HAL
open science

Du corps biologique au corps capacitaire

Sylvain Hanneton

To cite this version:

Sylvain Hanneton. Du corps biologique au corps capacitaire. Jacqueline Decarpentries; Bernard Andrieu. Le corps capacitaire, hors série, Société Binet-Simon éditions, pp.181:193, 2017, Recherches et Éducations, 1969-0622. hal-01522358v2

HAL Id: hal-01522358

https://hal.science/hal-01522358v2

Submitted on 18 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sylvain Hanneton. Du corps biologique au corps capacitaire. In « le corps capacitaire », éditeurs Jacqueline Decarpentries et Bernard Andrieu. Recherches et Education, hors série, pages 181:193 (2017).

Du corps biologique au corps capacitaire

Sylvain Hanneton[1,2]

1- Laboratoire de Psychologie de la Perception CNRS UMR 8242 Paris Descartes
2 - Laboratoire Techniques et Enjeux du corps, EA 3625. Université Paris Descartes (chercheur associé)

Résumé : Il est question dans cette article de synthèse de montrer que le concept de corps capacitaire peut tout à fait prendre sa place dans une perspective intégrant des connaissances concernant à la fois l'évolution de l'espèce humaine et le cerveau de l'homme contemporain. La capacité de l'espèce humaine à créer, apprendre et transmettre des savoir-faire (utilisant des techniques du corps ou des aides techniques), s'est avérée constituer un avantage sélectif déterminant. La composante neurobiologique de cet avantage n'a sans doute pas seulement pour origine une augmentation globale du volume cérébral, mais semble surtout provenir des propriétés et de l'efficacité de certaines populations de neurones. Ces neurones sont impliqués dans l'apprentissage des techniques et la diffusion des savoirs techniques (cervelet, neurones miroirs) mais aussi dans l'intégration de l'outil au corps sensible (neurones bimodaux). Ainsi, l'individu humain hérite phylogénétiquement et épi-phylogénétiquement d'un corps capacitaire dont le corps biologique n'est que le substrat. Ce corps capacitaire est changeant et polymorphe, au gré des outils saisis et déposés.

Mots clés : corps capacitaire – évolution - adaptation – Homo sapiens – technique – outils – cerveau - cervelet - neurones miroirs – neurone bimodal - plasticité

Abstract : In this article, we suggest that the « capable body » concept can be introduced at the crossroads of an evolutionist and a neurobiological points of view. The ability of the human specie to create, learn and disseminate technical skills (body and technical knowhow), became a decisive selective advantage. The neurobiological component of this advantage originates not only from a global increase of the cerebral volume, but rather from the properties and efficiency of specific neuronal populations. These neurons are involved in the learning and diffusion of technical skills (cerebellum, mirror neurons) but also in the integration of the tools in the sensitive body (bimodal neurons). Thus, the human being inherits phylogenetically and epi-phylogenetically an "able body" which extends the biological body. The able body is versatile and polymorphic, changing with the grasping and releasing of the required tool.

Keywords : capable body – corps capacitaire – evolution – Homo sapiens – tool – brain – cerebellum – mirror neuron – bimodal neurons – plasticity

Sylvain Hanneton. Du corps biologique au corps capacitaire. In « le corps capacitaire », éditeurs Jacqueline Decarpentries et Bernard Andrieu. Recherches et Education, hors série, pages 181:193 (2017).

