

Penser son corps : quand le cerveau simplifie la complexité

Entretien avec **Alain Berthoz**, mené par **Jean-Pierre Benoit**, **Alexandrine Saint-Cast**

DANS **ENFANCES & PSY** 2023/3 (N° 97), PAGES 15 À 28

ÉDITIONS **ÉRÈS**

ISSN 1286-5559

ISBN 9782749277981

DOI 10.3917/ep.097.0015

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://www.cairn.info/revue-enfances-et-psy-2023-3-page-15.htm>



CAIRN.INFO
MATIÈRES À RÉFLEXION

Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...

Flashez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Érès.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.



Penser son corps : quand le cerveau simplifie la complexité

**Entretien avec Alain Berthoz
mené par Jean-Pierre Benoit
et Alexandrine Saint-Cast**

Jean-Pierre Benoit et Alexandrine Saint-Cast : Bonjour Alain Berthoz, nous vous remercions chaleureusement d'avoir accepté notre proposition d'interview. Vos travaux explorent la neurophysiologie à la frontière du corps et de la pensée, et nous avons souhaité en faire profiter nos lecteurs.

En pédopsychiatrie, nous faisons souvent référence au développement du corps des bébés, des enfants et des adolescents. Comment préciser les concepts de schéma corporel, d'image du corps, d'ancrages corporels en intégrant les avancées des sciences d'aujourd'hui ?

Alain Berthoz : Deux grands concepts ont été développés : celui du schéma corporel et celui de l'image du corps.

La version la plus moderne de schéma corporel a été donnée par deux grands auteurs. Le neurologue canadien Wilder Penfield (1952) a identifié chez des patients épileptiques, dans la jonction temporo-pariétale, une zone qu'il avait nommée, non pas « conscience du corps », mais impliquée dans ce qu'il a nommé « *awareness of body schema* »... Il a identifié dans cette zone l'existence de circuits neuronaux qui reconstruisent un schéma corporel, un double de nous-mêmes.

Le deuxième grand physiologiste auquel j'aime me référer, c'est le grand savant russe Victor Gurfinkiel. Il fut un disciple du physiologiste russe Nicolas

Alain Berthoz, professeur honoraire au Collège de France, chaire de physiologie de la perception et de l'action ; alain.berthoz@college-de-france.fr

Jean-Pierre Benoit, psychiatre, Maison des adolescents de Saint-Denis, Seine-Saint-Denis ; jeanpierre.benoit@ch-stdenis.fr

Alexandrine Saint-Cast, psychomotricienne PhD ; Association pour la recherche & le développement psychomoteur, Paris 16e ; institut supérieur de rééducation psychomotrice, Boulogne-Billancourt ; asaintcast@isrp.fr

Bernstein dont il faut lire le livre *The coordination and Regulation of Movements*. Il a insisté sur le fait que nos mouvements, notre relation avec le monde, sont assurés par l'intermédiaire du « schéma corporel ». Avec cette structure, le cerveau prépare, simule les actions, avant que le corps physique ne les implémente.

Ces travaux rejoignent ceux, au siècle dernier, de l'école de neurologie française de l'hôpital de la Salpêtrière qui a développé l'idée que nous avons dans le cerveau un double de notre corps avec lequel sont réalisés les rêves, les illusions de mouvement, les sensations de membres fantômes, etc. C'est-à-dire non pas les représentations, car je n'aime pas le mot « représentation », mais toutes ces anticipations, régulations, modifications, identifications et projets d'actions, à partir de notre corps physique. J'ai développé ces idées dans *Le sens du mouvement* (Berthoz, 1996) et *La simplicité* (Berthoz, 2009)

Nos travaux auprès de patients épileptiques ont permis d'identifier une zone qui n'est pas simplement le cortex temporo-pariétal, mais aussi toute la jonction du sillon temporal supérieur, qui, stimulée électriquement, donne, entre autres, des illusions de déplacements du corps. Cette zone serait impliquée dans l'équivalent d'un « schéma corporel ». À la suite des travaux de O.J. Grüsser sur le cortex pariéto-insulaire, le neurologue Olaf Blanke, à Lausanne, a montré qu'elle est responsable de « l'illusion de sortie du corps » qui consiste à ce qu'un sujet couché se perçoive comme étant en train de flotter dans l'air et se dédouble en train de se regarder. Cette zone fait partie d'un réseau. On est loin du simple concept de « cortex moteur » car il s'agit de l'implication de plusieurs aires cérébrales réellement impliquées dans la production d'actions organisées par le corps et qui coopèrent dans la réalisation des postures, des gestes, des expressions émotionnelles, etc. Cette organisation nous permet de simuler mentalement nos actions futures avant de les réaliser et donc d'en envisager les conséquences. Le cerveau est un prédicteur.

