

Boris Cyrulnik, Pierre Bustany,  
Jean-Michel Oughourlian,  
Christophe André, Thierry Janssen

Votre cerveau  
n'a pas fini  
de vous étonner

*Entretiens avec Patrice Van Eersel*

Albin Michel

*Entretien avec Pierre Bustany*

« Un vieux cerveau est plus entraîné qu'un jeune,  
il connaît les raccourcis neuronaux  
et fonctionne à l'économie »

*Né en 1955, le Pr Pierre Bustany est neurophysiologiste et neuropharmacologue au CHU de Caen. Expert en neuro-imagerie, il s'intéresse à un grand nombre de sujets, notamment à l'imagerie des systèmes de neurones miroirs, au stress et aux troubles relationnels, au choc amoureux, ainsi qu'aux traumatismes psychiques dans la petite enfance. Ces dernières années, son activité s'est particulièrement concentrée sur les liens entre fonctionnement cérébral et cognition lors du stress traumatique, avec l'objectif de cerner les causes de la résilience. Il est aussi membre actif de l'équipe de recherche « Attachement, résilience et culture », qui réunit autour de Boris Cyrulnik quelques-uns des meilleurs spécialistes internationaux de la psychiatrie, de la psychologie, de la philosophie, de l'éthologie, de la génétique et des neurosciences. Ce groupe cherche à identifier les liens entre neurones et pensée, dans l'ouverture d'esprit la plus large entre science et philosophie. Pierre Bustany est l'auteur d'une centaine de conférences sur ce sujet.*

*Patrice Van Eersel : Votre expertise en matière d'imagerie fonctionnelle des organismes vivants vous a propulsé parmi les pionniers de l'étude du cerveau, notamment depuis la découverte des neurones miroirs. Quelle était votre motivation de départ : manipuler des scanners ou explorer le cerveau ?*

*Pierre Bustany :* Les deux. Bien avant qu'à l'âge de trente ans je décide de me lancer dans des études de médecine et de neurologie, j'avais étudié la biophysique et la neurophysiologie à Normale sup, qui est une école à la fin de laquelle on essaye d'aider les élèves à réaliser leurs rêves. Quand on m'avait demandé quel était le mien, j'avais dit : « Je voudrais voir à l'intérieur du cerveau des gens. » Ce qui m'a conduit au Commissariat à l'énergie atomique (CEA), où l'on était en train de créer la première caméra à positons, le fameux PET-scan, sur lequel j'ai passé mon doctorat d'État. C'était en 1978. Le CEA travaillait alors sur les « aliments » du cerveau, ce qui amenait les chercheurs à modéliser des maladies comme la démence sénile, la schizophrénie, la phénylcétonurie, tous les troubles du fonctionnement cortical aussi bien chez l'enfant que chez la personne âgée. À l'époque, le PET-scan était une machine unique qui valait extrêmement cher, mais elle apportait un regard nouveau fantastique : un scanner classique vous donne un renseignement anatomique immobile, à la façon d'une radiographie ou d'une photo, alors que la caméra à positons vous montre le cerveau en action. Elle ne voit d'ailleurs que ça : en suivant les radioéléments à vie courte utilisés en médecine nucléaire, donc à radioactivité légère, que

l'on a injectés dans le sang du sujet, le PET-scan repère ce qui, dans le cerveau, est en action. D'où l'idée que l'on pourrait voir à quoi les gens pensent. Il a fallu attendre des années pour que la résolution des machines le permette. C'est aujourd'hui chose courante : on a vraiment commencé à pouvoir regarder fonctionner le cerveau, à observer en détail comment il s'active en réponse à telle ou telle stimulation. Le PET-scan ne voit que ce qui est actif. La molécule de glucose ou d'oxygène (marquée radioactivement avant d'être injectée) n'est absorbée que par les neurones en train de travailler dans le cerveau de la personne au moment où on l'enregistre. Si on lui tape sur les doigts, l'image va s'allumer au niveau du cortex sensitif de la douleur de l'index frappé. Si elle a peur du choc avant la tape, ce seront des noyaux profonds du cerveau qui s'allumeront, responsables de l'émotion de la peur, etc.

