



Le monde merveilleux du
CERVEAU

Le monde merveilleux du
CERVEAU

La perception 4



Le goût 6, L'odorat 7, La vue 8, Le toucher 10, L'ouïe 11

La cognition 12



L'apprentissage 14, La mémoire 16, La parole 18

La commande 20



Le contrôle 22, Les mouvements 24

Les humeurs 28



Les sensations 30, Les sentiments 32, Le désir 34

Portrait 36

Les temps changent à un rythme vertigineux. Les concepts et idées d'aujourd'hui seront peut-être déjà dépassés demain. Notre faculté d'adaptation et d'assimilation est quotidiennement mise au défi. L'organe de l'apprentissage est le cerveau. Il organise et pilote les interactions entre organisme et environnement: il coordonne et intègre les sensations, les associe aux souvenirs inscrits dans la mémoire, et déclenche les expressions, mouvements et actions, qui sont les manifestations de notre comportement.

On peut se disputer sur la question de savoir si le monde est vraiment devenu plus complexe. Mais il ne fait en revanche aucun doute que nos possibilités de faire face à cette complexité se sont considérablement affinées et élargies. Cela tient à l'amélioration de notre capacité de communiquer et d'échanger, qui nous permet de nous orienter vers des objectifs communs, élaborés sur la base de principes éthiques en évolution et adaptation permanente. Dans une société qui entend maîtriser la complexité des défis à venir, comprendre les fonctions du cerveau se présente tout naturellement comme un fil conducteur, qui a fait ses preuves durant des millénaires, et qui peut néanmoins encore évoluer.

La présente brochure invite à une confrontation avec le monde fascinant du cerveau. Elle a été écrite et conçue dans l'esprit du programme national de recherche «Maladies du système nerveux» (PNR 38), programme dont elle intègre les résultats.



La perception

Nous reconnaissons immédiatement un ami - de face, de profil, ou même de dos. Nous sommes capables de distinguer des millions de nuances sur la palette des couleurs et quelque dix mille odeurs différentes. Ou de sentir glisser une plume sur notre peau. Nous entendons le murmure d'un ruisseau dans le lointain. Et nous faisons la différence entre un bon et un mauvais vin. Nos cinq sens s'ouvrent sur le monde qui nous entoure.

Nos yeux, nos oreilles, notre nez, notre langue et notre peau captent des signaux, les traduisent en impulsions nerveuses qu'ils transmettent à notre cerveau. Elaborées dans des régions spécifiques de cet organe, ces impulsions se manifestent à nous comme images et mouvements, sons, odeurs, saveurs, températures et impressions tactiles. Le cerveau ordonne toutes ces sensations, les interprète. La perception nous permet ainsi de nous y retrouver dans le monde qui nous entoure.

L'odorat: le tabac comme aide-mémoire



Le goût: d'amer à «umami»



La vue: un cinéma dans la tête



L'ouïe: les vibrations d'un robinet qui goutte



Le toucher: comment le marbre fait de nous des artistes



Quand la foudre et le tonnerre font rage, le chocolat paraît plus doux que d'ordinaire. Les scientifiques ne savent pas encore pourquoi le goût est plus aiguisé par temps d'orage. Il est plus facile de comprendre pourquoi notre sens gustatif est plus développé pour les substances amères que pour les trois autres saveurs fondamentales – sucrée, acide et salée.

Cette sensibilité pour l'amer s'explique dans le contexte de l'évolution: amer signifie aussi

Le goût

souvent toxique. Lors de la prise de nourriture, le corps se protège en contrôlant les aliments à leur saveur. Ce test est effectué par de petits organes appelés bourgeons du goût, situés sur les bords de la langue, et dotés à leur surface de cellules gustatives. Chacune de ces cellules sensorielles est spécialisée pour l'une des quatre saveurs fondamentales. Le contact d'une substance d'une saveur donnée avec les cellules spécialisées pour cette saveur produit un potentiel électrique qui est conduit au cerveau sous la forme d'une excitation nerveuse. Le cerveau assemble ces signaux en une sensation globale qui correspond au goût de l'aliment. Chaque saveur que nous percevons est donc une combinaison d'amer, sucré, acide et salé. Toutefois, en 1908 déjà, le Japonais Kikunae Ikeda a découvert l'existence d'une cinquième saveur fondamentale, appelée au Japon «umami». Une seule substance a cette saveur, le glutamate de sodium, utilisé dans le monde entier pour renforcer le goût de certains aliments.



L'odorat

Le fait que l'odorat ne joue plus dans notre vie le rôle majeur qu'il a chez la plupart des autres animaux est un aspect de notre statut d'êtres civilisés. Nous avons perdu l'habitude de diriger consciemment notre nez dans la direction du vent. Mais les odeurs influencent néanmoins fortement notre bien-être. Une bouffée de tabac, un certain parfum ou une autre senteur oubliée depuis longtemps peuvent faire resurgir des images ou des émotions de notre passé. On estime que l'odorat humain est capable de distinguer jusqu'à dix mille odeurs différentes. La cible des molécules odorantes véhiculées par l'air est la muqueuse olfactive, une zone de quelques centimètres carrés à l'extrémité supérieure des fosses nasales, qui comprend quelque dix millions de cellules sensorielles. La tête de chacune de ces cellules est une vésicule sphérique garnie de cils olfactifs qui baignent dans le mucus. Ces cils sont dotés de récepteurs spécifiques, qui enregistrent la structure chimique des molécules odorantes et la transforment

en un signal électrique. Conduits par le prolongement filiforme de la cellule sensorielle, puis par des nerfs collecteurs, ces signaux parviennent à l'intérieur du crâne. Juste à l'arrière du nez, de part et d'autre, se trouvent les deux bulbes olfactifs, où la multitude des signaux olfactifs est combinée en une sensation globale. Ces bulbes sont reliés par des conduits nerveux au centre de l'odorat, dans le cortex cérébral. C'est là que l'odeur devient consciente. Il existe aussi des connexions directes entre les bulbes olfactifs et le système limbique, la partie du cerveau habitée par les sentiments, qui joue aussi un rôle dans le rappel des souvenirs. Ce qui explique qu'une odeur peut subitement nous remémorer des choses oubliées depuis longtemps. Ou pourquoi des odeurs peuvent susciter un sentiment de bien-être ou au contraire nous dégoûter jusqu'à vomir.



Au cinéma, il n'y a qu'un écran sur lequel de la lumière de différentes couleurs est projetée de façon inégale et changeante. Et pourtant, il vaut quand même la peine d'acheter son billet d'entrée. Car lorsque nous regardons le film, notre cerveau recrée un monde à trois dimensions dans notre tête. Notre système de perception n'a besoin que de quelques rares points de repère, parmi toutes les taches de lumière que nos yeux captent sur l'écran, pour reconstituer intégralement par exemple James Bond. Ce que nous voyons tout au long des jours est aussi une sorte de cinéma dans notre tête. Notre cerveau devine ce qui se trouve dans notre champ de vision à partir de quelques éléments caractéristiques. C'est un avantage incontestable pour reconnaître un visage ou noter au passage un panneau de signalisation. Nous ne cessons pas d'interpréter les impressions que nos yeux transmettent au cerveau. Le problème fondamental de la vue est que l'image captée par l'œil est sujette à d'innombrables interprétations.

L'œil enregistre la forme, la couleur, l'intensité lumineuse et la vitesse de déplacement d'un objet. Les cellules de la rétine sont de petits récepteurs qui transforment la lumière incidente en impulsions nerveuses électriques. Celles-ci sont conduites par les deux nerfs optiques jusqu'au centre de la vision dans la partie postérieure du cortex. Cette zone du cerveau associe ces innombrables impulsions pour produire l'image que nous assimilons à un fragment de la réalité. Le traitement de ces sensations visuelles représente environ 30 pour cent du traitement de toutes les impressions sensibles, c'est pourquoi la vue mobilise à elle seule un quart de toutes les cellules nerveuses du cerveau.