Quant à la notion d'« image du corps », je dénonce cet usage de la référence à l'image. Parler d'image, c'est comme si on disait que le cerveau est un cinéma alors que le cerveau est essentiellement fait pour agir, prédire et interagir. Dans la littérature scientifique, les données qui s'approchent le plus du concept d'« image du corps » ne concernent pas l'« homonculus », situé dans le cortex moteur. On a évoqué parfois le noyau « précunéus » à l'arrière du cerveau à qui on a pu attribuer un rôle dans l'imagination, la rotation mentale, etc. (« *The mind's eye* » – « l'œil de l'esprit »). Une revue récente sur la notion d'image du corps attribue un rôle important à une aire du cortex pariétal, « l'aire corporelle extra-striée » (en anglais « *extrastriate body area* », EBA). Les neurones de cette aire s'activent avec les mouvements de diverses parties du corps.

En réalité, une multitude d'aires cérébrales, y compris le cervelet, contiennent donc des réseaux à qui l'on pourrait attribuer la notion de schéma ou d'image du corps. Chacune avec sa fonction et donc les concepts de schéma corporel et d'image du corps doivent aujourd'hui tenir compte de cette multiplicité bien au-delà des simples localisations motrices ou des deux concepts simplificateurs de schéma et d'image du corps. La formule actuellement à la mode « on pense avec son corps » n'est qu'une expression littéraire pour exprimer cette présence du corps à tous les niveaux du fonctionnement cérébral.

J.-P. B. : Vous n'aimez pas le mot « représentation » alors que nous, cliniciens, nous l'employons constamment. Pouvez-vous préciser ?

A. B. : C'est un peu provocant de ma part... mais il faut relire Merleau-Ponty et Husserl, et citer Faust qui énonce « au commencement était le verbe » puis se reprend pour dire « au commencement était la force », et termine en disant « au commencement était l'acte » (Berthoz, 1996).

Le cerveau ne représente pas : il anticipe, prédit, simule. Il est fait de boucles qui fonctionnent en combinaisons multiples comme des oscillateurs couplés. Toutes les informations sur le monde passent par le thalamus, et une grande partie de ce que traite le thalamus provient du cerveau lui-même. Cela veut dire que nous projetons sur le monde nos hypothèses, nos prédictions, nos anticipations, et le cerveau vérifie si ce que nous anticipons correspond au réel. C'est pour cela qu'en rêve on peut arriver complètement à imaginer. Vous voyez que même moi, j'emploie le mot « imaginer », mais c'est une erreur ! On peut non pas imaginer (c'est le mot « image » qui me gêne) mais vivre pendant le rêve des expériences ou des illusions expérientielles. En ce sens, on peut parler de représentation comme au théâtre où l'action fait toujours partie de la perception. Mais l'origine n'est pas la représentation, au contraire, l'origine est l'acte. C'est l'acte qui produit ce qu'on appelle ensuite la représentation. Nous nous en sommes expliquées dans le livre avec le philosophe Jean Luc Petit (Berthoz, Petit, 2006).

A. S.-C. Nous faisons souvent un autre raccourci en comparant le cerveau à un ordinateur. Est-ce que vous pourriez peut-être nous dire quelques mots à ce sujet ?

A. B. : Le cerveau n'est pas un ordinateur, c'est une évidence. Il ne faut pas parler du seul cerveau, mais du « cerveau-corps » et du « corps-cerveau » ou même du « corps-monde-cerveau » comme d'un phénomène biologique destiné à interagir avec le monde, par des actes où des actions orientées. Merleau-Ponty parlait du cerveau qui est « au monde » et non « dans le monde ». Le miracle de la biologie, c'est l'émergence d'organismes complexes dont nous faisons partie. Comme l'a bien montré Jacob Von Uexküll, ces organismes cherchent ce qui leur convient dans le monde, agissent, se déplacent,

créent, innove (Berthoz, Christen, 2009). À l'opposé d'un ordinateur constitué de composants électroniques sous contrôle et programmables. Le cerveau fait des projections vers le futur, comme les ordinateurs peuvent le faire, mais avec ses processus propres d'une richesse incroyable.

Bien sûr, des points de comparaisons existent. Les ordinateurs travaillent avec des 0 et des 1, comme les neurones avec leurs potentiels d'action. Mais la régulation des neurones du système nerveux est contrôlée par une variété de mécanismes qui n'existent pas dans les ordinateurs. Il est vrai que les ordinateurs gagnent aux échecs contre Kasparov. Les algorithmes peuvent résoudre un certain nombre de problèmes, simuler une activité créatrice, construire des stratégies ou des scénarios, mais ils sont construits par des hommes et des femmes. Et même les fameux, et remarquables, réseaux actuels de l'« intelligence artificielle » ont des limites et doivent être alimentés par des « modèles ». Leur capacité de « vicariance » (Berthoz, 2013) est limitée.

J.-P. B. : Pouvez-vous nous parler de la constitution de l'identité à partir du corps ? De la place des perceptions dans l'interaction sociale ? Vous avez par exemple écrit que nous ne pouvons pas communiquer si nous ne savons pas qui nous sommes.