*Un non-spécialiste peut-il comprendre comment fonctionne un PET-scan ?*

En français, on devrait dire « TEP-scan » – TEP pour « tomographie par émission de positons ». Un positon est un électron positif, c'est-à-dire un électron d'antimatière. Quand il s'échappe du radioélément qu'on a injecté au patient – par exemple une molécule de glucose légèrement radioactive, dont les neurones ont besoin pour agir –, ce positon ne tarde pas à rencontrer un électron et, dans le choc matière/antimatière, les deux s'annihilent, émettant deux rayons de lumière gamma exactement à l'opposé l'un de l'autre. Comme on a installé des détecteurs tout autour de la tête du patient, on peut savoir sur

quelle ligne se trouvait le produit radioactif, et ainsi, en rassemblant un grand nombre de détections de rayons gamma, dresser une carte de l'activité cérébrale.

*Le public vous connaît surtout pour vos conférences sur les neurones miroirs. Sans le PET-scan, aurait-on jamais pu découvrir ces derniers ?*

On aurait pu, parce que nous disposons aujourd'hui de l'imagerie par résonance magnétique nucléaire fonctionnelle (IRMf), qui montre l'activation de nos neurones plus rapidement et avec une précision beaucoup plus grande que le PET-scan. Plutôt que de recourir aux rayons X comme avec un scanner, l'IRMf fait produire aux noyaux atomiques de l'organisme un champ magnétique qu'un détecteur circulaire peut capter et traduire en une image en trois dimensions. Ce système présente un triple avantage : il coûte beaucoup moins cher que la caméra à positons ; il donne une résolution de l'ordre du millimètre et demi, alors que la résolution du PET-scan n'est que de l'ordre du centimètre ; il évite l'irradiation, puisqu'on travaille avec un champ magnétique et non plus avec des isotopes radioactifs.

*Le PET-scan est donc une technologie dépassée ?*

Pas pour tout ce qui relève de l'étude réelle du métabolisme, notamment du typage et de l'extension des tumeurs, fonction essentielle s'il en est. Là, l'imagerie par TEP reste irremplaçable. On peut également beaucoup mieux suivre le trajet d'un médicament avec la TEP, alors que c'est compliqué avec l'IRM fonctionnelle, parce que

les molécules des médicaments sont énormes et que la résonance magnétique change leur comportement. Mais pour ce qui est de l'observation du fonctionnement du cerveau, les résultats sont désormais beaucoup plus rapides avec l'IRM fonctionnelle. Ces deux techniques d'imagerie sont donc complémentaires. Souvent, on superpose les deux images, la très bonne résolution anatomique de l'IRM venant s'ajouter à l'activation métabolique de faible résolution de la TEP. Après quoi des logiciels ad hoc permettent de synthétiser le tout (c'est exactement ainsi qu'on affine les images de satellite prises avec des pellicules de basse résolution). La somme des images obtenues par les deux techniques donne des renseignements précieux pour savoir comment le cerveau fonctionne, normalement ou en pathologie, qu'il s'agisse du langage, de la motricité, des émotions, de l'empathie, etc.

*Quand ils ont découvert les neurones miroirs, en 1996, quelle technique d'imagerie le Pr Giacomo Rizzolatti et son équipe utilisaient-ils pour étudier les cerveaux des singes ?*

Il s'agissait d'une implantation intra-cérébrale directe et in vivo d'une électrode très fine, qui ciblait un petit paquet de neurones liés à la motricité du bras du singe. Le singe avait été équipé de façon à ce que l'on sache quels neurones s'activaient quand il effectuait telle ou telle tâche. C'est par hasard que les chercheurs se sont rendu compte que les mêmes neurones fonctionnaient quand le singe se saisissait d'un morceau de nourriture ou quand il regardait quelqu'un (un singe ou un humain)