Une partie seulement de la rétine nous permet de voir dans toute leur netteté des détails d'un objet que nous regardons. Elle ne saisit qu'une toute petite zone de notre champ visuel. C'est pourquoi nos yeux doivent sans cesse modifier leur position et s'adapter. Notre regard se déplace à la surface des objets; il ne se pose que sur les détails que la partie antérieure du cortex a choisis.

La vision

Les prestidigitateurs tirent parti de cela: leur art consiste dans une large mesure à tromper notre perception visuelle, à jouer sur les limites très étroites de notre champ d'attention. Le prestidigitateur attire notre attention sur l'une de ses mains pendant que l'autre exécute le tour de magie.

Etant donné que nous identifions un objet sur la base d'un petit nombre de caractéristiques, et que l'image sur la rétine autorise de nombreuses interprétations, l'expérience est d'une importance décisive dans la perception visuelle. Elle nous apprend à reconnaître quels détails optiques sont susceptibles d'appartenir à quel objet réel. Un exemple: si nous apercevons une trompe grise, celle-ci a plus de chance d'appartenir à un éléphant qu'à une souris. Ce genre de raisonnement permet à l'être humain de recourir à son expérience pour construire des images du monde qui l'entoure.

Mais l'être humain peut aussi faire réapparaître dans son esprit des choses qu'il a déjà vues. Le travail des cellules nerveuses dans son cerveau est alors le même que lors de la vision réelle. Les cellules du cerveau qui s'activent lorsqu'il contemple la Joconde, entrent aussi en action s'il essaie de se représenter la Joconde dans son esprit.

La manière d'assembler des objets et des couleurs pour se construire un monde en trois dimensions obéit aux mêmes règles pour tous. C'est grâce à ces règles de construction que des taches de lumière sur un écran peuvent créer le suspense, apparaître comme James Bond se battant pour sauver sa peau.





Le toucher

Le toucher est un processus hautement créatif. Ayant caressé le marbre et senti sa surface lisse et froide glisser sous la main, nous nous faisons une image interne de ce matériau. Et si plus tard nos mains entrent de nouveau en contact avec lui, nous l'identifions même les yeux fermés. La peau nous permet de percevoir des attouchements subtils, aussi bien que la pression, la tension, des différences de température. Ces sensations sont fournies par des récepteurs spécifiques situés dans l'épiderme et le derme, les couches externes de la peau. La pression et le tact sont perçus par deux types de récepteurs: les corpuscules de Paccini sont sensibles aux contacts et pressions exercés sur une surface étendue, tandis que les corpuscules de Merkel réagissent à des contacts étroitement localisés. Ces récepteurs travaillent de concert pour déterminer exactement l'intensité, la durée et l'étendue

du contact avec la peau. D'autres cellules sensorielles, sensibles au chaud ou au froid, procurent les sensations thermiques. Elles enregistrent les températures à la surface de la peau et transmettent ces données par le canal de la moelle épinière à l'hypothalamus, une région au centre du cerveau. C'est l'hypothalamus qui fait, par exemple, transpirer le corps pour en abaisser la température quand il fait très chaud. En fait, la palette des impressions que l'excitation de nombreux récepteurs tactiles travaillant de concert permet de ressentir va bien au-delà de la seule perception du chaud, du froid ou de la pression. Que l'on songe seulement au bouquet de sensations que suscite une caresse ou un baiser.

L'ouïe

Le vrombissement des basses de la techno excite d'autres cellules nerveuses qu'un solo de violon classique. La perception d'un son fait intervenir des dizaines de milliers de cellules nerveuses. Les chercheurs savent aujourd'hui que les sons graves et les sons aigus sont enregistrés dans des régions différentes mais adjacentes de l'écorce du cerveau. Tous les sons et bruits sont des vibrations de l'air – des ondes sonores. Nos oreilles en sont les stations de réception. Leur emplacement de part et d'autre de la tête nous permet de localiser les sons dans l'espace. Les fréquences de 2500 à 5000 Hertz sont les plus importantes pour l'audition. Elles sont amplifiées dans l'oreille externe, atteignent le tympan et mettent celui-ci en vibration. Dans l'oreille moyenne, une chaîne de trois osselets transmet ces vibrations à l'oreille interne. Là, elles sont transformées en signaux électriques dans le limaçon, une petite cavité revêtue de fines membranes et occupée par des cellules dotées de cils. Les signaux que ces cellules ciliées envoient au cerveau comprennent des informations sur la fréquence, l'intensité et la durée des sons. Dans des zones spécifiques du cortex, situées au-dessus de l'oreille gauche et de l'oreille droite, ces signaux sont identifiés et interprétés, comme mélodie, robinet qui goutte, voix humaine ou tout autre sonorité de notre environnement. Que notre cerveau réalise la prouesse de reconnaître un motif sonore, par exemple d'isoler une mélodie ou un instrument parmi les nombreuses voix d'une œuvre symphonique, alors qu'il ne dispose souvent que d'informations lacunaires, est tout à fait surprenant. Mais aussi fort utile: sans cette faculté, nous serions bien handicapés pour téléphoner. Le téléphone, parce qu'il ne dispose que d'une bande de fréquence limitée, ne transmet pas toutes les fréquences de la voix humaine. Nous complétons les sons manquants dans notre tête.





La cognition

Lorsque nous mettons le nez dehors le matin et que les capteurs de notre peau nous signalent qu'il fait froid, c'est la cognition qui nous amène à mettre un manteau. Lorsque notre voisin nous dit bonjour, c'est aussi la cognition qui nous fait répondre à ce salut. Et si nous prenons ensuite l'autobus, c'est encore grâce à la cognition que nous sommes en mesure de préparer la monnaie pour payer la course.

La notion de cognition inclut tous les processus qui nous permettent d'acquérir consciemment des connaissances et d'agir de façon ciblée. Elle englobe des processus tels que la pensée, l'apprentissage, la mémoire, la parole, la décision ou encore la faculté d'orientation ou de représentation.

L'apprentissage: Des liaisons nerveuses se reconfigurent sans cesse. Le cerveau est un chantier permanent.



La mémoire: C'est ici qu'est caché le premier baiser. Le chemin qui mène aux souvenirs.



La parole: Pourquoi les bébés sont des opérateurs nés. Et ce que la soupe aux oignons fait à notre cerveau.



L'apprentissage

Accident vasculaire cérébral Le malheur frappe comme la foudre par un ciel serein: des troubles subits de la vue ou de l'élocution, un coin de la bouche insensible ou paralysé sont les premiers signaux d'alarme. Chaque année, treize mille personnes sont victimes d'une attaque cérébrale en Suisse. Les conséquences s'étendent d'une légère confusion et d'une difficulté à parler, à une paralysie définitive ou même à la mort - les accidents vasculaires cérébraux constituent la troisième cause de décès dans les pays industrialisés. Environ 80 pour cent de ces attaques sont dues à un caillot de sang qui bouche l'une des principales artères du cerveau. La région du cerveau irriguée par cette artère ne reçoit plus assez d'oxygène et de nourriture. Ce qui peut conduire au dépérissement de parties du cerveau. Un âge avancé et le diabète sont des facteurs de risque, de même qu'une attaque antérieure ou des précédents dans sa famille. Mais le comportement individuel peut influencer de nombreux autres facteurs de risque, par exemple une pression artérielle élevée, une nourriture riche en graisse, le tabagisme ou l'abus d'alcool et de cocaïne.

Se ronger les ongles change notre cerveau. La préférence du batteur pour les instruments à percussion est aussi inscrite dans ses cellules grises. Et quant à l'amateur d'énigmes mathématiques, chaque fois qu'il vient à bout d'un os, son cerveau change un peu, car tout apprentissage façonne notre appareil de pensée. Les habitudes et aptitudes d'une personne laissent des traces dans les structures du cerveau. Les chercheurs commencent à comprendre ce qui se passe dans le cerveau pendant l'apprentissage, les changements qui s'y produisent en permanence, des transformations moléculaires infimes dans des neurones individuels au réarrangement de réseaux entiers de cellules nerveuses.