A. B. : Le problème de l'identité est très complexe (Gayon et coll., 2020). On parle d'identité comme de quelque chose d'unique alors que, comme pour la mémoire, la conscience, l'attention, le schéma corporel ou l'image du corps, le singulier dissimule en réalité des multiplicités de fonctions et de mécanismes. Par exemple, notre identité repose beaucoup sur notre mémoire autobiographique. Revenons, pour mieux saisir cette question, aux différents réseaux du cerveau impliqués dans les mémoires, épisodique, *sémantique*, *procédurale*, etc. Des données récentes d'imagerie cérébrale révèlent qu'ils sont en correspondance avec d'autres réseaux qui créent les scénarios du futur. Pour partir en vacances, réaliser une tâche, une rééducation psychomotrice, on construit des scénarios. L'identité est au cœur de ce « voyage mental dans le temps » (en anglais « *mental time travel* »). Notre identité est dépendante de l'interaction entre la mémoire du passé et la prédiction du futur (Berthoz, Debru, 2015). Ce que je suis à l'instant, mon identité, n'est pas une photographie ; c'est un processus dynamique d'aller-retour entre le futur et le passé. Il faut revoir la notion d'identité¹.

Pourquoi ai-je écrit que nous ne pouvons communiquer avec les autres que si nous savons qui nous sommes ? C'est, au fond, une vérité de La Palisse ! Pour

1. Voir les travaux de Pascale Piolino
<http://recherche.parisdescartes.fr/LaboratoireMemoireCognition/Membres/Enseignants-Chercheurs/Pascale-Piolino>

savoir qui nous sommes, il faut que notre corps pensant ait réalisé l'unification entre le corps et le cerveau. Le problème est de comprendre comment, avec une multiplicité d'interconnexions, nous pouvons avoir en permanence une perception cohérente, continue, harmonieuse, je dirais même compatible avec le monde. L'évolution a résolu le problème en nous dotant, comme nous l'avons discuté déjà, dans le cerveau, de réseaux de neurones dont les propriétés simulent un double de notre corps : le « schéma corporel » des neurologues (la notion de « schéma » ici ne réfère pas à un dessin du corps, mais à la notion de « schème » qui est proche de l'acte).

La composante fondamentale de ce schéma corporel qui se situe dans les zones temporo-pariétales et insulaires doit construire une unité pour aboutir à un soi cohérent. Cela exige un référentiel qui, d'après moi, est le système vestibulaire de l'oreille interne. Les patients qui ont des lésions bilatérales du système vestibulaire conservent, bien sûr, un sentiment d'identité, mais ils le construisent grâce à « la vicariance ». C'est la capacité du cerveau de trouver d'autres solutions (Berthoz, 2013), d'autres combinaisons en cas de déficit ou de lésion. Les patients autistes, mais de nombreux enfants également, ont une perception éclatée de leur corps et donc de leur soi ou de leur self. Ces enfants présentent, dans cette zone, une hypoactivité.

A. S.-C. Pour les enfants suivis en psychomotricité, on parle souvent de troubles « multi-dys », en s'interrogeant sur des dysfonctionnements minima du cervelet.

A. B. : Le cervelet joue un rôle fondamental dans le contrôle des mouvements. Encore une fois, il ne faut pas parler du cervelet au singulier mais des cervelets au pluriel. On commence à décrire les fonctions dites « cognitives » du cervelet. Elles impliquent des parties plus anciennes, latérales, qui constituent le néocervelet apparu plus tardivement au cours de l'évolution comme le cortex préfrontal. Nous avons, en effet, montré, par exemple, que la partie latérale du cervelet est impliquée non seulement dans la régulation de l'équilibre et des mouvements des yeux qui est l'apanage du vermis, du nodulus et du flocculus cérébelleux, mais aussi dans des fonctions cognitives de mémoire liée aux déplacements dans l'espace (Igloi et coll., 2009). Les mouvements sont gérés par de grandes boucles qui relient le cervelet au thalamus, aux ganglions de la base et au cortex. Des boucles semblables existent entre le cervelet et les parties « cognitives » du cortex cérébral.

A. S.-C. Ce sont des phénomènes très complexes.

A. B. : Oui mais, bien que le corps et le cerveau soient donc d'une extraordinaire complexité, leur unité et la continuité des « perçactions » doivent être continuellement établies. L'évolution a résolu ce paradoxe grâce à des principes simplificateurs. C'est ce que j'ai appelé la « simplicité » (Berthoz,

2009). Par exemple, quand vous dessinez avec le doigt ou en courant sur une plage en formant une trajectoire elliptique, il existe une relation très simple entre votre vitesse tangentielle le long de la trajectoire et la courbure : vous courez vite quand c'est tout droit (courbure nulle) et vous ralentissez dans les virages ! De telles lois de mouvement permettent au cerveau de simplifier le contrôle des mouvements. Il résout les complexités apparentes par des *détours* qui, paradoxalement, simplifient. Autre exemple, les roboticiens qui attendent des robots une grande rapidité, au lieu d'utiliser la géométrie euclidienne, utilisent des variables beaucoup plus complexes relevant des géométries non euclidiennes, équi-affines, qui permettent d'aller beaucoup plus vite et de faire le lien entre le temps et l'espace, de façon extraordinairement plus efficace. Nous avons montré, avec le mathématicien Daniel Bennequin et avec la physiologiste et mathématicienne Tamar Flash (Bennequin et coll., 2009), que le cerveau utilise une combinaison de géométries non euclidiennes...