accomplir le même geste. Tout se passait comme si le singe menait l'action, alors qu'il était immobile et ne faisait que regarder l'autre agir. C'est cette constatation qui a donné l'idée des neurones miroirs aux chercheurs de Parme. Par la suite, l'hypothèse a été explorée de toutes les façons possibles par de nombreux laboratoires. Chez le singe, le système des neurones miroirs est beaucoup plus simple que chez l'homme : il sert essentiellement à préparer le cerveau à lancer une action tendue vers un but significatif, par exemple tendre la main pour se saisir d'une banane. Chez l'homme, on grimpe de plusieurs degrés dans la complexité. D'abord, le geste d'un autre peut être imité par vos neurones même si ce geste est « abstrait » et ne conduit à rien d'autre qu'à lui-même. Le modèle des neurones miroirs a ainsi permis de montrer qu'en regardant quelqu'un sauter en l'air, servir au tennis ou shooter dans un ballon, nous activons, sans en exprimer le geste, les neurones correspondants de notre cortex prémoteur. Nous pouvons faire de la gymnastique sans bouger ! Les grands sportifs le savent bien, qui utilisent des méthodes de « visualisation de la victoire » pour entraîner leur système nerveux à mieux atteindre celle-ci. Sans les nouvelles techniques d'imagerie, tout cela serait resté hypothétique et obscur.

À quoi nous servent les neurones miroirs ? À nous préparer à l'action, en renforçant les voies neuronales de notre cerveau moteur. Plus vous répétez l'activation d'une voie, même par simple imagination, plus cette voie se renforce et plus le geste auquel elle correspond va devenir facile, automatique. Si vous entraînez classiquement les muscles de vos doigts tous les jours pendant plusieurs heures, au bout d'une semaine vous les bouge-

rez environ 50 % plus vite. Ce que la neuro-imagerie nous montre de génial, c'est que si vous avez visualisé en pensée l'action de bouger vos doigts, ou même simplement regardé quelqu'un d'autre le faire, vous pouvez améliorer votre vitesse d'exécution de 20 % ou de 30 %. Tout cela grâce au système miroir. C'est donc un processus qui économise l'énergie en préparant l'action en amont. En voyant quelqu'un faire un geste qui nous intéresse, ou en nous imaginant le faire nous-mêmes, nous nous en facilitons l'éventuelle exécution. On a ainsi pu confirmer l'ancienne hypothèse selon laquelle un musicien pourrait entraîner sa dextérité, donc son cerveau moteur, simplement en lisant ses partitions dans sa tête, ou même en s'imaginant jouer, les yeux fermés.

*Lors de vos conférences, vous montrez volontiers des images très frappantes de cerveaux de musiciens. Un musicien en écoute un autre jouer et il se passe dans leurs cerveaux des choses absolument comparables. Dans le cerveau du non-musicien, par contre, il ne se passe pas grand-chose, même s'il apprécie le concert. Formidable plaidoyer pour la culture !*

C'est vrai pour toutes les expertises, tous les arts, tous les apprentissages. Si nous scannons le cerveau d'un peintre ou d'un grand amateur de peinture regardant un tableau, nous trouverons une activité neuronale intense. Elle sera moindre chez le néophyte. Cette activité peut se décomposer de façon de plus en plus subtile, à mesure qu'avancent nos techniques d'imagerie et notre connaissance des fonctions corticales. Un musicien écoutant jouer un autre musicien va spontanément analyser si

celui-ci joue juste ou pas, de combien il est décalé par rapport au diapason, à quel rythme il joue, avec quel style, quelle tonalité, sans compter le jugement qu'il portera sur le choix du morceau, l'histoire de ce dernier... bref, une infinité de données que nous ignorons si nous n'avons pas nous-mêmes étudié la musique pendant des années. Là encore, le système vise l'efficacité et l'économie. À un expert, vous n'avez pas besoin de donner grand-chose pour qu'aussitôt il reconnaisse l'ensemble où le fragment s'inscrit. À un ornithologue, une note d'un chant suffit pour reconnaître un oiseau. Et un amoureux d'anciennes voitures n'a besoin de voir qu'une seconde un véhicule roulant à toute vitesse pour savoir de quel modèle précis il s'agit.

*C'est l'explication neuronale de ce que les psychologues appellent la « gestalt » ou ce qu'on appelle l'« effet Zeigarnik » : notre esprit ressent le besoin impératif d'achever une forme ou un geste à peine ébauchés, il lui faut intégrer la partie dans un tout et « boucler la boucle ». Avec un fragment de visage, il retrouve le visage entier !*

Il le retrouve... ou croit le retrouver, dans le cas d'un fantôme, d'une hallucination. Mais c'est exactement cela. Notre cerveau est en quelque sorte bâti pour systématiser, intégrer, rationaliser, parfois à outrance.