Si nous devons apprendre quelque chose de nouveau, cette information parvient d'abord dans une partie du cerveau appelée hippocampe. On peut se représenter le processus d'apprentissage comme suit: l'hippocampe comprend à lui seul des millions de cellules nerveuses reliées entre elles. Chacune de ces cellules est en contact avec beaucoup d'autres. La communication d'une cellule à une autre est assurée par des messagers chimiques dans une zone de contact appelée synapse.

Une fois activé, un neurone transmet le signal sous forme d'une impulsion électrique jusqu'à la synapse. Là, un messenger chimique est libéré dans l'interstice entre les deux neurones. Si la quantité de messenger chimique est suffisante, la cellule cible est activée à son tour et conduit le signal jusqu'à une autre synapse. Un faible signal ne libère habituellement pas assez de mes-

sager chimique pour activer d'autres neurones. Mais la situation est différente en cas d'activation répétée: la stimulation répétée d'une liaison nerveuse renforce les zones de contact entre les neurones impliqués. Lorsqu'une impulsion est transmise de nouveau à travers cette synapse, le passage se fait plus facilement et plus vite. Une synapse ainsi entraînée peut conduire une excitation même si le signal est faible, elle «se souvient» de ce qui s'est passé avant. Il y a eu apprentissage.

A la différence des données protégées d'une disquette d'ordinateur, les informations stockées dans le cerveau sont presque toujours modifiables. Les cellules nerveuses dans le cerveau réagissent avec une extrême souplesse chaque fois que l'on apprend, mémorise et se souvient. Les contacts entre les neurones peuvent sans cesse se modifier et s'adapter à de nouveaux besoins. Les spécialistes du cerveau parlent à ce sujet de plasticité. Elle permet - par exemple après une attaque ou une lésion du cerveau due à un accident - de réapprendre en partie les facultés perdues.



La mémoire

Maladie d'Alzheimer La recherche d'un traitement pour les patients souffrant de la maladie d'Alzheimer est en plein essor aujourd'hui. Cette maladie est très répandue. En Suisse, environ deux pour cent des personnes de plus de soixante-cinq ans et vingt pour cent de celles de plus de quatre-vingt ans sont atteintes de ce déclin sournois de la mémoire. Plus quelqu'un devient âgé, plus il risque d'être victime de la maladie d'Alzheimer: le vieillissement de notre société conduira donc inévitablement à une augmentation du nombre de cas. Actuellement, entre 70 000 et 150 000 personnes souffrent de cette maladie en Suisse. La grande marge d'incertitude sur le nombre tient au fait qu'aujourd'hui encore un diagnostic sûr à cent pour cent n'est possible qu'après la mort: à l'autopsie, on observe, entre autres changements, un rapetissement spectaculaire du cerveau; à peu près la moitié des cellules du cerveau meurent au cours de la maladie. Les conséquences en sont des troubles croissants de la mémoire et de l'orientation et une perte progressive des facultés de pensée et de jugement. Les personnes atteintes finissent par perdre leur personnalité et deviennent totalement dépendantes de l'assistance de tiers.

Un simple souvenir suffit à pousser notre cerveau à faire des choses extraordinaires. Si nous pensons par exemple au premier baiser amoureux, nous activons aussitôt plusieurs aires de notre cerveau. Pour faire revivre en nous cet instant romantique, notre cerveau va en chercher les traces dans différentes zones de ses circonvolutions et rassemble ces éléments dispersés – le lieu et le moment de l'événement, la musique de fond, l'odeur du partenaire... Les différentes régions du cerveau qui participent à ce souvenir sont connectées par des liaisons nerveuses renforcées. Ainsi, une simple odeur, ou un fragment de mélodie, suffit à faire resurgir la scène entière dans la mémoire.

On distingue habituellement chez l'être humain deux sortes de mémoire: la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. La mémoire à court terme nous permet par exemple de nous souvenir, juste le temps de le composer, d'un numéro de téléphone que nous venons de lire sur l'annuaire. La mémorisation de nouvelles informations efface les précédentes. Par contre, la mémoire à long terme garde inscrite en elle des informations pendant longtemps, parfois pendant toute la vie. Les scientifiques ne savent pas encore comment et dans quelles circonstances des informations passent de la mémoire à court terme dans celle à long terme, ni comment les liaisons entre cellules nerveuses sont renforcées. Les sentiments semblent jouer un rôle dans ces processus: nous nous souviendrons encore dix ans après du premier baiser amoureux, mais pas du contenu d'une leçon de mathématique qui nous a ennuyé. Il est probable que les sentiments induisent dans le cerveau la formation de protéines spécifiques, qui stimulent le renforcement des contacts entre cellules nerveuses.

Exemples de recherche

Nous devons constamment être en mesure d'adapter notre comportement à la réalité ambiante. Mais comment notre cerveau s'y prend-il pour aller chercher dans la mémoire l'information dont il a besoin à un moment précis? Et comment fait-il la différence entre hier et aujourd'hui? C'est la question que creuse Armin Schnider, à l'Hôpital universitaire de Genève. A cette fin, il a examiné des patients qui ont subi un traumatisme du système limbique, une région au centre du cerveau, et ne sont pour cette raison plus capables de distinguer le présent du passé. Sa conclusion: ces personnes ne sont plus à même de réprimer des souvenirs qui n'ont plus rien à voir avec le présent; elles font remonter de leur mémoire trop de souvenirs au mauvais moment. Des examens de personnes en bonne santé, au moyen de techniques

d'imagerie mettant en évidence les parties actives du cerveau, ont démontré qu'une partie bien définie du système limbique filtre constamment nos souvenirs et nos pensées. Ce filtre nous permet de distinguer entre la réalité, le passé et l'imaginaire. Pierre Magistretti mène un projet similaire à l'Université de Lausanne. Il étudie à l'aide de procédés d'imagerie comment le métabolisme se modifie dans le cerveau de patients atteints de la maladie d'Alzheimer et quels sont les effets de ces modifications sur les performances de la mémoire.

Un bébé est capable d'apprendre et maîtriser parfaitement n'importe laquelle des quelque cinq mille langues parlées aujourd'hui dans le monde. Quand un nourrisson écoute un adulte parler, son cerveau enregistre les différents sons, rythmes et intonations caractéristiques de la langue utilisée. L'enfant élabore un schéma mental de la langue, même s'il est encore trop petit pour en articuler un seul mot. Ce schéma s'inscrit dans le cerveau sous la forme de nouvelles liaisons entre cellules nerveuses. Dans le cas du français par exemple, différents cheminements nerveux sont mis en place pour le son «r» comme prononcé dans «rond» et le «l» tel que dans «long». Ainsi une personne de langue maternelle française saura distinguer sa vie durant le «l» du «r». La capacité d'élaborer un tel schéma de langue disparaît avec l'âge.

Les bébés japonais sont aussi capables de distinguer sans problème les sons «l» et «r»; mais comme le japonais ne connaît pas cette différence, elle ne s'inscrit pas non plus dans le schéma mental des Japonais. Quand ceux-ci ont atteint l'âge adulte, ils n'acquièrent qu'au prix de grands efforts la faculté de prononcer correctement les mots contenant un «l» ou un «r». Cette capacité d'apprendre parfaitement une nouvelle langue y compris sa prononciation correcte se perd à l'adolescence. Il devient ensuite très difficile de maîtriser parfaitement une langue étrangère. Toute langue apprise après la puberté reste pour toujours un peu étrangère.

Les fonctions linguistiques du cerveau sont très complexes. Si nous pensons par exemple au terme de «soupe à l'oignon», nous l'associons aussitôt à une multitude de représentations. Ce sont ces représentations qui nous permettent de comprendre véritablement la succession de lettres S-O-U-P-E-A-L-O-I-G-N-O-N. Notre imagination nous fera voir probablement un liquide dans une assiette creuse, penser à la chaleur qui se dégage de la soupe, au goût et à l'odeur des oignons. D'où l'on peut conclure que les mots ne sont vraisemblablement pas enregistrés en un seul endroit du cerveau, mais que les différentes représentations qu'il évoque sont distribuées

dans des aires distinctes de cet organe. Ces représentations peuvent être réactivées pour donner un sens au mot. Ces associations constituent la base de la faculté d'abstraction, de notre capacité de comprendre par exemple que l'expression «c'est la montagne qui accouche d'une souris» n'est pas à prendre à la lettre, mais fait allusion à l'issue dérisoire d'un projet ambitieux.

