.

Antonio DAMASIO dirige le Département de neurologie de l'Université de l'Iowa, et il est professeur à l'Institut Salk d'Études biologiques de La Jolla.

A. DAMASIO, *L'erreur de Descartes*, Odile Jacob, 1997.

A. DAMASIO, *Le sentiment même de soi : Corps, émotion, conscience*, Odile Jacob, 1999.

A. DAMASIO, *Looking for Spinoza : Joy, Sorrow and the Feeling Brain*, Odile Jacob, à paraître.

La synesthésie : entendre en couleurs

JEFFREY GRAY

Certaines personnes ont une capacité naturelle à voir des couleurs quand ils entendent certains mots. La nature biologique de cette étonnante capacité a été élucidée : elle résulte de la convergence de plusieurs voies sensorielles, normalement séparées.

*A noir, E blanc, I rouge, U vert, O bleu : voyelles,
Je dirai quelque jour vos naissances latentes :
A, noir corset velu de mouches éclatantes
Qui bombinent autour des puanteurs cruelles
Golfes d'ombres ; E, candeurs des vapeurs et des tentes,
Lances des glaciers fiers, rois blancs, frissons d'ombrelles ;
I, pourpres, sang craché, rire des lèvres belles
Dans la colère ou les ivresses pénitentes...
Les voyelles, Arthur Rimbaud*

Dans son poème, Athur Rimbaud évoquait un phénomène cher aux poètes de son temps, la synesthésie : des sons ou des mots, par exemple, font naître des sensations visuelles colorées. Ce phénomène est-il une simple invention poétique, une création de l'imagination ou, au contraire, une association physiologique extraordinaire ? Grâce aux techniques d'imagerie cérébrale, nous avons étudié certaines personnes chez qui cette caractéristique atteint un degré étonnant. Chez les «synesthètes naturels», l'association de mots et de couleurs dépasse notablement les associations que nous faisons parfois entre un mot et une teinte : ce n'est pas une madeleine de Proust colorée. Ces personnes voient réellement leur champ visuel se colorer de rouge en entendant le mot «escalier», ou de jaune en entendant le mot «liberté» : différents niveaux de conscience se mêlent et se superposent.

Nous avons étudié les régions du cerveau actives lors de telles associations, et nous avons découvert qu'une zone du cortex habituellement consacrée à la perception visuelle est activée par les nerfs auditifs, sans doute par le biais d'une connexion supplémentaire acquise de façon héréditaire. Une telle connexion pose des questions fondamentales sur les relations entre fonctions comportementales et états conscients.

Une audition colorée

Chez un synesthète, ne présentant par ailleurs aucun autre trouble, la stimulation d'une modalité sensorielle provoque systématiquement la manifestation d'une sensation dans une autre modalité. Le mot vient du grec *syn* (avec) et *aisthêsis* (sensation). Les sens associés sont très variés : des sons peuvent

évoquer des couleurs ; des saveurs, des formes ; des couleurs, des odeurs ; la souffrance ou un orgasme sexuel peuvent évoquer des couleurs. Les types de synesthésie les plus courants sont ceux où des mots ou des nombres, qu'ils soient lus ou entendus, font apparaître des couleurs. Les synesthètes sont relativement rares : une personne sur 2 000 serait concernée, mais les estimations varient. Il y a environ six fois plus de femmes synesthètes que d'hommes. Dans une même famille, on trouve souvent plusieurs synesthètes, et la transmission se ferait par la mère. Tous décrivent leurs expériences de synesthésie comme remontant aussi loin que leurs plus lointains souvenirs. Si certains n'osent pas en parler, beaucoup apprécient leurs expériences de synesthésie. D'aucuns se prétendent synesthètes, mais sont des fabulateurs. Certains artistes, que ce soient des peintres, des écrivains ou des musiciens, ont affirmé avoir des expériences de synesthésie. Rimbaud, par exemple, malgré les qualités de son poème, cherchait des associations évocatrices, mais n'était pas synesthète. Par ailleurs, la plupart des artistes revendiquant leur synesthésie sont de sexe masculin... alors que la majorité des synesthètes sont des femmes ! Il existe bien sûr d'authentiques artistes synesthètes, tels le romancier Vladimir Nabokov. L'actuelle présidente de l'Association américaine de synesthésie, Carol Steen, est peintre et fait un excellent usage de ses expériences de synesthésie.

En 1907, Francis Galton, précurseur de la psychologie moderne, en fit une description détaillée : «Cette tendance est très héréditaire», et deux synesthètes ne s'accordent jamais «sur la couleur qu'ils associent au même mot». En 1993, Simon Baron-Cohen et ses collègues de l'Institut de psychiatrie de Londres ont démontré la fiabilité des associations entre des mots et des couleurs : on lisait une liste de mots à des personnes et on leur demandait de décrire la couleur qu'ils associaient à ces mots. À un an d'écart, ils décrivaient exactement les mêmes couleurs en association à ces mots (ils ignoraient qu'ils seraient à nouveau testés, et n'ont pas essayé de mémoriser les mots ni les couleurs).

Diverses expériences de psychologie ont révélé la puissance de la sensation synesthésique. Vilayanur Ramachandran et Edward Hubbard, à San Diego, ont présenté à des sujets un ensemble de 2 et de 5, tels que la typographie fait