*Les neurones miroirs n'existent-ils que dans certaines zones du cerveau ?*

Il semblerait qu'on les trouve un peu partout. Nous n'en sommes qu'au début d'une vaste exploration, mais

a priori il vaudrait mieux, en fait, parler du « fonctionnement en miroir » de nombreux systèmes de neurones. Le renvoi métaphorique au miroir, lui, n'a pas été choisi au hasard. Le plus souvent, en effet, le mimétisme neuronal passe par la fonction visuelle. Si je vous vois vous donner un grand coup de marteau sur les doigts, ma réaction en miroir fera que je saisirai (inconsciemment) ma propre main d'un geste vif, tout en pensant : « Ouh là là, il a dû se faire mal ! » Je sais fort bien que ce n'est pas moi qui me suis fait mal, mais le fonctionnement en miroir me pousse à internaliser ce qui vous arrive – ce qui constitue la base neuronale de mon empathie.

Mais l'effet miroir passe aussi par les autres fenêtres sensorielles. Si vous entendez quelqu'un marcher sur un parquet, les neurones moteurs des muscles de vos jambes vont passivement s'activer comme si vous marchiez, via votre cortex auditif, en s'adaptant au bruit entendu, c'est-à-dire en modulant leur effort différemment selon qu'il s'agit d'un pas rapide ou lent, lourd ou léger, etc. Cela ne fonctionnerait évidemment pas si vous n'aviez, au préalable, maintes fois marché et entendu marcher, de toutes les façons imaginables, et mémorisé les bruits correspondants aux différentes sortes de pas, ceux-ci éveillant aussitôt dans votre esprit ces scènes vécues. Pour demeurer précis dans la terminologie, certains confrères préfèrent d'ailleurs, en ce cas, parler de « neurones échos », réservant la fonction miroir à la mise en résonance neuronale passant par une perception visuelle. Mais la fonction, elle, demeure la même. Si vous entendez le bruit d'une noix qu'on casse, vous visualisez aussitôt l'action en cours – la noix, le casse-noix, le geste de casser, les morceaux de cerneaux – et

cette image s'en va stimuler votre cortex prémoteur, comme si vous cassiez vous-même une noix, dans une perspective bien précise : en casser une pour de bon, bientôt, peut-être, pour vous en régaler. Au moins serez-vous prêt. La reconnaissance de l'action en pensée active des zones communes aussi à la programmation active de ce geste.

Souvent, la fonction miroir est synesthésique, passant par plusieurs sens à la fois. Si, par exemple, vous voyez quelqu'un adopter la mimique du dégoût, vous aurez facilement tendance à l'imiter, avec l'impression de sentir, dans vos narines, une odeur putride. C'est là un réflexe quasiment « câblé » génétiquement dans nos circuits neuronaux olfactifs et moteurs. Notre espèce sait depuis des centaines de milliers d'années que ce qui sent mauvais est généralement pourri et ne doit pas être consommé. C'est si puissant que quand nous regardons un visage exprimant le dégoût, notre système miroir peut très bien provoquer chez nous des réactions de dégoût réel, avec haut-le-cœur, tachycardie, sueur, peur et autres réactions psychosomatiques. Pensez un peu, pour voir, à quelqu'un mangeant des vers vivants devant vous !

Mais la fonction miroir a aussi ses limites. Prenez un professeur de danse, qui s'entraîne depuis trente ans et exécute à la perfection un certain enchaînement. Ses élèves le regardent et, usant de leurs neurones miroirs, tentent de l'imiter. Pourtant, ils n'y parviennent pas. Trente ans de travail ont fait intégrer au maître une coordination neuronale complexe inaccessible à des débutants.

*Sans être rousseauiste, la haine et la misanthropie ne vont-elles pas à l'encontre de notre condition humaine*

*elle-même ? Ne dit-on pas en effet que notre système psychique s'est intégralement constitué en empathie avec autrui, grâce à nos neurones miroirs, dès notre naissance ?*