Exemples de recherche

«De même que le langage, la main a aussi une faculté d'expression», relève Mario Wiesendanger. Ce neurophysiologiste de l'Université de Berne aimerait savoir comment le cerveau s'y prend par exemple pour cueillir une grappe de raisin en la saisissant entre le pouce et l'index sans l'écraser. Ou comment le cerveau coordonne nos deux mains pour jouer du violon? Pour répondre à ce genre de questions, Wiesendanger examine avec son équipe les fonctions de la main chez des personnes saines et chez des sujets souffrant d'un traumatisme cérébral. Chez ces derniers, l'habileté manuelle est souvent réduite: de nombreuses aires dispersées dans le cerveau participent au contrôle de la main – il suffit que l'une d'entre elles soit endommagée pour que ce contrôle soit fortement entravé. En se basant sur des fonctions de la main perdues à la suite de traumatismes cérébraux, et en recourant aux nouveaux procédés d'imagerie médicale, les chercheurs bernois parviennent à localiser les aires du cerveau dans lesquelles ces fonctions sont enregistrées. Ces examens ont aussi des retombées thérapeutiques: «Nous avons constaté que le cerveau est tout sauf rigide, souligne Mario Wiesendanger. Les fonctions de la main perdues à la suite d'un traumatisme cérébral peuvent être assumées par d'autres régions du cerveau: il est donc possible de les réapprendre.»

La parole



La commande

C'est en vain que le cerveau et la moelle épinière traiteraient les informations nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme s'il n'y avait pas un réseau finement ramifié de prolongements de cellules nerveuses pour transmettre les ordres de la centrale de commande aux différentes parties du corps. Inversement, les signaux provenant des organes des sens doivent parvenir au cerveau. Ces tâches sont assurées par le système nerveux périphérique (ainsi nommé par opposition au système nerveux central, constitué du cerveau et de la moelle épinière). Le système nerveux périphérique se compose à son tour de deux systèmes distincts: le système nerveux somatique, qui a pour tâche de contrôler les muscles striés enveloppant le squelette (muscles des jambes, des bras etc.) et de transmettre les sensations, et le système nerveux autonome (ou végétatif), responsable du contrôle des muscles lisses des vaisseaux sanguins et des organes, du muscle cardiaque et des glandes. Le système nerveux autonome contrôle donc les fonctions du corps que l'être humain ne peut pas influencer par sa volonté.

Régulation: sexe ou fuite - c'est l'un ou l'autre



Mouvement: pourquoi nous pouvons chanter tout en marchant



Le contrôle

Bien des choses se passent dans notre corps sans même que nous le réalisons. Nous ne devons pas demander consciemment à notre estomac de bien vouloir digérer notre dîner. La respiration fonctionne de façon automatique. Et le cœur se met de lui-même à battre à toute vitesse dans un moment de panique. Le contrôle de ces processus corporels «internes» relève du système nerveux autonome (ou végétatif), qui se subdivise en un système sympathique et un système parasympathique. Ces deux systèmes contrôlent les mêmes organes, mais en y exerçant des effets opposés. Le système sympathique est actif lorsque nous devons combattre ou fuir, tandis que le parasympathique optimise les fonctions du corps au repos, par exemple la digestion ou le sommeil. Dans des situations de stress, notamment en cas de danger ou lors de compétitions sportives, le système sympathique met le corps en état d'alerte: il élargit les pupilles, accélère le rythme cardiaque et gère les besoins accrus en énergie. Simultanément, il ralentit toutes les activités qui se déroulent dans le tube digestif. Cela

permet d'augmenter l'afflux de sang dans les muscles, donc par exemple de courir plus vite. Le système parasympathique remplit une fonction antagoniste de celle du sympathique: il veille entre autres à abaisser le rythme cardiaque, à rétrécir les bronches et à intensifier la digestion. Normalement, les deux systèmes sont actifs en même temps et assurent ainsi un contrôle équilibré de chaque organe.

Le principal centre assurant ce contrôle des organes internes se situe dans l'hypothalamus, une région du cerveau proche du tronc cérébral. Si par exemple certaines cellules nerveuses constatent un changement de la teneur en eau du sang, elles le signalent aux cellules nerveuses correspondantes de l'hypothalamus. Si la teneur en eau est trop faible, celles-ci déclenchent une sensation de soif qui incite la personne à boire de l'eau. Simultanément, l'hypothalamus envoie des signaux aux reins pour qu'ils éliminent moins d'eau du corps. Si au contraire la teneur en eau du sang est trop élevée, les reins reçoivent l'ordre d'éliminer davantage d'eau du corps. D'autres régions de l'hypothalamus régulent selon le même principe la faim ou la température du corps.

Exemples de recherche

Le cerveau est très vulnérable. Aussi ses vaisseaux sanguins sont-ils bien isolés. Cette barrière hémato-encéphalique, comme la désignent les spécialistes, ne laisse passer que les substances nécessaires du sang aux cellules nerveuses. Lors de certaines maladies du cerveau, ce mur protecteur perd de son étanchéité, pour permettre à des cellules immunitaires de pénétrer dans le tissu nerveux et d'y combattre l'infection. «En soi, ce processus est judicieux, relève le neurologue David Leppert, de l'Université de Bâle. Mais parfois, cette réaction inflammatoire est disproportionnée et provoque des dommages permanents au tissu nerveux.» Cette réaction excessive se présente dans plusieurs maladies du système nerveux, par exemple la sclérose en plaques, ou encore des méningites bactériennes. Ces dernières peuvent conduire souvent à la mort. Le Bâlois David Leppert n'est pas seul sur les traces des précurseurs de cette réaction excessive. L'équipe de Karl Frei, à l'hôpital universitaire de Zurich, cherche aussi à identifier les molécules qui rendent la barrière hémato-encéphalique perméable et laissent ainsi pénétrer les cellules immunitaires dans le tissu cérébral. Si ces molécules pouvaient être bloquées par un médicament lors de méningites bactériennes, les décès causés par cette infection diminueraient et les dommages au cerveau seraient moins importants.

La sclérose en plaques Cette maladie évolue par poussées successives. Elle provoque d'abord des picotements ou des paralysies passagères, la vue ou la parole peuvent aussi être touchées. Plus tard, elle progresse souvent vers des paralysies durables, principalement des jambes. L'ampleur et la gravité des symptômes varient sensiblement d'une personne à une autre et tout au long de l'évolution de la maladie. La sclérose en plaques commence généralement avant la quarantaine; en Suisse, quelque dix mille personnes en sont atteintes. Il s'agit d'une maladie auto-immune, dans laquelle le système immunitaire s'en prend à l'organisme même qu'il est censé protéger. Les cellules de défense immunitaire détruisent, dans le cerveau et la moelle épinière, la couche de myéline qui enveloppe les cellules nerveuses, comme s'il s'agissait d'un corps étranger. Sans cette couche de myéline, les cellules nerveuses ne transmettent plus correctement les impulsions électriques – comme un câble électrique dont l'isolation serait endommagée. On ignore toujours pourquoi le système immunitaire attaque ces patients aux cellules nerveuses de leur propre corps. Il existe plusieurs traitements pour la sclérose en plaques, mais aucun ne permet encore de guérir ces malades.