Capacités techniques et habileté

L'objectif de ce texte est de montrer que le concept de corps capacitaire, grâce notamment à l'apport des neurosciences, s'intègre parfaitement dans une perspective biologique et évolutionniste de l'espèce humaine. Des connaissances issues de disciplines aussi diverses que l'anthropologie, les neurosciences, la psychologie expérimentale, l'histoire et la philosophie des sciences, permettent de penser que la capacité de l'humain à apprendre et transmettre de nouvelles habiletés, y compris et surtout celles impliquant des outils, est au centre de la compréhension de ce qui définit l'espèce humaine. Dans cette perspective, certaines propriétés du système nerveux humain, issues de son étonnante phylogenèse, semblent jouer un rôle essentiel en permettant à la fois une extension des capacités du corps biologique et une extension des capacités de transmission des savoirs, toutes deux décisives dans l'histoire adaptative de l'espèce. L' « habileté motrice » est donnée par Marc Durand (1987) comme la « capacité [..] à élaborer et à réaliser une réponse efficace et économique pour atteindre un objectif précis ». Une des raisons pour lesquelles ce champ de recherche apparaît finalement comme assez confidentiel est certainement que pour un observateur non initié, l'apprentissage d'une nouvelle habileté est un phénomène et une expérience très commune et qui semble si naturelle, si efficace, que cet observateur ne voit pas « *où est le problème* ». Il ne peut en saisir ni la complexité ni l'extraordinaire subtilité des mécanismes mis en jeu (notamment par le système nerveux) pour arriver à ses fins. Les enfants apprennent à saisir des objets, à marcher, à courir, à faire du vélo, à nager et ces étapes généralement joyeuses font parties du déroulement d'une vie de famille. Fondamentalement rien d'inhabituel ou d'exceptionnel à cela. Par contre, c'est en regardant les sportifs à l'oeuvre, les acrobates au cirque, les funambules ou les skaters réalisant des prouesses que ce même observateur, impressionné, prendra du plaisir à observer l'habileté sensori-motrice humaine poussée à ses limites. Pourtant, fondamentalement, à son niveau, l'enfant qui apprend à faire du vélo réalise une prouesse au moins aussi étonnante que l'acrobate, que le funambule. Cet observateur a sans doute oublié combien de mois, d'années il a fallu à l'enfant qu'il était pour apprendre à maîtriser l'utilisation de la fourchette et du couteau dont il se sert pour déguster son repas. Soulignons à ce propos combien la notion d'habileté humaine est liée d'une part à la notion de savoir-faire (de technique) et d'autre part à sa concrétisation qu'est l'outil (l'aide technique). Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point.

Développement et évolution du cerveau humain

Même si déjà, chez Rousseau (1762) « pour apprendre à penser, il faut donc exercer nos membres,

nos sens, nos organes qui sont les instruments de notre intelligence », on doit à Jean Piaget, avec sa proposition de l'existence d'une période d' « intelligence sensori-motrice », le fait d'avoir donné à l'apprentissage des habiletés sensori-motrices sa juste place dans le développement de l'individu et de son intelligence, dans sa marche vers l'autonomie. Piaget et plus largement l'école constructiviste propose que l'intelligence de l'enfant, c'est-à-dire sa capacité à utiliser des objets mentaux, des concepts, s'élabore d'abord par l'apprentissage de la manipulation d'objets réels et notamment d'outils (Lockman 2000). Le développement de l'intelligence est ainsi compris comme une construction active, où le mouvement est essentiel en ce qu'il permet à l'enfant, par l'observation des conséquences sensorielles de ses actions, de maîtriser de plus en plus de schèmes d'action[1] qui combinés et adaptés, lui donneront son bagage de savoir-faire. Cette vision d'une intelligence active et adaptable s'oppose aux conceptions innéistes et maturationnistes. Du point de vue des Neurosciences, la motricité et en particulier la dextérité jouent donc un rôle essentiel dans le développement du cerveau et dans la mise en œuvre de la plasticité synaptique chez l'enfant. On retrouve ces liens tissés entre intelligence, motricité, langage et développement du cerveau dans les grandes questions concernant la phylogenèse de l'espèce humaine.

Seul représentant actuel du genre Homo, qui a compté au moins une quinzaine d'espèces aujourd'hui éteintes, l'homme se caractérise par une bipédie totale et par la taille importante de son cerveau (mais également par son système pileux réduit par exemple). Seuls certains cétacés possèdent une taille relative du cerveau comparable à celui de l'homme. Par taille relative il faut comprendre « coefficient d'encéphalisation » qui mesure le rapport entre la taille du cerveau et la taille de l'individu prédite par une relation allométrique[2] (Dubois 1897, Jerison 1973, Jerison 1985). Le coefficient d'encéphalisation d'Homo sapiens est de 7,44 alors que celui du dauphin est de 5,31 (5,7 chez le globicéphale noir) et celui du chat de 1 (Cairo, 2011). Le cerveau de l'Homme est donc environ 7 fois plus important que celui d'un mammifère typique, et il faut noter que cette relation reste stable à toute étape du développement, même chez le fœtus (voir illustration 1). Mais attention, en moins de 4 millions d'années, si la taille du cerveau humain a certes cru de 300 % environ en comparaison de celle du cerveau de ses ancêtres[3] (voir illustration 2), la relation entre volume cérébral et intelligence (le plus souvent mesurée par le QI ou un équivalent) est

1 « Un schème est la structure ou l'organisation des actions telles qu'elles se transfèrent ou se généralisent lors de la répétition de cette action en des circonstances semblables ou analogues » (La psychologie de l'enfant, p. 11).