Absolument. Le cerveau du bébé humain est prodigieusement plastique, apte à privilégier des synapses et à en détruire d'autres pour « sculpter » ses voies neuronales et ainsi créer, de façon mimétique, des automatismes de fonctionnement. Dès les premiers jours, à mesure que sa vue se développe, il prête une attention de plus en plus intense au visage de sa mère. À vrai dire, une forme d'engrammation, sinon de mimétisme, a déjà commencé pendant les derniers mois de sa vie fœtale. C'est particulièrement vrai au niveau gustatif. Si sa mère vit dans le Midi et mange beaucoup d'ail, le bébé appréciera la cuisine aillée – sinon, ce sera beaucoup plus difficile de la lui faire aimer. De sept à neuf mois de grossesse, dès que la composition du liquide amniotique change, le bébé le perçoit sur sa langue et il va mettre en mémoire tous les goûts familiers. Même chose pour les sons et la musique, puisque le fœtus de sept mois entend déjà très bien, mais attention, via le liquide amniotique. S'il a été porté par sa mère dans une ambiance de rock heavy metal, c'est sûrement cette musique-là qui le calmera le mieux, autant que la voix des parents.

Cela dit, l'effet miroir lui-même ne commence qu'après la naissance puisqu'il passe principalement par le système visuel. Pour reconnaître une action, il faut la voir effectuer par autrui. Le bébé n'a aucune inhibition : vous tirez la langue, il tire la sienne ; vous souriez, il sourit ; vous pleurez, il pleure... Le nouveau-né est

hypersensible et développe étonnamment vite des méthodes d'analyse du regard de sa mère. Il relie très bien telle expression du regard de celle-ci au fait qu'elle est contente ou pas. Au bout de quelques mois, il suffit de froncer les sourcils pour qu'il se mette à pleurer – parce qu'il sent intérieurement une altération du bien-être de sa mère. Tout cela passe intégralement par les neurones miroirs. Au début, seul le système visuel est concerné. Puis, peu à peu, le système auditif s'intègre au processus, même si la parole n'est pas encore au programme. L'enfant entend quelque chose, son cerveau analyse les sons et les mémorise, se constituant une grammaire acoustique, par étude statistique des groupes de phonèmes dans les paroles que son entourage déverse sur lui.

Plus tard, chez l'adulte, le neurone miroir permettra à la fois d'imiter, d'entrer en résonance empathique, de comprendre un geste ainsi que sa finalité. Le petit enfant n'utilise son système miroir que pour imiter, pas pour comprendre le but des actions vues. Au début, il en est le jouet pur et simple. Vers quatre ou cinq ans, il commence à mentir et s'amuse à « faire comme si ». Il comprend qu'il peut s'imaginer des choses, appréhender ce qui se passe dans la tête des autres, jouer en groupe et manipuler sciemment autrui, sa dépendance totale à son système miroir se relâche alors petit à petit. Il découvre qu'il peut jouer de ce système miroir pour mimer des sentiments et faire croire à autrui quelque chose qu'il ne ressent pas.

*Si la fonction miroir constitue la base neuronale de l'empathie, comment se déclenche la haine ?*

Qu'il y ait empathie à la base est indéniable. Il y a par exemple un système miroir spécifique, au niveau de l'insula et de l'amygdale, à la base du cerveau, qui nous permet de reconnaître l'émotion chez les autres. Je vous parlais de l'expression du dégoût, reconnue dans toute l'espèce humaine. C'est vrai des autres grandes émotions, la joie, la peur, l'agressivité... Mais attention, si cela peut servir à entrer en résonance aimable avec autrui, la fonction initiale du système miroir est aussi de se défendre ! Si un malfrat vous approche, la mine mauvaise, vous ne serez pas long à décoder son geste, par effet miroir, et à activer votre mémoire gestuelle, pour parer le coup, attaquer ou fuir. En situation de combat, à peine votre adversaire a-t-il commencé à porter sa main à sa poche intérieure que déjà vous dégainez, pour tirer le premier – au risque de commettre une erreur si l'autre n'avait l'intention que de sortir son paquet de cigarettes ou son mouchoir ! C'est le drame de Clint Eastwood à la fin de *Gran Torino*. Votre réaction de défense ultrarapide repose alors d'abord sur une interprétation inconsciente de votre système miroir.