LES MOUVEMENTS

Certains mouvements ont lieu sans activité consciente du cerveau. Si nous touchons par exemple une plaque électrique brûlante, le signal de douleur force vers la moelle épinière qui commande aussitôt à la main de se retirer. De même, dans un film d'horreur, nous avons un sursaut d'effroi lorsque le méchant sort brusquement de sa cachette pour attaquer sa victime. Nous ne planifions pas consciemment ces mouvements, ce sont des réflexes. Il y a aussi des mouvements que nous exécutons consciemment, mais qui ne nous demandent pas beaucoup de concentration, comme manger ou marcher. Dans ce dernier exemple, nous ne réfléchissons pas à la manière de mettre un pied devant l'autre. Tout en marchant, nous pouvons nous occuper mentalement d'autres choses, par exemple parler avec un ami, ou songer au prochain match de football. L'exécution de ces mouvements bien assimilés et rythmés ne mobilise pratiquement pas l'attention et n'exige donc pas l'intervention du cortex cérébral – contrairement à des mouvements volontaires, ceux que nous faisons par exemple pour écrire ou jouer du piano. Si nous n'étions pas capables d'exécuter des mouvements volontaires et devions nous limiter aux réflexes et aux mouvements rythmés, nous ne serions guère que des robots primitifs.

Nous planifions les mouvements volontaires et les exécutons de façon consciente dans des situations précises. La décision d'effectuer un mouvement donné découle souvent d'informations sur notre environnement: ces informations proviennent entre autres de groupes de cellules spécifiques qui enregistrent l'état de tension d'un muscle ou d'un tendon, mais aussi de cellules sensibles situées dans la peau et les articulations et des cellules responsables de la vision. Car pour exécuter et contrôler des mouvements, le cerveau doit être constamment tenu au courant, par exemple de la position du corps et des différents organes dans l'espace et du niveau de tension des muscles.

On sait aujourd'hui que certaines aires du cerveau décident d'un mouvement à effectuer, tandis que d'autres aires mettent cette volonté à exécution en donnant des ordres aux muscles. Le cortex comprend des régions spécifiques dont chacune contrôle les mouvements d'une autre partie du corps (par exemple le visage, les bras ou les pieds). Les plus vastes aires de ce type contrôlent les parties du corps qui doivent assurer les mouvements les plus compliqués et les plus précis. C'est ainsi qu'une aire particulièrement étendue contrôle les mouvements des lèvres et de la langue, qui doivent effectuer des mouvements complexes pour parler et manger. Des aires beaucoup plus petites contrôlent des mouvements relativement simples, comme ceux des épaules ou du dos. Ce domaine du cortex responsable des mouvements est en liaison directe avec la moelle épinière, qui transmet les ordres du cortex à des cellules nerveuses, elles-mêmes en contact avec les muscles.

Pendant des décennies, les scientifiques ont cru pouvoir comparer la connexion des cellules nerveuses du cerveau et de la moelle épinière à celle d'un téléphone: une fois sectionné, un câble l'est pour toujours. Cette conception a eu cours jusqu'au jour où un chercheur zurichois, Martin Schwab, a développé un anticorps qui fait repousser chez le rat des nerfs de la moelle épinière qui avaient été détruits. Cette découverte, faite il y a quelques années, donne de l'espoir aux paraplégiques. On peut la décrire comme «un frein du frein»: une protéine de la gaine des fibres nerveuses de la moelle épinière et du cerveau empêche qu'un nerf sectionné puisse repousser. L'anticorps fabriqué par Martin Schwab parvient à bloquer ce frein naturel qui s'oppose à la croissance des nerfs. Entre-temps, le plan de construction génétique de ce frein naturel a été décrypté. «Cela nous permet de développer des anticorps encore plus spécifiques, et donc plus efficaces, contre cette protéine qui inhibe la croissance», relève Martin Schwab. Pourtant, même si la recherche sur les lésions de la moelle épinière fait de grands progrès, il reste encore d'énormes obstacles à surmonter. Aussi les perspectives thérapeutiques sont-elles encore incertaines.

Exemple de recherche

Maladie de Parkinson Leurs mains ou leurs pieds tremblent, ils se meuvent toujours plus lentement et leurs muscles se raidissent toujours davantage. En Suisse, quelque dix mille hommes et femmes sont atteints de la maladie de Parkinson. En plus des symptômes principaux, une partie des personnes chez lesquelles la maladie se développe progressivement sont menacées par la démence, une déficience mentale durable. Le principal facteur de risque est le vieillissement. Les premières manifestations de la maladie surviennent généralement après soixante ans. Il n'existe encore que des suppositions sur les causes de la maladie. On sait seulement que des cellules nerveuses sont peu à peu détruites en un endroit précis du cerveau. Les cellules de cette «substance noire», comme on l'appelle, produisent de la dopamine, un messenger chimique qui transmet des signaux d'une cellule nerveuse à l'autre. Lorsque 80 pour cent environ des cellules de la substance noire ne fonctionnent plus, le cerveau souffre d'un manque de dopamine. C'est alors qu'apparaissent les symptômes caractéristiques de Parkinson. Des médicaments permettent souvent de compenser ce manque de dopamine et d'atténuer ainsi les troubles moteurs.

L'épilepsie Les crises d'épilepsie se présentent comme des «orages» qui se déchargent dans les cellules nerveuses du cerveau. Les symptômes vont de courts moments d'absence, par exemple un regard passagèrement fixe chez des enfants atteints, jusqu'à des crampes et des tressaillements de tout le corps. Les effets des perturbations fonctionnelles qui affectent momentanément les cellules nerveuses dépendent dans une large mesure des fonctions qu'exercent normalement les cellules nerveuses atteintes par l'«orage». Si les impulsions anormales viennent par exemple de la région du cerveau qui coordonne les mouvements de jambes, il s'ensuivra des crampes dans les jambes. L'épilepsie touche environ un pour cent de la population, les hommes plus souvent que les femmes. Il ne s'agit pas à strictement parler d'une maladie, mais d'un ensemble de symptômes, qui peuvent avoir pour cause des troubles très divers, tels que des problèmes survenus lors de la naissance, des blessures à la tête, ou encore des tumeurs. Certains scientifiques supposent que pour des raisons inexplicables, les cellules nerveuses des épileptiques sont mal connectées. Des médicaments permettent de modérer en partie la surexcitabilité des cellules nerveuses, sans entraver leur fonction normale.

Exemple de recherche

Que faire lorsque les cellules nerveuses du cerveau périssent? Pour combattre la maladie de Parkinson, Patrick Aebischer et Anne Zurn, au Centre hospitalier universitaire vaudois, à Lausanne, misent sur des facteurs de croissance: des protéines qui veillent, chez l'être humain en bonne santé, au développement des cellules nerveuses, à leur survie et à leur bon fonctionnement. Les chercheurs lausannois aimeraient introduire de tels facteurs de croissance dans les régions atteintes du cerveau, où ces remarquables substances pourraient empêcher les cellules nerveuses encore saines de mourir, voire réparer les zones du cerveau endommagées. Avec leur équipe, Patrick Aebischer et Anne Zurn ont cherché des moyens d'introduire ces protéines salvatrices directement dans le cerveau. Ils recourent pour cela à la thérapie génique. Des cellules sont modifiées génétiquement de manière à ce qu'elles produisent un facteur de croissance. Puis les cellules ainsi préparées sont enfermées dans une capsule en matière synthétique, qui est alors implantée dans le cerveau. Ces mini-fabriques biologiques devraient alors délivrer en permanence au cerveau des molécules de la protéine salvatrice. Les essais sur un modèle animal se sont révélés prometteurs.



Les humeurs

La perception détermine en grande partie l'humeur dans laquelle nous nous trouvons. Par exemple le trac: quiconque a affronté une fois dans sa vie un grand public, connaît ce mélange d'excitation et de peur. Quelqu'un qui aurait fait l'expérience d'un échec dans une telle situation - qui aurait été par exemple incapable de bien dire son texte - risque d'avoir des sueurs froides la prochaine fois qu'il montera à la tribune ou sur les planches, par crainte d'être de nouveau paralysé par le trac. En revanche, une personne qui réussit sa prestation sortira de scène plus sûre d'elle.

Les impressions des sens sur ce qui se passe autour de nous, et l'évaluation qu'en fait notre cerveau sur la base des expériences déjà vécues, marquent notre comportement. Nos actes sont souvent le résultat de l'humeur qui règne à un moment donné dans notre cerveau.