Simplifier ! Toute la question est là ! Notre cerveau, c'est un peu comme une société ; il faut coordonner un ensemble de phénomènes complexes... Mais pas forcément avec un chef unique ! Il y a eu des modèles comme le modèle de « neurones grand-père » avec un chef unique dans le cortex qui dirigeait, comme dans une dictature cérébrale. Mais un cerveau n'est pas une machine dictatoriale, c'est le contraire, comme l'avaient proposé Humberto Maturana et Francisco Varela (1991) avec les concepts d'autopoïèse et d'*embodiment* aujourd'hui si à la mode. Le cerveau est une machine qui produit lui-même, par des équilibres dynamiques permanents de compétitions ou de collaborations, des actions, ou... allez..., disons aussi... des sentiments.

Enfin, parlons de l'inhibition. J'ai rédigé un dernier livre intitulé *L'inhibition créatrice* (2020). Pour ne pas oublier que pratiquement tous les systèmes excitateurs du cerveau sont doublés de mécanismes inhibiteurs. Voilà une complexité apparente ! Mais cet équilibre permanent entre excitation et inhibition est la source de toutes les créativité et de la remarquable flexibilité (vicariance) de notre cerveau. La plupart d'entre nous pensons qu'agir, c'est produire des combinaisons d'excitations, mais ce n'est pas du tout le cas ! Agir, c'est inhiber tout ce qu'on pourrait faire d'autre. Inversement, l'inhibition enrichit les mécanismes excitateurs, rajoute de la flexibilité mentale, augmente la capacité d'apprendre, de choisir et de décider.

L'inhibition nous permet de créer parce qu'elle nous permet d'inventer des solutions nouvelles. C'est le rôle de l'évolution... Adèle Diamond et Olivier Houdé ont effectué des travaux remarquables sur le rôle de l'inhibition dans le développement de l'enfant. Le cervelet, dont nous parlions tout à l'heure, est essentiellement constitué de neurones inhibiteurs. J'avais déjà, dans mon premier livre, écrit qu'agir, c'est inhiber ; j'ai développé cette question aussi dans mon livre sur la décision. Je trouve que l'on n'enseigne pas assez ce

rôle fondamental de l'inhibition dans les programmes, y compris ceux de la psychomotricité. Peut-être l'inhibition à laquelle Freud a attribué surtout un rôle de refoulement a-t-elle complètement fait oublier que, au contraire, l'inhibition est créatrice !!

A. S.-C. Oui, et elle régule constamment !

A. B. : Exactement ! Mais le mot « réguler n'est pas le meilleur pour caractériser l'inhibition. Elle ne régule pas, elle est la source de ce que nous avons appelé avec Carlo Ossola « Les libertés de l'improbable » (Berthoz et coll., 2010). Même chose pour la mémoire. L'oubli est important ! S'il n'y avait pas de mécanismes d'effacement au niveau de l'hippocampe, la mémoire serait saturée. En même temps que l'hippocampe produit une mémoire d'un épisode, il peut l'effacer par des mécanismes inhibiteurs qui dépendent des émotions.

J.-P. B. : Lors de débordements émotionnels, l'effacement est impossible. Comme dans le cas des flashbacks chez les patients traumatisés.

A. B. : Oui les réseaux inhibiteurs sont perturbés par de fortes émotions. Mais une émotion forte peut aussi faciliter le stockage à long terme de nos mémoires. Par exemple, nous nous souvenons de l'endroit où nous étions lorsque nous avons appris l'attaque contre les tours de New York ou l'assassinat du Président Kennedy, ou encore pour les jeunes générations l'attaque terroriste du Bataclan à Paris. Cela est dû au fait que la mémoire de ces événements (mémoire épisodique) est construite par l'hippocampe, mais est ensuite influencée par des signaux venus d'aires de l'émotion (par exemple le noyau accumbens) qui renforcent le souvenir lors de son transfert vers les réseaux de mémorisation à long terme.

Nous disposons d'aires cérébrales spécialisées, l'hippocampe par exemple, dans les souvenirs d'épisodes vécus. Le neurologue canadien Wilder Penfield l'avait déjà montré en provoquant des « hallucinations expérientielles » en stimulant le lobe médian du cortex temporal, au voisinage de l'hippocampe. Les patients disaient : « Oh, mais je me souviens, j'ai l'impression d'être assis avec ma mère sur le canapé. » Ils revivaient certaines scènes passées. On doit à Pascale Piolino de nombreux travaux sur les bases neurales de la mémoire autobiographique.