Ce système réflexe de défense est quasiment câblé. Une part innée de nos connexions neuronales concerne la reconnaissance des visages, surtout ceux des humains. Notre cerveau dispose de deux systèmes automatiques de reconnaissance du visage : la voie basse (qui n'utilise que les parties du cerveau archaïque) et la voie haute (qui utilise aussi des fonctions du néocortex). La première, ultrarapide mais approximative, repose sur les « neurones en fuseau », qui sont capables d'analyser un grand nombre de données en quelques centièmes de



seconde, notamment pour savoir si une personne qui approche est amie ou ennemie – cela peut être une question de vie ou de mort et se reconnaît à des dizaines de détails de la mimique de l'autre : ses yeux, ses sourcils, sa bouche, ses narines, sa vitesse d'approche, sa voix, le rythme de ses gestes, etc. La voie haute, elle, beaucoup plus lente que la basse, intègre des éléments acquis et mémorisés, par exemple pour savoir si le visage considéré appartient à quelqu'un de ma famille, ou de mon voisinage, ou d'une autre tribu connue, ou s'il s'agit de quelqu'un qui m'est totalement étranger – encore faut-il pour cela que le système réflexe de ma voie basse m'en ait laissé le temps et que je ne me sois ni enfui ni précipité sur l'intrus pour l'empêcher de me nuire.

Selon la voie réflexe considérée, ce ne sont pas du tout les mêmes aspects du visage qui sont analysés. La voie basse est bien sûr beaucoup plus instinctive et, ne tenant pas compte de la mémoire culturelle, ne se fie qu'aux archétypes du genre humain. Elle repose sur la vue, mais pas seulement. On connaît des aveugles corticaux (leurs yeux fonctionnent, mais pas l'ensemble de leur cerveau visuel) qui ont perdu l'analyse sophistiquée de la voie visuelle haute, tout en conservant l'analyse instinctive de la voie visuelle basse. Tout se passe comme si, instinctivement, ils voyaient encore. On parle de « vue aveugle » : face à un visage qui les approche brusquement, ils réagissent encore – avec un réflexe de peur ou de joie –, alors qu'ils ne voient et n'identifient rien.

Ces systèmes réflexes d'analyse du visage sont ainsi faits qu'on a pu dire, quitte à choquer, que notre cerveau était « naturellement raciste ». Après notre naissance, nous développons la capacité d'analyser les visages de

l'ethnie ou des ethnies proches, dont la physionomie nous devient à ce point familière que nous sommes capables, en quelques dixièmes de seconde, de reconnaître mille subtilités sur un visage. Mais si brusquement nous nous retrouvons dans un pays étranger, où les traits sont différents, nous devenons extrêmement grossiers dans notre analyse, incapables de faire la différence entre des personnes pourtant dissemblables, et donc moins capables d'empathie envers eux. C'est une base neuronale du racisme. Si un Européen n'a jamais vu d'Africains ou de Chinois, ou très rarement, ou s'il ne les a pas fréquentés, il aura tendance à penser, en son âme et conscience : « Tous les Noirs ont la même tête » ou « Tous les Chinois se ressemblent ». Et si on lui demande de faire le portrait-robot de l'un d'entre eux, il en sera difficilement capable.

*Dès les neurones, l'ignorance est la mère de notre inhumanité !*

Pour reconnaître qu'un autre est humain, il nous faut de la pratique. Il faut faire travailler notre cerveau, pour qu'il s'adapte et intègre les différences à ses réseaux neuronaux. Reconnaître de nouveaux collègues de travail demande déjà du temps, alors pensez, s'ils viennent d'ailleurs ! C'est plus long, mais vital. Car sans reconnaissance, l'empathie ne fonctionne pas ou très peu. Il est plus facile de maltraiter ou de tuer quelqu'un que je ne reconnais pas comme pareil à moi. Malheureusement, cette non-reconnaissance de l'autre peut aussi se transmettre par manipulation culturelle. Un bon endoctrinement politique, et vous câblez le fonctionnement cérébral des enfants autrement. C'est la face sombre de notre

plasticité neuronale et des automatismes de pensée qui en découlent.

Pourtant le même « système miroir » nous pousse à faire le bien d'autrui. Pourquoi ? Parce que nous y avons intérêt. Au fond, nous ne vivons que pour notre bien-être, il n'y a pas d'exception. Tout être vivant cherche à survivre, à étendre son territoire et à se reproduire : les trois instincts de base de la vie. Mais la nature a aussi privilégié chez nous, au fil des millénaires, des instincts de groupe, parce que, seuls, nous aurions été impuissants et la loi de la jungle nous aurait éliminés. Nous avons donc intérêt, évolutivement, à aider nos congénères ; et quand nous nous apercevons qu'autrui éprouve une souffrance, cela fait résonner en nous les mêmes sensations désagréables. Le système miroir nous pousse donc à rechercher indirectement le bonheur d'autrui... pour notre propre satisfaction.