Les sensations: L'être humain a besoin de la douleur, bien que son cerveau soit lui-même indolore.



Les sentiments: La vie suspendue à nos sentiments. Le risque de jouer au poker.



Le désir: Pourquoi nous devons vouloir. Les pièges de l'euphorie.



LES SENSATIONS

Aussi cruel que cela paraisse, nous avons besoin de la douleur. La douleur est un signal d'alarme. Elle informe le corps que quelque chose ne joue pas. Le corps humain ressent la douleur grâce au système nerveux. Celui-ci comprend des récepteurs spécifiques - les nocicepteurs. Ils sont situés à l'extrémité de fibres nerveuses spécialisées pour la sensation de la douleur dont elles transmettent les signaux au

cerveau. C'est là que s'élabore finalement ce que nous percevons comme douleur. Chacun la connaît, mais chacun la décrit autrement. C'est un phénomène que nous connaissons à propos de sentiments tels que l'amour, le dégoût ou la haine. Chaque être humain les ressent différemment. C'est pourquoi les douleurs ne peuvent pas être décrites de façon objective; elles sont difficiles à saisir - comme d'ailleurs toute autre perception.

La même cause produit une douleur qui n'a pas la même intensité chez tous les êtres humains, car la douleur dépend de multiples facteurs. De

plus, la sensation de la douleur chez une personne donnée varie: une excitation douloureuse, qui a déclenché un jour en nous une violente réaction, peut être ressentie un autre jour comme une simple gêne. Certes, dans les deux cas, des nocicepteurs ont perçu et transmis l'excitation, mais le seuil de douleur s'est déplacé. Le changement du seuil de douleur est dû à la sécrétion par le corps de substances chimiques qui rendent les nocicepteurs plus sensibles. Des substances de ce type sont libérées lorsque des tissus sont endommagés. La réaction douloureuse se produit si leur concentration dépasse une certaine valeur. L'interaction complexe entre ces substances chimiques, qui induisent la douleur, et les nocicepteurs, est à l'origine des nombreuses formes de douleur que nous connaissons. A l'heure actuelle cependant, les multiples aspects de la sensation douloureuse n'ont pas encore tous livré leurs secrets.

A noter que le cerveau lui-même n'a pas de nocicepteurs et est donc insensible à la douleur et que les lésions du cerveau sont en soi indolores.

Les infections Toute une série de maladies dues à des bactéries ou des virus peuvent causer des dommages au cerveau. La plus fréquente de ces maladies infectieuses est la méningite: c'est une inflammation de la membrane qui enveloppe le cerveau et la moelle épinière. La forme et le déroulement de cette inflammation diffèrent très sensiblement suivant la nature des germes pathogènes qui l'ont provoquée. La méningite bactérienne suit un cours dramatique et met aujourd'hui encore la vie en danger, tandis que la variante due à des virus est moins dangereuse. En général, la maladie est transmise par voie aérienne: les germes rejetés dans l'air par un malade ou un porteur sain (expiration, toux), peuvent être absorbés par les voies respiratoires d'autres personnes. Les personnes les plus exposées au risque d'infection sont donc celles qui ont des contacts directs prolongés avec des malades. Les symptômes sont de violents maux de tête et de la fièvre; les personnes atteintes se sentent très mal, ont souvent des nausées, des vomissements et une aversion marquée pour la lumière. A un stade plus avancé, le malade souffre de torpeur, de somnolence et de graves troubles de la conscience, qui peuvent aller jusqu'au coma.

Les tumeurs Les tumeurs résultent de la croissance anormale de cellules. Si elles se développent dans le cerveau, elles peuvent y causer de graves dommages. Les effets d'une tumeur dépendent de sa taille et de l'endroit où elle s'est développée. Au fur et à mesure qu'elle s'étend, une tumeur peut détruire les cellules avoisinantes. Souvent, sa croissance provoque aussi une augmentation de la pression régnant dans le cerveau, laquelle peut endommager d'autres régions de cet organe ou perturber leur fonctionnement. Entre autres symptômes, une tumeur peut provoquer des maux de tête, des crises d'épilepsie, une fatigue inhabituelle, des paralysies, des troubles de la perception et de la parole. On enregistre environ dix mille cas par année de tumeurs du cerveau - soit cinq à dix pour cent de toutes les tumeurs.

L'amour jaillit du cœur, la peur se loge dans le ventre. C'est ce qu'on a longtemps pensé. On a compris par la suite que les sentiments résultent de tout un ensemble d'activités du cerveau et de processus chimiques qui se déroulent dans le corps. La joie, la tristesse, la peur, la colère, le dégoût ou encore l'attraction sexuelle sont autant de sentiments que nous avons tous vécus. Les uns sont détestables, d'autres font que la vie vaut la peine d'être vécue. Nous avons conscience de certains sentiments, pas de tous. Certaines réactions qui découlent des sentiments sont visibles: par exemple, les muscles de la face donnent au visage l'expression caractéristique de la joie, de la pitié ou de la colère. La peau devient livide à l'annonce d'une mauvaise nouvelle, mais passe au rouge dans une situation embarrassante... Ou encore, le cœur bat à tout rompre à la vue de la personne aimée, tandis que l'estomac se resserre à l'approche d'un examen. Mais nous ne nous rendons pas compte d'autres réactions qui se déroulent dans notre corps: des substances chimiques – hormones, protéines - modifient le métabolisme, des messagers chimiques activent certaines aires du cerveau et influencent ainsi notre pensée et nos actions.

Parfois, nous réagissons intuitivement à certaines impulsions extérieures, sans très bien savoir pourquoi. Ces processus sont induits dans notre corps par une excitation de nos sens, le cerveau évalue alors la situation et fait naître un sentiment. Les sentiments s'élaborent dans une région au centre du cerveau, le système limbique. Ce dernier échappe à notre volonté. La vue d'une maison qui ressemble à celle où nous avons passé une enfance heureuse suffit à faire monter en nous un sentiment de bonheur. Ou le visage d'un inconnu qui ressemble à quelqu'un que nous ne pouvons pas souffrir fait surgir un sentiment de rejet. La plupart des objets et des situations que nous rencontrons produisent, d'une manière ou d'une autre, une réaction au niveau des sentiments. Certains ont un impact plus marqué que d'autres, mais la plupart du temps, ces réactions sont faibles - heureusement! Souvent nous ne savons pas du tout quel objet ou quelle situation a déclenché en nous tel ou tel sentiment.

Nous ne pouvons guère qu'accepter un sentiment que nous avons éprouvé. Nous pouvons certes contrôler en partie l'expression de nos sentiments, par exemple retenir notre colère ou cacher notre tristesse. Mais peu d'êtres humains sont d'assez bons comédiens pour diriger consciemment les manifestations de leurs sentiments. Et si nous essayons malgré tout de mimer un sentiment, il suffit d'un petit détail – un muscle du visage activé à mauvais escient, une intonation de la voix – pour révéler la tromperie. C'est une des raisons pour lesquelles il faut avoir du talent pour gagner de l'argent au poker. Bref: les efforts pour juguler les sentiments n'ont guère plus de chance d'aboutir que la tentative de ne pas éternuer quand ça nous pique au fond du nez.

LES SENTIMENTS

Les lésions du cerveau Une lésion mineure du cerveau peut avoir déjà un impact profond sur la vie des personnes concernées: tout d'un coup, l'élocution devient pénible, ou une fatigue persistante s'installe, ou la mémoire fait faux bond. Ce sont là des exemples dans toute une gamme de conséquences que peuvent entraîner des lésions du cerveau. Souvent, les troubles ne sont pas visibles de l'extérieur, par exemple quand ils affectent la perception ou la faculté de concentration. En Suisse, en gros cent mille personnes vivent avec une lésion cérébrale. Et l'on enregistre environ dix-neuf mille nouveaux cas chaque année; cinq mille d'entre eux sont des jeunes. Les jeunes hommes de 18 à 39 ans constituent une classe d'âge particulièrement menacée. Car la plupart sont des automobilistes et peuvent être victimes de lésions cérébrales lors d'accidents. D'autres causes de lésions cérébrales sont les accidents vasculaires cérébraux, mais aussi les différentes formes de cancer ou des complications chirurgicales.