2 Une relation allométrique est une relation qui tient compte de la taille des individus au sein d'une espèce.

3 La mesure de l'endocrâne de différents spécimen a cependant montré que le cerveau humain semble se « rétracter » depuis 30 000 ans : le cerveau de l'homme de Cro-Magnon est ainsi 15 % à 20 % plus grand que celui d'Homo sapiens.

discutable[4]. S'il est indéniable qu'il existe, chez Homo sapiens adulte, une corrélation significative entre volume cérébral et QI (McDaniel 2005), le coefficient de corrélation n'est que de 0,33 en moyenne. La taille du cerveau n'explique donc qu'une faible partie de la variabilité des évaluations de l'intelligence entre individus. De plus, le cerveau de l'Homme semble ne pas différer uniquement par la taille du cerveau des autres mammifères. Le cerveau des primates se distingue d'abord par un développement particulier de certaines zones cérébrales dont le néo-cortex et le cervelet (De Winter et Oxnard, 2001). Il s'en distingue également par la nature même de ses cellules. Lors d'une expérience récente et célèbre, des chercheurs (Han et al. 2013, Franklin et Bussey, 2013) ont transplanté dans le cerveau de souris des cellules gliales humaines, plus grandes et plus complexes que celles des animaux hôtes. Non seulement la transplantation a réussi, mais les auteurs ont aussi montré que cette greffe donnait aux chimères ainsi obtenues de plus grandes capacités d'apprentissage. Le cerveau humain semble ainsi très différent de celui d'autres espèces et il est très tentant d'en déduire que ce développement particulier du système nerveux est le reflet du développement de l'intelligence (auto-proclamée) de cette espèce. Il serait plus juste de dire que l'augmentation relative de la taille du cerveau est le reflet d'un avantage adaptatif important acquis par l'espèce humaine[5]. Un avantage précieux semble-t-il d'autant qu'il coûte très cher: le cerveau consomme 23 % de l'énergie absorbée quotidiennement par un individu alors qu'il ne représente que 2,3% de sa masse (Holliday 1971)!

4 L'espèce Homo sapiens n'est pas celle qui a le plus grand nombre de neurones! L'éléphant en possède 267 milliards (86 milliards pour l'homme) dans tout son système nerveux (Herculano-Houzel et al., 2014) et 257 milliards dans son cerveau seul dont mystérieusement 97,5 % sont dans son cervelet ! Le globicéphale compte 37,2 milliards de neurones dans son néo-cortex (Mortensen et al., 2014) alors que l'homme mâle n'en possède que 23 milliards (19 milliards pour la femme).

5 Pourtant, le séquençage du génome humain a montré que celui-ci ne différait que de 1,23 % de celui du chimpanzé, soit à peine dix fois plus que le pourcentage de variation inter-individuelles au sein de l'espèce humaine.