Quand le corps social se dérègle, ce système tombe en panne. Pour ne pas souffrir de voir autrui souffrir, je le fais alors disparaître du champ public : dans des camps, des ghettos, à l'asile, hors de la ville, en prison, au-delà des frontières. Pour bien fonctionner, le système miroir doit donc être encadré par des valeurs, une culture, des savoirs. Les plus anciennes sagesses disent comme la Bible : « Tu ne feras pas à autrui ce que tu ne veux pas qu'on te fasse à toi-même. » Ce à quoi il faudrait ajouter : « Tu ne te débarrasseras pas d'autrui simplement parce qu'il ne te plaît pas. »

*Notre plasticité neuronale a donc vraiment un rôle social...*

Oui et dès la naissance. D'abord par défaut : plus de la moitié de nos neurones disparaissent entre zéro et deux ans. Heureusement ! Sans cela, le petit humain ne pourrait pas individualiser ses voies. La mort cellulaire, ou apoptose, est la condition sine qua non de la plasticité cérébrale. Des milliards de neurones disparaissent, mais ceux qui restent sont infiniment plus riches en synapses, donc en contact avec leurs collègues. Or, c'est ce qui compte. Il vaut mieux avoir moins de neurones, mais que chacun soit extrêmement « digité », c'est-à-dire pris dans un réseau très dense. Pour avoir un cerveau efficace, ce n'est pas le nombre de neurones qui importe, mais le nombre de synapses. Peu à peu, les pistes synaptiques constituent notre mémoire, le but du cerveau étant d'économiser son énergie et ses efforts, donc de mémoriser des automatismes, aussi bien pour parler que pour jouer de la musique ou conduire une voiture. Quand on étudie la mémoire en imagerie, on s'aperçoit qu'elle est répartie un peu partout...

*Dans tout le corps ?*

Non, pas au sens biologique strict du terme, sa base neuronale est exclusivement située dans le cerveau. Faire venir à la conscience un souvenir, quel qu'il soit – un événement, un visage, une musique, un texte –, c'est automatiquement réactiver tous les réseaux neuronaux qui le soutiennent. Ceux-ci peuvent certes commander des réactions touchant tout le corps – un bon souvenir peut nous faire battre le cœur ou éclater de rire, un mauvais souvenir peut nous donner la nausée ou nous couper les jambes en faisant chuter notre tension. Tous les

souvenirs sont liés à des émotions réactivées aussi par leur évocation. Cela dit, ils peuvent faire intervenir des aires corticales très différentes. Nous avons une mémoire auditive, une mémoire visuelle ou une mémoire motrice, distribuées ici et là. La mémoire émotionnelle est située plus bas, dans le cerveau limbique. Et la mémoire comportementale, au contraire, s'organise aussi dans la partie frontale du néocortex. Tout cela s'avère donc d'une plasticité beaucoup plus grande que ce que l'on croyait il y a à peine vingt ans.

En tant que neuropharmacologue, je travaille notamment sur les mécanismes hormonaux et enzymatiques qui influencent la neuroplasticité, ou qui la bloquent – chez les dépressifs et les stressés. Un cerveau déprimé ne donne pas les mêmes images qu'un cerveau tonique. Pourquoi ? La question est loin d'être réglée. Moins de 60 % des patients répondent à long terme aux antidépresseurs, notamment aux inhibiteurs de la recapture de sérotonine, et 15 % seulement se retrouvent finalement guéris pour de bon – j'entends par là qu'ils revivent normalement et ne font pas que survivre. Il faut donc multiplier les études de neurophysiologie sur la dépression pour comprendre la nature de cette atteinte cérébrale de plus en plus répandue et trouver de nouvelles classes de médicaments plus efficaces. Mais qu'est-ce qui fait que certaines personnes dépriment et d'autres pas ? Il y a des gens qui ne dépriment jamais, bien qu'ayant subi des guerres ou les pires traumatismes, et qui entraînent les autres à survivre, et d'autres qui, pour des riens, se mettent à broyer du noir et sont incapables de réagir.