Un exemple de déficit de la sélection de mémoires anciennes pour préparer l'action future est celui des « confabulateurs » étudié par le neurologue Armin Schnider² (2018) à Genève. Ce sont des patients qui ont des lésions du cortex orbitofrontal (proche des zones impliquées dans les émotions). Cette aire cérébrale contribue à ce que Antonio Damasio (2021) appelle « le marquage par les

2. <https://neurocenter-unige.ch/research-groups/armin-schnider/>

émotions ». Par exemple, un patient qui est à l'hôpital peut dire : « Ah, il faut que j'aille à mon rendez-vous chez l'avocat », alors qu'il avait rendez-vous il y a deux mois. Ces patients confabulent, parce qu'ils ne *peuvent pas choisir dans la corbeille des souvenirs ceux qui sont pertinents pour le présent*. Ils sont envahis par leur passé. Dans le domaine de la psychomotricité, nous utilisons aussi les souvenirs de nos actions passées pour guider nos actions. Je pense qu'apprendre, ou réapprendre, à sélectionner les souvenirs pertinents pour construire une action est un sujet essentiel de la rééducation psychomotrice.

J.-P. B. : Vous avez également travaillé sur les phénomènes d'empathie et de sympathie à partir de « l'expérience du funambule ». Est-ce que ces concepts sont proches de ce que nous nommons l'identification ?

A. B. : Je ne suis pas familier avec le concept d'identification. Je suppose que par « identification » vous voulez parler des processus qui fondent l'identité de soi et d'autrui ? Si c'est le cas, la question de l'identité est complexe comme en témoigne le dictionnaire encyclopédique sur l'identité auquel j'ai participé³. Elle est étudiée en neurosciences en relation avec la conscience de soi (le « *self* » en anglais). Dans son livre *Soi-même comme un autre*, le philosophe Paul Ricœur (1990) a proposé trois catégories d'identités, la « *mêmeté* » (c'est la continuité du soi), « l'ipséité », cela intègre des fonctions cognitives et sociales plus larges, et « l'identité narrative » (l'histoire du soi vécu et sa description que l'on peut faire par le langage). Mais, surtout, il insiste sur le caractère profondément social de l'identité et l'importance des étapes que franchi l'enfant au cours du développement.

Pourquoi la question de l'identité est-elle importante pour les psychomotriciens ? Parce que le corps joue un rôle essentiel dans la constitution de l'identité. Nous l'avons discuté avec Jean-Luc Petit dans notre livre *Phénoménologie et physiologie de l'action* (Berthoz, Petit, 2006) à propos de la notion de « corps propre ».

Dans cet immense sujet, on peut, comme vous le suggérez, poser la question des relations sociales et en particulier de la distinction entre soi et autrui. Pour répondre à votre question, je voudrais vous donner deux exemples de recherches à propos de l'empathie et de la relation entre soi et autrui.

On parle beaucoup de l'empathie comme d'une fonction unique. Or les philosophes allemands avaient distingué deux modes fondamentaux d'interactions avec autrui : l'empathie et la sympathie. Avec Gérard Jorland (Berthoz, Jorland, 2004) et Bérangère Thirioux nous avons exploré ces concepts. Nous distinguons Sympathie et Empathie.

3. Voir le livre collectif *L'identité. Dictionnaire encyclopédique* sous la direction de J. Gayon (Paris, Gallimard, 2020), avec un chapitre d'A. Berthoz et B. Thirioux sur l'empathie.

La *sympathie* est la capacité que nous avons de ressentir l'émotion d'autrui en résonance avec lui. On peut dire en imitant, en simulant mentalement, ses émotions, mais sans se mettre réellement à sa place. Tu pleures ? Je pleure ! Tu souris ? Je souris. C'est proche des « neurones miroirs » découverts par Rizzolatti (Sinigaglia, Rizzolatti, 2009). L'expression faciale et corporelle des émotions est aussi un des aspects essentiels de la constitution d'une identité dans la relation avec autrui. Si nous établissons un contact avec autrui par le regard, nous activons l'amygdale qui provoque une émotion indiquant la valeur positive ou négative que produit la perception d'un objet, d'un événement, ou d'autrui. Aujourd'hui, des données nouvelles ont été acquises sur la perception de l'expression corporelle des émotions dans la relation avec autrui avec les travaux de Béatrice De Gelder (2016). La sympathie induit, pour répondre à votre question, une identification sous la forme d'une « résonance émotionnelle » sans changement de point de vue.

L'*empathie* exige que l'on change de point de vue, qu'on se mette réellement à la place de l'autre. C'est une forme d'identification qui exige *souvent l'inhibition de la sympathie*. *Si la personne en face de vous sourit, mais en fait éprouve une grande douleur, il faut inhiber la joie que provoque le sourire pour comprendre que l'autre souffre*. Pour étudier cela, nous avons, avec Bérangère Thirioux, mis au point le paradigme que nous avons appelé « *le funambule* » avec l'équipe de Marie Hélène Tramus et Michel Bret (Bret et coll., 2015). Le sujet est debout, il tient une barre horizontale et voit devant lui, sur un écran, un funambule qui danse sur un fil et se penche à gauche ou à droite. On demande au sujet de se pencher dans le même sens que le funambule. De façon réflexe, par sympathie, si le funambule penche vers la droite, le sujet a tendance à baisser sa main gauche, alors que s'il respecte notre consigne, il doit baisser sa main droite. Nous avons fait, à Lausanne, dans le laboratoire d'Olaf Blanke, l'étude électroencéphalographique des bases neurales de ces deux comportements. J'ai aussi réalisé à l'hôpital de la Salpêtrière, avec l'équipe de David Cohen, des études comportementales portant sur des enfants autistes et des enfants ayant des troubles visuo-spatiaux (Xavier et coll., 2018 ; Gauthier et coll., 2028). Il semble que la période entre 8/9 et 11/12 ans soit aussi cruciale pour l'acquisition des capacités de manipulation des référentiels spatiaux dans une tâche de mémoire visuo-spatiale locomotrice (Belmonti et coll., 2013).