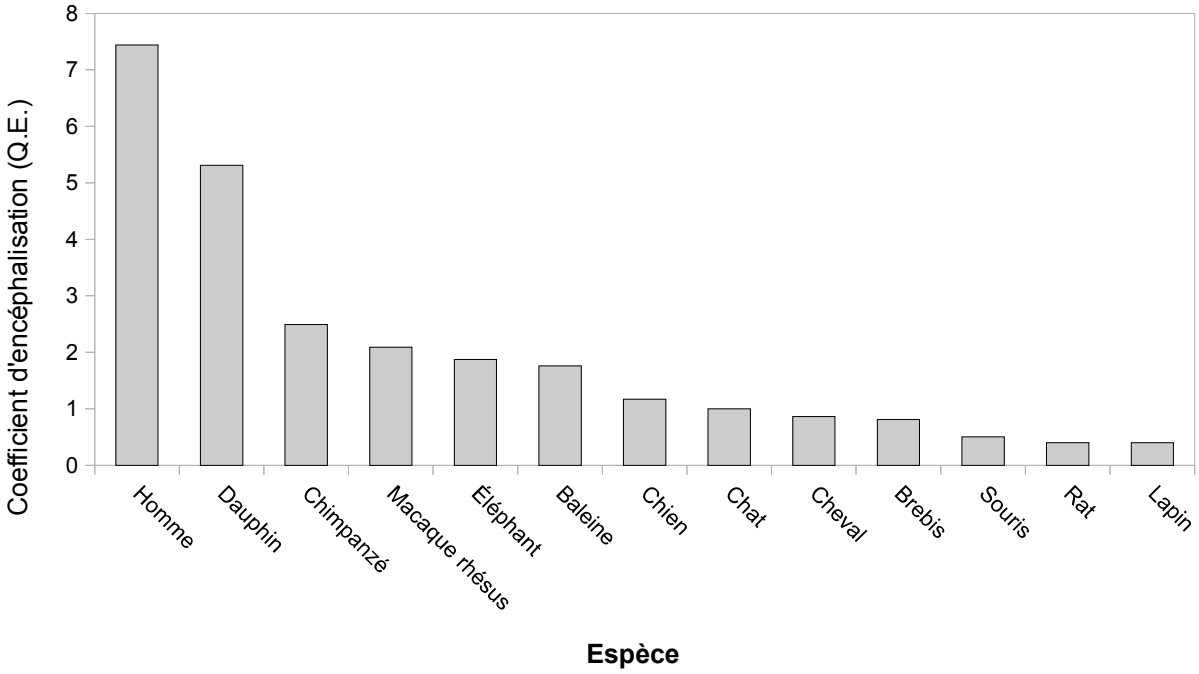

Illustration 1: Exemple de valeurs du coefficient d'encéphalisation pour l'Homo sapiens et d'autres espèces animales (voir par exemple Cairo, 2011).

De la tête aux pieds

De nombreuses hypothèses ont vu le jour pour tenter de relier cette singularité de l'espèce humaine à ses autres caractéristiques, comme la bipédie, le langage et la capacité à fabriquer des outils. Ce débat est encore à l'heure actuel loin d'être clos. Il serait trop long de citer toutes ces hypothèses ici, mais nous pouvons partir d'un fait qui semble avéré: la bipédie est une caractéristique qui semble être apparue très précocement dans l'histoire de l'espèce Homo. Il est communément admis que la séparation entre les hommes et les singes s'est accomplie entre 9 et 7 millions d'années[6], voire 15 millions d'années. Mais ce n'est qu'avec les spécimens australopithèques comme Lucy, datée de 3,2 millions d'années, que les premières preuves d'une marche bipède apparaissent (et la bipédie de Lucy est encore discutée! Richmond et Detroit, 2000). Les plus vieux outils de pierre trouvés à ce jour datent eux de 3,3 millions d'années. Ils ont été découverts avec étonnement en Éthiopie, sur le site dit de « Lomekwi 3 » (Harmand et al., 2015). Ainsi apparition de la bipédie et début de la fabrication d'outils ne sont pas si éloignés dans notre

6 Le spécimen le plus ancien considéré comme un des premiers individus de la lignée Homo, appelé Tournaï (« espoir de vie » en langue gorane), a été découvert au Tchad en 2001. Il est daté de 7 millions d'années avant notre ère. 350 000 générations nous séparent de lui...

histoire. Et l'accroissement rapide du volume cérébral n'a eu lieu que bien après l'apparition de la bipédie et des premiers outils de pierre. On peut suggérer que l'apparition de la bipédie provoqua une sorte de réaction en chaîne évolutive, appelée souvent « big leap » (Ramachandran, 2000), qui concédera à l'Homme des avantages adaptatifs uniques. Cet hypothèse invalide l'idée ancienne qui suggérait *que l'élargissement cérébral associé à une grande intelligence étaient des pré-requis de la fabrication d'outils.*