*Le salut ne se trouve-t-il que dans de nouveaux médicaments ?*

Bien sûr que non. L'exercice physique assidu par exemple empêche la dépression parce qu'il fait sécréter des substances comme l'insuline, qui est l'un des facteurs de développement des réseaux neuronaux. Ceux-ci en sont de gros consommateurs. L'insuline augmente la plasticité neuronale, ce qui veut dire que plus vous faites d'exercices physiques, plus vous stimulez votre capacité à produire de nouvelles synapses, et pas seulement dans vos aires motrices. Plusieurs recherches récentes ont ainsi confirmé que l'exercice physique retardait le vieillissement. La devise antique *Mens sana in corpore sano*, « Un esprit sain dans un corps sain », reste valable jusque dans le très grand âge. C'est d'ailleurs aussi efficace que les régimes diététiques... L'alimentation joue un rôle direct sur le cerveau, c'est incontestable – j'ai fait ma thèse sur ce sujet ! –, mais moins que l'exercice physique.

*La plasticité neuronale baisse tout de même sensiblement quand on commence à vieillir, non ?*

Cela a beaucoup été dit, notamment à l'époque des Trente Glorieuses, quand on a commencé à dénigrer systématiquement les personnes âgées et à prôner un jeunisme général dans la société. Puis les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale sont arrivées et on s'est aperçu que si en effet certains noyaux neuronaux devenaient difficiles à entraîner avec l'âge, avec moins de synaptogenèse, d'autres noyaux s'avéraient au contraire plus nombreux et dynamiques chez la personne âgée.

Pourquoi ? Parce qu'un vieux cerveau est aussi beaucoup plus entraîné, il connaît en quelque sorte les raccourcis neuronaux et fonctionne à l'économie ; certains de ses réseaux fonctionnent donc mieux que chez la personne jeune. Ils fonctionnent aussi sous l'influence d'autres hormones, avec en particulier moins de testostérone chez le vieil homme que chez le jeune, donc moins d'agressivité, et avec une déperdition énergétique globale moindre.

*Y a-t-il de grosses différences entre les cerveaux des femmes et ceux des hommes ?*

Oui. Des millions de neurones se trouvent activés différemment suivant le sexe – et selon des modalités qui changent avec l'âge, donc avec le contexte hormonal. Par exemple, le traitement du langage et la compréhension de la parole ne sont pas exactement répartis de manière semblable dans les deux hémisphères cérébraux de l'homme et de la femme. Ce n'est pas un jugement de valeur et la culture acquise peut évidemment moduler tout cela, mais il est impossible de nier ce que nous constatons. Dès les derniers mois *in utero*, se mettent en place des choix d'activation génétiques qui sont hormono-sensibles et qui déclenchent sans retour possible des cascades de régulations différentes entre garçons et filles. Cela différencie les aptitudes selon un continuum homme-femme, sur lequel joue la culture et l'éducation.

*D'où le fait que les petites filles parlent en général plus tôt que les petits garçons.*

Pas seulement plus tôt : différemment. Quand on regarde quelles zones cérébrales on peut corrélérer à certains développements de l'intelligence, notamment comment l'aire de Broca est corrélée à la parole, on s'aperçoit qu'il y a une maturation métabolique globale beaucoup plus forte chez les petites filles que chez les petits garçons, particulièrement vers l'âge de cinq-sept ans. Or c'est un fait que les enfants qui ont un QI élevé ont aussi un langage et des possibilités d'analyse sémantique plus riches. Il existe surtout dans ce cas une différence de vitesse de maturation avec en gros deux ans d'avantage aux filles. C'est l'inverse pour d'autres fonctions !

*Comment la culture influe-t-elle sur ces données de base ?*

Il y a un aphorisme qui m'a toujours guidé dans mes études : « Le cerveau ne s'use que si l'on ne s'en sert pas. » Toute perception cérébrale laisse une trace ; si vous empêchez une petite fille (ou un petit garçon) d'utiliser son intelligence et ses facultés mentales naturelles (par la guerre, l'abandon, etc.), ses réseaux synaptiques ne se développeront tout simplement pas. Et on pourra finalement en conclure qu'il ou elle est stupide. À l'inverse, imaginez quelles possibilités gigantesques peuvent s'épanouir dans le cerveau d'un enfant, garçon ou fille, à qui l'on permet d'actualiser tous ses potentiels : les retombées sur sa santé mentale et physique à l'âge adulte en seront énormes.