Le désir ne va pas forcément de pair avec une grande jouissance. Les toxicomanes le savent bien: leur besoin d'une drogue n'est souvent plus associé au plaisir intense qu'elle leur procurait pendant la phase initiale de sa consommation. Et pourtant, ils ressentent une envie insatiable qui les empêche de s'en libérer. Les mécanismes qui font que le cerveau du toxicomane veut absolument une certaine substance ne sont toujours pas entièrement élucidés. Ce qui est sûr, c'est qu'en dépit de structures chimiques différentes, la plupart des drogues exercent leur empire sur des fonctions cérébrales, en inhibant ou excitant l'activité de certaines régions du cerveau. Les amphétamines («speed») et la cocaïne sont avant tout des stimulants et des euphorisants, le haschich et le LSD exacerbent les sens, l'alcool tranquillise, détend les muscles et diminue l'excitabilité et les réflexes.

Il existe deux théories de la toxicomanie. L'une affirme que le toxicomane continue de prendre une drogue pour retrouver les effets agréables que cette substance entraîne, par exemple l'euphorie ou un sentiment de bien-être. L'autre théorie défend le point de vue qu'il consomme sa drogue pour éliminer les manifestations désagréables du manque. En fait, aucune des deux théories n'est satisfaisante: elles n'expliquent pas pourquoi des drogues sans effet euphorisant entraînent aussi la dépendance, ou pourquoi des toxicomanes ne peuvent pas se passer de drogues pour lesquelles le sevrage ne provoque pas un état de manque. Certains chercheurs supposent aujourd'hui que la consommation répétée de drogue agit sur un

mécanisme cérébral «de récompense» ou de «punition». Ce mécanisme nous aide à filtrer le flux de nos sensations et impressions pour en extraire les informations qui nous sont agréables. Les chercheurs pensent que la prise répétée de drogues entraîne des modifications chimiques durables des régions du cerveau responsables de ce mécanisme. De là, tout ce qui n'a rien à voir avec la drogue perd son intérêt.

A propos, les stupéfiants classiques ne sont pas seuls à rendre dépendant: le chocolat, la lecture ou l'internet peuvent aussi conduire à la dépendance, même si les conséquences pour l'organisme sont en général moins graves.

Exemple de recherche

«Personne ne prend des drogues pour devenir toxicomane», affirme Wolfram Schultz. Ce spécialiste du cerveau de l'Université de Fribourg étudie pourquoi on devient néanmoins toxicomane. Il est convaincu «que les drogues comme la cocaïne ou l'héroïne trompent le système de récompense de notre cerveau». Ses recherches ont démontré que le fait d'être récompensé excite dans notre cerveau des cellules qui libèrent un messager chimique, la dopamine. Cette substance active certains centres cérébraux qui contrôlent différentes formes de comportement. Wolfram Schultz postule que la dopamine sécrétée en raison de la «récompense» que constitue l'effet de la drogue influence aussi le comportement. C'est pourquoi l'être humain, dans ce cas le toxicomane, élabore des stratégies pour obtenir de nouveau cette récompense. Comme l'héroïne, la cocaïne et la nicotine conduisent également le cerveau à sécréter de la dopamine, ces drogues inciteraient le système de récompense de l'être humain à se les procurer de nouveau. La toxicomanie n'est ainsi pas uniquement l'affaire du corps. Elle fait intervenir aussi l'élaboration de stratégies, pour obtenir la drogue - et cela expliquerait pourquoi les personnes concernées ont tant de difficulté à s'affranchir de leur toxicomanie.

Le désin

Le programme national de recherche 38: «Maladies du système nerveux»

Le diagnostic des maladies du système nerveux a fait de grands progrès ces dernières années, ce qui a fait croître aussi l'espoir en de nouvelles thérapies. Le traitement des causes de ces maladies n'est souvent pas encore possible. Ce qui donne d'autant plus d'importance aux connaissances sur le traitement des symptômes et à leur transfert de la recherche fondamentale dans la pratique, pour qu'elles profitent aux patients.

Recherche fondamentale et clinique

Le recherche fondamentale en neurosciences a une longue tradition en Suisse. De nombreux groupes de classe internationale travaillent dans ce domaine dans la plupart des universités du pays, dans ses écoles polytechniques et son industrie pharmaceutique. Cette recherche fondamentale a beaucoup enrichi les connaissances sur les mécanismes des maladies neurologiques.

Les hôpitaux universitaires font surtout de la recherche clinique sur des sujets bien définis, relatifs au diagnostic et à la thérapie. L'échange entre recherche clinique et fondamentale est souvent laborieux. Améliorer cette collaboration était un objectif majeur du programme national de recherche «Maladies du système nerveux» (PNR 38). Lancé en 1995, ce programme doté d'un budget de 16 millions de francs a duré cinq ans.

Vingt projets de recherche

Les projets de recherche du PNR 38 sont issus d'un processus de sélection en plusieurs phases. Dans un premier temps, les scientifiques ont soumis des idées de projets. Un groupe d'experts, nommé par le Fonds national, a examiné ces esquisses. Il a retenu 20 des 79 idées proposées et invité leurs auteurs à présenter un projet détaillé. Les critères de sélection étaient sévères: les projets devaient avoir un haut niveau scientifique, inclure plusieurs disciplines et jeter un pont entre la recherche fondamentale et les applications cliniques. Chaque projet fut examiné par deux spécialistes internationaux et deux membres du groupe d'experts. Ce processus a débouché sur l'approbation de quinze projets, puis de cinq autres trois ans plus tard. Au total, le programme national de recherche a donc soutenu vingt projets.

Les projets portaient avant tout sur les causes des maladies du système nerveux, sur la récupération des fonctions cérébrales après un traumatisme, et sur de nouvelles approches thérapeutiques susceptibles d'influencer ces affections. Ces travaux ont abordé des maladies telles que l'attaque cérébrale, Alzheimer, Parkinson, la sclérose en plaques, le démentence, la dépression, l'épilepsie ou la méningite.

Le PNR 38 a organisé régulièrement des symposiums et donné l'occasion aux chercheurs de discuter leurs résultats de recherche dans un contexte interdisciplinaire. Les projets soutenus ont conduit à de nombreuses publications scientifiques très remarquées.

Le programme de recherche s'est terminé par un symposium scientifique de trois jours. Les chercheurs du PNR 38 y ont fait état de leurs résultats, et d'éminents spécialistes des neurosciences, venus du monde entier, ont présenté des travaux en complément. Les résultats du symposium seront publiés par «Brain Research Reviews», un périodique qui jouit d'une grande renommée dans son domaine.

Projets et chefs de projet

Aguzzi Adriano Piero

Institut für Neuropathologie, Universität Zürich

La multiplication des prions et leur dissémination dans l'organisme infecté

Albanese Alberto

Istituto Nazionale Neurologica «C. Besta», Milano, Italy

La génétique moléculaire de sujets dont les mouvements sont perturbés

Antonarakis Stylianos

Division de Génétique médicale, Centre Médical Universitaire, Genève

Comparaison globale de l'expression des gènes dans le cerveau fœtal de sujets ayant une trisomie 21 et de sujets témoins

Bertrand Daniel

Département de Physiologie, Centre Médical Universitaire, Genève

Le récepteur neuronal à la nicotine et à l'acétylcholine, une cause possible de certaines formes d'épilepsie

Dubois-Dauphin Michel

Division de Neuropsychiatrie, HUG «Belle-Idée», Chêne-Bourg

Identification de cibles moléculaires pour prévenir la mort des cellules nerveuses dans l'accident vasculaire cérébral

Frei Karl

Neurochirurgische Klinik, Universitätsspital Zürich

La barrière sang-cerveau dans la méningite bactérienne

Hubbell Jeffrey Alan

Institut für Biomedizinische Technik und Medizinische Informatik, ETH Zürich

Gels contenant des produits qui facilitent la régénérescence nerveuse périphérique