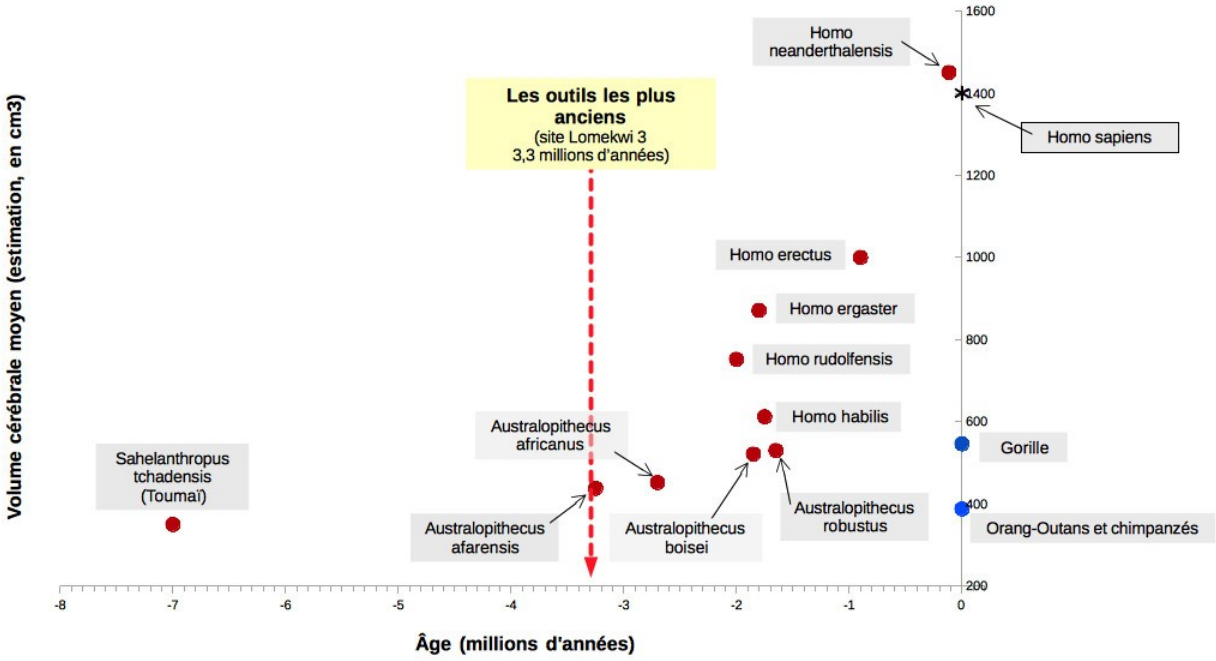

Illustration 2: Evolution du volume crânien des ancêtres d'Homo sapiens et volume crânien de singes actuels (divers sources).

L'augmentation de la taille moyenne du volume cérébral ne peut être vue comme un phénomène indépendant de l'évolution des autres caractères de l'espèce. Par exemple, lors de l'accouchement, la tête du nouveau né doit se glisser à travers le bassin. Or il est souvent affirmé que l'apparition de la bipédie provoqua une bascule du bassin rendant difficile l'accouchement à terme du nouveau-né humain (Berge 1993). Cette contrainte imposa logiquement à l'espèce une co-évolution du bassin et certainement d'autres caractéristiques du corps pour que la mère et l'enfant survivent à l'accouchement (Tardieu 2012). L'évolution du volume crânien doit être donc appréhendée comme un élément parmi un ensemble de co-évolutions anatomiques et physiologiques qu'il serait risqué de relier par des causalités fortes. Ainsi les processus d'adaptation de l'espèce humaine auraient donc abouti à favoriser un accouchement précoce, délivrant un nouveau-né immature, ce qui aurait permis d'allonger la période de développement

post-partum du cerveau. Cette hypothèse est à la croisée des perspectives néoténiques d'explication de l'évolution et du développement humain[7] et des phénomènes d'hétérochronies[8].

« L'Homme a commencé par les pieds » nous dit Leroi-Gourhan (1982). En effet, avec l'augmentation du temps passé en position bipède, la fonction locomotrice des membres supérieurs disparaît et ceux-ci peuvent assurer d'autres fonctions. Ils peuvent augmenter leur participation à la préhension des objets et servir également au portage (rôles auparavant dévolus en partie à la bouche). Ils sont évidemment plus disponibles pour la fabrication d'outils. La bouche n'étant plus l'organe principal de manipulation et de portage des objets, elle peut être plus souvent mobilisée pour la parole. Insistons encore sur le fait que le développement du langage parlé est aussi une question d'habileté sensori-motrice car la parole résulte du contrôle précis de la coordination des muscles phonatoires. Ainsi « le langage et l'outil sont la même expression de l'homme » (Leroi-Gourhan, 1964). La bipédie a libéré la main pour l'outil et la bouche pour la parole. En effet, cet ethnologue et archéologue, élève de Marcel Mauss, dans sa recherche de la spécificité de l'espèce humaine, fait le lien entre l'évolution des structures anatomiques humaines et ses conséquences en terme de possibilités techniques (techniques du corps, aides techniques). Il introduit la notion de « chaîne opératoire » pour décrire les savoirs-faire des sculpteurs de silex, notion qui peut être utilisée dans le cadre général des techniques humaines. « L'acrobatie, les exercices d'équilibre, la danse matérialisent dans une large mesure l'effort de soustraction aux chaînes opératoires normales, la recherche d'une création qui brise le cycle quotidien des positions dans l'espace » (Leroi-Gourhan, 1965).