Le deuxième paradigme porte sur la distinction entre soi et autrui. C'est une expérience qui implique le corps. Il s'agit de l'expérience dite « *du double miroir* ». Elle utilise un dispositif inventé par l'artiste Moritz Werhman. On assoit deux sujets face à face autour d'une table avec, entre eux, un miroir double semi-réfléchissant dont la luminosité peut être modifiée de telle façon que chaque sujet peut, soit se voir lui-même, soit voir l'autre comme

si ce miroir devenait simplement une vitre transparente. *En faisant varier la lumière, le sujet peut avoir l'impression que son image se superpose à l'image de l'autre et qu'il voit apparaître un véritable double de lui-même assis en face de lui.* Cette expérience permet de regarder la capacité des sujets à faire une distinction entre soi et autrui. Nous avons soumis à ce test des enfants autistes, schizophrènes et des jeunes filles anorexiques, avec les pédopsychiatres Sylvie Tordjman, Michel Botbol, et Nathalie Lavenne-Collot ainsi qu'avec une équipe italienne. *Ces trois types de patients ont une tendance à rester autocentrés*, et rencontrent des difficultés à percevoir des différences entre soi et autrui (Keromnes et coll., 2018 ; Lavenne-Collot et coll., 2023). Ce paradigme est actuellement utilisé à Poitiers par le pédopsychiatre Jean Xavier avec des patients atteints de dyspraxies. Ce sont des exemples d'expériences destinées à mieux comprendre comment le cerveau peut arriver à distinguer mon corps de celui d'autrui.

J.-P. B. : L'indistinction s'observe en pratique clinique ! Les enfants atteints de troubles sévères du développement peuvent se jeter sur leur propre image dans le miroir, pour bousculer l'enfant qu'ils croient y voir.

A. B. :

Oui, c'est bien ça qui est en question, c'est pour cela que ça intéresse les psychiatres.

J.-P. B. : Et à l'adolescence, pensez-vous qu'en dehors des questions libidinales liées à la séduction, aux relations affectives ou amoureuses, il y ait une part plus directement neurophysiologique qui entre en jeu dans les difficultés de cet âge ?

A. B. : Je suis très gêné pour répondre de façon claire. Je ne suis absolument pas spécialiste de ces questions. Mes amis pédopsychiatres David Cohen, Michel Botbol, Giovanni Cioni, à Pise, et bien d'autres, pourraient vous répondre mieux que moi.

Mais oui, bien sûr, si par « neurophysiologique » vous entendez les réseaux neuronaux qui traitent l'information et si par « cet âge » vous voulez dire l'adolescence. Les connections neuronales se construisent sans cesse jusqu'après l'adolescence et connaissent à cet âge des développements cruciaux comme par exemple la connexion entre des centres qui jusque-là étaient indépendants ce qui permet une grande flexibilité cognitive. Par exemple, nous l'avons déjà évoqué, l'acquisition progressive de la capacité de changer de point de vue (de référentiels), de passer d'un codage égocentré à un codage *allocentré* de l'espace et d'acquérir l'empathie. La perception égocentrée utilise une géométrie qui code le monde par rapport à mon point de vue, à mon corps, dans des coordonnées dans lesquelles je suis la référence (à la première personne). C'est ce qui est codé au niveau du cortex pariétal. Nous disons que le codage

neuronal est *allocentré* lorsque nous construisons des cartes du monde pour nous libérer de notre point de vue égocentré. La sympathie que nous avons évoquée correspond à un codage égocentré, à la première personne, l'empathie au contraire correspond à un codage encore différent. Nous l'appelons « hétérocentré » (à la troisième personne) car il prend pour référence autrui. Dans le cas de l'empathie, nous ne prenons pas seulement autrui comme repère, nous adoptons son point de vue. C'est un codage égocentré du point de vue de l'autre. On pourrait aussi l'appeler « allocentrée ».

Jean-Pierre Changeux (2016), biologiste, m'a dit un jour : l'adolescence, c'est une « tempête chimique ». Tous les grands systèmes, neuronaux, neuroendocriniens sont bouleversés. Il est clair que tous les systèmes neuronaux de la conscience de soi et de la conscience du corps sont bouleversés par la tempête chimique que représente l'adolescence. Puis il y a une reconstruction en réponse au bouleversement de l'identité. Il y a perte puis reconstruction. Mais c'est vous le psychiatre !