Innocenti Giorgio

Department of Neuroscience, Neuroanatomy and Brain Development, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden

Modification de l'organisation de l'écorce cérébrale suite à des lésions survenues en début de vie

Kiss Jozsef

Département de Morphologie, Centre Médical Universitaire, Genève

Rétablissement de connexions et récupération fonctionnelle après une lésion du cerveau: une approche intégrative

Kollias Spyridon

Institut für Neuroradiologie, Universitätsspital Zürich

Organisation fonctionnelle des zones corticales de programmation du mouvement et leur réorganisation chez des patients ayant subi une lésion du cerveau

Leppert David

Neurologische Klinik, Kantonsspital Basel

Régulation des métalloprotéinases dans la sclérose en plaques et dans la méningite bactérienne: recherche de cibles pour un traitement

Magistretti Pierre

Institut de physiologie, Faculté de médecine, Université de Lausanne

Métabolisme énergétique du cerveau dans la maladie d'Alzheimer: physiopathologie, imagerie fonctionnelle et performance cognitive

Michel Christophe

Clinique de Neurologie, Hôpital Cantonal Universitaire, Genève

Le substrat anatomique et fonctionnel de la perception visuelle chez des sujets normaux et chez des patients dont les lésions ont conduit à un déficit visuel

Schläpfer Thomas

Psychiatrische Universitäts-Poliklinik, Bern

Effet de la stimulation magnétique transcrânienne sur la dépression majeure résistante aux médicaments

Schnider Armin

Clinique de Rééducation, Hôpital cantonal universitaire, Genève

Localisation de fonctions cognitives: implications pour l'évaluation préopératoire et pour la récupération

Schultz Wolfram

Institut de Physiologie, Université de Fribourg

Mécanismes de récompense dans le cerveau

Schwab Martin

Abteilung Neuromorphologie, Institut für Hirnforschung, Universität und ETH Zürich

Lésion, régénérescence et plasticité des fonctions de la moelle épinière

Suter Ulrich

Institut für Zellbiologie, ETH Zürich

Mécanismes et stratégies de traitement des maladies héréditaires qui touchent les nerfs sensoriels et moteurs

Wiesendanger Mario

Neurologische Klinik, Inselspital Bern

Dextérité manuelle après lésion cérébrale

Zurn Anne

Division de Recherche Chirurgicale et Centre de Thérapie Génique, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, Lausanne

Evaluation de thérapies cellulaires pour la maladie de Parkinson

Le groupe d'experts du PNR 38

Prof. Jürg Kesselring, Président, Rehabilitationsklinik Valens

Prof. Patrick Aebischer, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Prof. Susanna Cotecchia, Université de Lausanne

Prof. Jean-Jacques Dreifuss, Université de Genève

Prof. Adriano Fontana, Universitätsspital Zürich

Prof. Marie-Claude Hepp-Reymond, Universität Zürich

Prof. Christian W. Hess, Inselspital Bern

Prof. Theodor Landis, Hôpital cantonal de l'Université de Genève

Prof. Denis Monard, Friedrich Miescher Institut, Basel

Prof. Peter Sonderegger, Universität Zürich

Impressum

Editeur et contact

Fonds national suisse de la recherche scientifique
Div. IV, PNR 38, Wildhainweg 20, 3001 Berne
Téléphone 031 308 22 22, Fax 031 305 29 70
nfp@snf.ch www.snf.ch (Programmes de recherche)

Concept et rédaction

Mark Livingston, Muri (AG)

Graphisme, mise en page

Beat Schenk, Berne

Traduction

Jean-Jacques Daetwyler, Berne

Images brochure

Blue Planet sauf p. 4/5: Getty-Images, Munich

Poster

Jonas Spengler, Berne (Photografie)
Andreas Vetterli, Villars-sur-Glâne (Objets)

Lithos

Prolith SA, Köniz

Imprimerie

Stämpfli SA, Berne

© 2001, Fonds national suisse

Cette brochure est disponible en allemand également.



SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS
FONDS NATIONAL SUISSE
SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION
FONDO NAZIONALE SVIZZERO

Wildhainweg 20 Case postale CH-3001 Berne Suisse

La cellule nerveuse — l'excitée de service

«Tout ou rien» - telle est la langue que parlent les cellules nerveuses. Comme des interrupteurs, elles sont, soit actives soit inactives. En général, une impulsion nerveuse est déclenchée par un signal chimique: la tension électrique dans les dendrites — prolongements de la cellule, qui servent d'accès aux signaux entrants — est modifiée lorsque d'autres cellules nerveuses, reliées entre elles par des connexions appelées synapses, sécrètent de tels messagers chimiques en quantité suffisante. Ce potentiel d'impulsion est conduit à travers le corps cellulaire jusqu'à l'axone, prolongement filiforme emprunté par les signaux sortants. L'axone est enveloppé d'une gaine de myéline, dont la fonction est comparable à celle de l'isolation d'un câble électrique: cette gaine permet d'acheminer les impulsions électriques rapidement et sans atténuation. Dans le cerveau et la moelle épinière, l'excitation se propage à une vitesse allant jusqu'à 100 mètres par seconde. Les axones peuvent atteindre un mètre de long. Leur extrémité ramifiée transmet les impulsions nerveuses par l'intermédiaire de synapses à d'autres cellules nerveuses ou à des cellules des muscles, des glandes ou des organes des sens. Chaque cellule nerveuse est reliée à d'autres par environ mille connexions synaptiques de son axone, tandis que ses dendrites, fortement ramifiées, assurent le contact avec quelque dix mille synapses d'autres neurones.



Le cerveau

la centrale de commande de l'être humain

Le cerveau humain, cette masse blanchâtre replis et circonvolutions, est probablement la structure la plus complexe jamais créée par l'évolution. Cet organe, qui pèse environ 1,5 kilogrammes chez l'adulte, est constamment parcouru de faibles courants électriques. Avec ses quelque cent milliards de cellules nerveuses, il est bien plus performant que l'ordinateur le plus moderne: alors que l'ordinateur opère par pas successifs, le cerveau humain est capable de traiter simultanément plus d'un milliard d'informations. Il reconnaît un objet dont

il n'a saisi que quelques aspects saillants, possède une mémoire presque illimitée et est en mesure de contrôler avec précision les mouvements les plus compliqués. Ces performances nécessitent beaucoup d'énergie: le cerveau brûle quotidiennement quelque 80 grammes de glucose et utilise à lui seul un cinquième de tout l'oxygène consommé par le corps. Ce qui distingue notre cerveau de celui des grands primates est la surface du cortex. Cette écorce grise du cerveau assume les fonctions supérieures, telles que la perception, la cognition, la parole ou la mémoire. Chez l'être humain, le cortex est très fortement plissé, ce qui accroît encore sa surface: posé à plat, il couvrirait une superficie d'environ 2,5 mètres carrés.



La conscience — le siège du Moi

La conscience est le phénomène cérébral le plus difficile à expliquer et le moins bien élucidé. Aujourd'hui, de nombreux scientifiques sont d'avis que la conscience chez l'être humain est un produit de l'activité des cellules nerveuses du cerveau; mais ils ne savent pas comment les choses se passent, ni pourquoi. Le secret pourrait résider, pensent les chercheurs, dans la manière selon laquelle les cellules nerveuses sont interconnectées et assemblent les informations. Ce qui est sûr, c'est que la conscience n'est pas localisée en un endroit précis du cerveau, mais qu'elle repose sur l'activité de l'ensemble des processus cérébraux. Une des bases de notre conscience semble être la faculté non seulement de diriger notre attention sur tel ou tel objet de notre environnement, mais aussi de la focaliser en nous-mêmes sur des représentations, des pensées et des désirs. Cet enchevêtrement complexe d'impressions intérieures et extérieures semble constituer le Moi qui réside en chacun de nous. Mais plus d'un philosophe doute que la conscience humaine puisse jamais être étudiée ou expliquée uniquement par des méthodes scientifiques.