Technique et évolution

La thèse défendue par Leroi-Gourhan, et d'autres après lui, est donc que finalement l'espèce humaine se distingue des autres espèces par sa capacité à développer et à transmettre de nouvelles techniques, que ce soit des techniques du corps ou bien des savoirs-faire pour construire des outils, c'est-à-dire des « aides techniques ». Il propose également que notre espèce possède la capacité d' « internaliser » l'outil, de faire que celui-ci, lorsqu'il est maîtrisé, fasse partie d'un corps étendu, d'un corps augmenté, du corps *capable*. « Au point où se trouve le Zinjanthrope, l'outil apparaît comme une véritable conséquence anatomique, seule issue pour un

7 « L'Homme est, du point de vue corporel, un fœtus de primate parvenu à maturité sexuelle » (Bolk, 1961).

8 « L'hétérochronie est la modification de la durée et de la vitesse du développement d'un organisme par rapport à celles de ses ancêtres. Ces modifications sont la conséquence de la mutation de certains gènes du développement qui contrôlent le développement et la mise en place des organes. Ainsi, de grands changements au point de vue macroscopique peuvent survenir dans l'organisme grâce à l'hétérochronie sans pour autant qu'il y ait de modifications génétiques importantes » (définition Wikipedia).

être devenu dans sa main et sa denture, complètement interne » (Leroi-Gourhan, 1964). Bernard Stiegler (1994) va plus loin: la technique est *intrinsèquement constitutive* de l'espèce humaine. La nature même de l'individu humain est secondaire, l'essence de l'humanité est constituée par sa capacité à créer, utiliser et répandre des artéfacts[9].

L'aptitude à développer de nouvelles techniques n'aurait sans doute eu aucune conséquence évolutive si l'espèce humaine n'avait pas été capable de transmettre à ses descendants ses nouveaux savoir-faire. Marcel Mauss (1935) définit une technique comme « un acte traditionnel efficace » . La technique s'est transmise d'abord par les arts traditionnels puis par des outils plus complexes dont l'objet est justement le partage mais aussi la transmission des savoirs-faire à la descendance. « Il n'y a pas de technique et pas de transmission, s'il n'y a pas de tradition. [...] C'est en quoi l'homme se distingue avant tout des animaux : par la transmission de ses techniques et très probablement par leur transmission orale » (Mauss, 1935). L'utilisation de techniques de mémorisation (mnémotechniques) et surtout l'invention des mémoires externes (hypomnemata[10], Stiegler[11], 1994) ont accéléré l'artefactualisation de l'existence humaine. « Les hypomnemata, au sens technique, pouvait être des livres de compte, des registres publics, des carnets individuels servant d'aide-mémoire» » (Foucault, 1983). Comme les outils « manipulables », les hypomnemata doivent être pensés comme des prothèses mémorielles. Par nature externes, elles sont internalisables à tout moment. L'on peut s'en saisir et s'en dé-saisir. Le mot « épiphylogenèse » désigne ainsi cette transmission héréditaire non génétique des savoirs-faire: « l' épiphylogenèse, accumulation récapitulative, dynamique et morphogénétique de l'expérience individuelle, désigne l'apparition d'un nouveau rapport entre l'organisme et son milieu, qui est aussi un nouvel état de la matière » (Stiegler, 1994). Soulignons que la bipédie elle-même n'est rendue possible que par transmission (Tardieu 2012) : les enfants apprennent à marcher ! Sans éducation, sans transmission de cette technique du corps, la posture bipède n'est pas acquise. Les enfants sauvages par exemple, restent quadrupèdes (Tardieu, 2012). Les techniques de transmission orales, l'écriture, les bibliothèques, l'imprimerie puis les actuels supports digitaux participent à cette épiphylogenèse. Le scénario serait alors le suivant: la technique est devenu un avantage

9 En archéologie et anthropologie, un artéfact est, par extension de l'anglais artifact, un objet fabriqué par l'être humain.

10 « Les hypomnémata, au sens général, sont les objets engendrés par l'hypomnesis, c'est-à-dire par l'artificialisation et l'extériorisation technique de la mémoire. Les hypomnémata sont les supports artificiels de la mémoire sous toutes leurs formes : de l'os incisé préhistorique au lecteur MP3, en passant par l'écriture de la Bible, l'imprimerie, la photographie, etc. » (Ars Industrialis)

11 Bernard Stiegler distingue trois types de mémoires appelées « rétentions »: la rétention primaire (la conscience que l'on a de ce qui s'écoule), la rétention secondaire : ce sont les souvenirs qui influent sur les rétentions primaires, qui agissent comme un filtre et la rétention tertiaire (les supports de mémoire, les hypomnemata).