J.-P. B. : Oui. On parle souvent de changements de repères, par exemple.

A. B. : C'est une reconstruction, comme ce qui se passe pour les papillons. La chenille devient papillon. Ce n'est pas facile.

J.-P. B. : D'autant que les adolescents sont facilement débordés par leurs émotions.

A. B. : Tous les grands systèmes régulateurs sont impliqués dans les émotions. Et le système limbique va interagir avec les systèmes cognitifs. Par exemple, le cortex rétrosplénial est impliqué dans les transformations de la perception de l'espace égocentrée vers une perception de l'espace allocentrée mais il fait aussi partie du circuit dit de Papez qui régule les émotions. Des travaux récents de neurophysiologie montrent les relations étroites entre le codage de l'espace et de la mémoire par l'hippocampe et les structures impliquées dans les émotions.

Mais l'émotion, l'identité, la conscience, la mémoire, ces termes au singulier sont ce que j'appelle des concepts globaux. Ils rassemblent sous un même terme des fonctions, des variétés, des hiérarchies, des hétérarchies construites peu à peu au cours de l'Évolution et de l'ontogenèse chez l'enfant ! L'émotion au singulier, ça n'existe pas ! Et puis n'oubliez pas qu'« *émotion* », comme avait dit le psychologue Albert Burloud dans son *Précis de psychologie*, c'est « e-motion », le mouvement. C'est, comme je l'ai proposé dans mon livre *La décision* (2003), l'émotion n'est pas une réaction, ce n'est pas, comme l'a proposé Antonio Damasio, une homéostasie, c'est une mise en état du corps et du cerveau pour élaborer, une réponse. L'émotion n'est pas tournée vers le passé, elle est préparation de l'avenir pour rendre le monde possible.

Vous voyez, le niveau d'intrication des concepts dont nous devons tenir compte dans toute tentative de comprendre les bases neurales ! C'est aussi pour cela que le dialogue avec les psychiatres, les psychanalystes, les sociologues, etc., est tellement passionnant ! Il faut franchir les débats. Par exemple j'ai participé récemment à un colloque organisé par Ariane Bazan et Lisa Houss qui ont créé un réseau « Neurosciences et psychanalyse ».

J.-P. B. : On pourrait alors parler d'une nécessaire relation entre nos disciplines autour de vos travaux ?

A. B. : Il faut établir le dialogue des disciplines entre elles. Vous ne croyez pas ? Le dialogue des neurosciences avec les psychologues, les pédopsychiatres, les psychomotriciens, par exemple permet aux neurosciences d'éviter de s'enfermer dans les théories trop réductrices. Comme l'indique le titre même de votre domaine, la psychomotricité, le lien entre l'approche psychologique et l'approche du mouvement est conforme aux objectifs des sciences cognitives qui cherchent à combiner les niveaux du fonctionnement cérébral. Depuis que je suis à la retraite, je travaille, comme nous l'avons vu à propos du funambule et du miroir double, avec des pédopsychiatres en codirigeant des thèses. J'apprends sans cesse. Et aussi avec des sociologues, comme Éric Brian et Marie Jaisson, avec qui nous avons co-dirigé la thèse de Gaëlle Chartier sur la transition entre geste festif et geste violent. Les jeunes franchissent les frontières établies entre nos disciplines. C'est l'avenir !

J.-P. B. et A. S.-C. : Merci beaucoup, Alain Berthoz, pour ce voyage passionnant dans les profondeurs du corps, et dans l'intimité de ses liens avec le cerveau.

BIBLIOGRAPHIE

- BELMONTI, V. ; CIONI, G. ; BERTHOZ, A. 2013. "Development of anticipatory orienting strategies and trajectory formation in goal-oriented locomotion", *Exp Brain Res.* 227(1), p. 131-147.
- BENNEQUIN, D. ; FUCHS, R. ; BERTHOZ, A. ; FLASH, T. 2009. « Movement timing and invariance arise from several geometries », *PLoS Computational Biology*, vol. 5. e1000426 ;
- BERNSTEIN, N. 1967. *The coordination and Regulation of Movements* Londres, Oxford, Pergamon Press.
- BERTHOZ, A. 1996. *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. 2003. *La décision*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. 2009. *La simplicité*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. 2013. *Le cerveau créateur de mondes. Essai sur la vicariance*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. 2020. *L'inhibition créatrice*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. ; JORLAND, G. 2004. *L'empathie*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. ; PETIT, J.-L. 2006. *Phénoménologie et physiologie de l'action*, Paris, Odile Jacob.
- BERTHOZ, A. CHRISTEN Y. 2009. *Neurobiology of "Umwelt". How Living Beings Perceive the World" Series: Research and Perspectives in Neurosciences*, XII.