évolutif de l'espèce humaine. La technique est « la poursuite de la vie par d'autres moyens que la vie » (Stiegler, 1994) : les individus capables d'assimiler, d'utiliser et de transmettre les techniques ont plus de chance de survivre longtemps et ainsi d'avoir des descendants. Cette capacité mobilisant sans doute des capacités cérébrales spécifiques. Techniques et cerveau co-évoluent. Cette co-évolution s'accompagne du développement de la surface des circonvolutions néo-corticales. Ce phénomène s'est peut-être poursuivi jusqu'à ce que les hypomnemata jouent un rôle si important que les capacités corticales perdirent leur rôle essentiel: le coefficient d'encéphalisation cessa d'augmenter puis commença à décroître légèrement[12].

Mais quelles propriétés spécifiques du système nerveux central humain, particulièrement développées avec l'évolution de l'espèce, pourraient expliquer notre capacité à apprendre et transmettre les techniques? Un certain nombre de recherches assez récentes en Neurosciences permettent de proposer des hypothèses tout à fait sérieuses. La découverte des neurones miroirs tout d'abord (Di Pellegrino et al., 1992, Rizzolati et al., 1996). Ces neurones, qui sont actifs lorsqu'une personne exécute une action mais également lorsqu'une autre personne est perçue en train de réaliser la même action (spécifique) ont d'abord été présentés comme le support neurophysiologique des processus d'**imitation**. Or l'apprentissage par imitation est justement un rouage essentiel de la diffusion horizontale (aux contemporains) ou verticale (aux descendants) des savoir-faire. Mais il existe également des neurones miroirs plutôt sensitifs, réagissant à une stimulation sensorielle précise (une caresse par exemple) mais actifs également lorsque la même stimulation est appliquée à un autre individu. Ces neurones miroirs sont considérés comme pouvant être à l'origine de la possibilité d'**empathie** entre les individus (Gallese, 2001). Il existe même des neurones miroirs réagissant lorsque le sujet pense qu'une autre personne va être sur le point de réaliser une action spécifique. On trouve là une piste sérieuse pour comprendre à la fois comment nous pouvons **anticiper** les actions des congénères, mais aussi faire leur **théorie de l'esprit**. Finalement les capacités de ces populations de neurones pourraient constituer le support des interactions sociales complexes si importantes pour l'espèce humaine (Oberman et al., 2007). Certes, ces populations particulières et étonnantes de neurones existent chez le singe (puisque découvertes chez lui). Mais on peut penser qu'elles sont particulièrement efficientes chez l'homme.

Technique et adaptation

Le développement technique est un avantage adaptatif particulièrement puissant puisqu'il permet à l'homme de se protéger des prédateurs et des maladies, de produire des ressources et de

12 Cette décroissance du volume crânien chez Homo sapiens reste discutée, notamment en raison du faible échantillon analysé et d'une sur-représentation des individus de sexe masculin (Wolpoff 1996).

d'atténuer sa vulnérabilité face aux variations de son environnement naturel. L'invention du feu le protège du froid et de la prédation. L'invention de l'agriculture lui permet de se soustraire en partie aux aléas des ressources naturelles et ainsi de se sédentariser. Il s'abrite dans des structures complexes, isolées du froid et de la chaleur, échappant ainsi en partie aux variations saisonnières de température. Les hypomnemata furent au départ des mémoires externes *passives*, au sens où elles permettent de déposer, de se saisir ou de se ressaisir de connaissances ou de savoir-faire. Mais un nouveau pas a été franchi lorsque la technique a permis de les rendre *actives* : c'est-à-dire capables de produire un résultat ou d'agir sur l'environnement à la place de l'humain. En effet, avec la naissance de l'automatique et de l'informatique, ce qui est stocké dans la mémoire externe est un savoir-faire opérationnel, c'est-à-dire codé et mis en œuvre par une machine dédiée. Le logiciel, le programme permet à l'ordinateur d'appliquer un savoir-faire calculatoire à la place du programmeur. Les automates et les robots vont plus loin puisqu'ils produisent, par le mouvement, des modifications de l'environnement ou de l'automate lui-même. L'Homme peut ainsi démultiplier son pouvoir d'agir et de produire.