- BERTHOZ, A., OSSOLA C., STOCK, B. (SOUS LA DIRECTION DE) 2010. « La pluralité interprétative » (« Conférences »), en ligne, mis en ligne le 24 juin 2010. URL : <http://conferences-cdf.revues.org/154>.
- BERTHOZ, A. ; DEBRU, C. 2015. *Anticipation & prédiction*, Paris, Odile Jacob.
- CHANGEUX, J.-P. 2016. *La beauté dans le cerveau*, Paris, Odile Jacob.
- CHARTIER, G. 2021. *Qualifier la violence in situ. Étude des dynamiques interactionnelles et cognitives des qualifications de gestes festifs et violents*, thèse de sociologie, université Paris 13.
- DAMASIO, A. 2021. *Sentir et savoir : une nouvelle théorie de la conscience*, Paris, Odile Jacob.
- DE GELDER, B. 2016. *Emotions and the body*, Oxford University Press.
- GAUTHIER, S. ; ANZALONE, S.M. ; COHEN, D. ; ZAOUI, M. ; CHETOUANI, M. ; VILLA, F. ; BERTHOZ, A. ; XAVIER, J. 2018. "Behavioral own-body-transformations in children and adolescents with typical development, autism spectrum disorder, and developmental coordination disorder", *Front Psychol.*, 25;9, 676.
- GAYON, J. (sous la direction de), 2020. *Dictionnaire encyclopédique de l'identité*, Paris, Gallimard.
- HOUDÉ, O. 2020. *L'inhibition au service de l'intelligence. Penser contre soi-même*, Paris, Puf.
- IGLÓI, K. ; ZAOUI, M. ; BERTHOZ, A. ; ROND-REIG, L. 2009. "Sequential egocentric strategy is acquired as early as allocentric strategy: Parallel acquisition of these two navigation strategies", *Hippocampus*, 19(12), p. 1199-1211
- KEROMNES, G. ; MOTILLON, T. ; COULON, N. ; BERTHOZ, A. ; DU BOISGUEHENEUC, F. ; WEHRMANN, M. ; MARTIN, B. ; THIRIOUX, B. ; BONNOT, O. ; RIDEREAU, R. ; BELLISSANT, E. ; DRAPIER, D. ; LEVOYER, D. ; JAAFARI, N. ; TORDJMAN, S. 2018. "Self-other recognition impairments in individuals with schizophrenia: a new experimental paradigm using a double mirror", *Nature PJ Schizophr*, 2018 nov. 28;4(1), 24.
- LAVENNE-COLLOT, N. ; TERSIGUEL, M. ; DISSAUX, N. ; DEGREG, C. ; BRONSARD, G. ; BOTBOL, M. ; BERTHOZ, A. 2023. "Self/other distinction in adolescents with autism spectrum disorder (ASD) assessed with a double mirror paradigm", *PLOS ONE*, 18(3): e0275018.
- MATURANA, H.-R. ; VARELA, F.-J. 1991. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*; Kluwer.
- PENFIELD, W. ; RASMUSSEN T. 1952. *The Cerebral Cortex of Man. A Clinical Study of Localization of Function*, New York, The MacMillan Company.
- RICŒUR, P. 1990. *Soi-même comme un autre*, Paris, Le Seuil.
- SCHNIDER, A. 2018. *The Confabulating Mind. How the brain creates reality*, 2nd edition. New York, Oxford: Oxford University Press.
- SINIGAGLIA, C. ; RIZZOLATTI, G. 2009. *Les neurones miroirs*, Paris, Odile Jacob.
- XAVIER, J. ; GAUTHIER, S. ; COHEN, D. ; ZAOUI, M. ; CHETOUANI, M. ; VILLA, F. ; BERTHOZ, A. ; ANZALONE, S. 2018. "Interpersonal synchronization, motor coordination, and control are impaired during a dynamic imitation task in children with autism spectrum disorder", *Front Psychol.* 3, 1467.

RÉSUMÉ

Comment le corps est-il intégré ? Les travaux des neurosciences et de la neurophysiologie révèlent aujourd'hui les circuits cérébraux qui permettent de passer du corps à sa pensée. Ces phénomènes pluriels d'une grande complexité se réalisent grâce à la simplicité qui intègre aussi l'inhibition et l'oubli.

L'unification corps-cerveau participe à l'identité. Elle s'inscrit dans l'intersubjectivité par empathie et sympathie. La recherche, différentes expériences neurophysiologiques, confirment ces descriptions et permettent de mieux comprendre les troubles psychomoteurs.

MOTS-CLÉS

Schéma corporel, image du corps, empathie, simplicité.

SUMMARY

“Thinking about one’s body: when the brain simplifies complexity.” Interview with Alain Berthoz

How is the body integrated? Studies in neuroscience and neurophysiology are now revealing the brain circuits that enable us to move from the body to our thoughts. These highly complex, multi-faceted phenomena are achieved through “simplicity”, which also incorporates inhibition and forgetting. The unification of body and brain contributes to identity. It plays a role in intersubjectivity through empathy and sympathy. Research and various neurophysiological experiments confirm these descriptions and provide a better understanding of psychomotor disorders.

KEYWORDS

Body schema, body image, empathy, simplicity.