Ainsi, une myriade d'outils de production permettent à l'espèce humaine d'être alimentée par un flot continu de nourriture et d'énergie. Et cette intense activité humaine influe à tel point sur l'écosystème et les ressources planétaires que l'humanité doit se préoccuper, pour une question de survie, de la maîtrise de l'influence de cette activité. En d'autres termes, l'Homme est face à un nouveau défi : la prise de « contrôle » de la planète, de ses ressources, de son climat. C'est pourquoi dès 1922, le géologue russe Aleksei Pavlov propose de décrire l'époque actuelle comme celle de l' « anthropocène[13] ». Ce concept sera repris et popularisé ensuite par le journaliste Andrew Revkin (Revkin, 1992) puis par le chimiste de l'atmosphère Paul J. Crutzen (voir Steffen et al., 2011). L'espèce humaine va donc sans doute se retrouver dans une situation de clôture inédite : elle devient une espèce animale évoluant dans un environnement qu'elle doit contrôler. Il s'agit là d'un problème cybernétique très complexe, que nous ne sommes pas du tout certains de pouvoir résoudre.

Cette épopée n'a pu se dérouler que grâce à l'apparition d'un noyau de compétences impliquant sens et motricité, dont les mécanismes sont hérités des générations précédentes d'hominidés, mais qui s'est trouvé potentialisé par ce que l'on pourrait appeler un « accident » phylogénétique. Ce noyau est composé de la dextérité et du langage. La dextérité rend possible l'outil et le langage sa transmission. Notons cependant que la complexité du langage humain est rendue possible par

13 L'Anthropocène est un terme de chronologie géologique proposé pour caractériser l'époque de l'histoire de la Terre qui a débuté lorsque les activités humaines ont eu un impact global significatif sur l'écosystème terrestre. L'Anthropocène serait la période durant laquelle l'influence de l'être humain sur la biosphère a atteint un tel niveau qu'elle est devenue une « force géologique » majeure capable de marquer la lithosphère.

une forme particulière de « dextérité » : la capacité à coordonner finement les muscles phonatoires pour produire une incroyable variété de sons. Peut-être peut-on suggérer que ce noyau se résume à une compétence particulière : *la capacité à apprendre à contrôler et à coordonner précisément et finement les contractions de certains muscles du corps*. Les capacités adaptatives motrices (et sensorielles bien sûr) sont donc au cœur du moteur de l'évolution de l'espèce humaine. Ce noyau de compétences primaires est accompagné deux autres capacités essentielles: la capacité d'imiter ou anticiper les actions d'un autre congénère (voir précédemment), et celle de pouvoir intégrer l'outil saisi au corps sensible, au corps agissant (Maravita et Iriki, 2004, Iriki 1996).

Corps capacitaire, transparence et dé-transparence de l'outil

Le corps capacitaire est donc la plupart du temps au-delà des limites du corps biologique. Ses limites subjectives, ressenties, peuvent être définies grâce au phénomène dit de la « transparence de l'outil ». Ce phénomène subjectif est lié à l' « incorporation » de l'outil au corps ressenti. Le charpentier perçoit le clou qu'il veut enfoncer *à travers* la surface de la tête du marteau. L'écrivain perçoit la texture de la feuille de papier *à travers* les mouvements de la pointe de la plume ou de la bille du stylo qui glisse sur cette feuille. Le conducteur d'une automobile perçoit les défauts du revêtement routier *à travers* les rouages mécaniques des roulements, des suspensions, de la direction du véhicule. Notre système nerveux central est capable de déporter le lieu ressenti de la perception au-delà du corps animal : là où l'outil interagit avec l'environnement (au « point de travail »[14], Roby-Brami et al. 2005). Durant l'activité concernée, dès lors que l'outil est intégré et efficacement utilisé, alors sa présence n'apparaît plus à la conscience. Son utilisation automatisée permet de se concentrer sur l'achèvement de la tâche en cours. *Transparent* à la conscience, Il fait partie intégrante du corps capacitaire. En robotique de téléopération, la qualité de la perception de l'environnement par le téléopérateur *à travers* le robot qu'il contrôle à distance est cruciale pour la réussite des tâches. La notion de transparence y est définie comme « une correspondance entre l'impédance de l'environnement et celle perçue par l'opérateur » (Lawrence 1993). Cette transparence se maintient tant que l'outil reste efficace, tant que les conséquences de son utilisation restent les conséquences attendues. Mais dès qu'un dysfonctionnement intervient, dès que l'inattendu, l'imprévu fait son apparition, c'est la *dé-transparence* instantanée: l'outil revient brutalement dans le champ de la conscience, il refait surface subitement dans notre champ attentionnel. Le moment de la dé-transparence est le moment où l'outil, déposé, ne fait plus partie du corps capacitaire.

La découverte de neurones corticaux bi-modaux, capables d'étendre leur champ récepteur visuel ou tactile en y intégrant l'outil manipulé, a ouvert des perspectives expérimentales concernant les mécanismes neurophysiologiques à l'origine de notre capacité à étendre les limites sensibles

14 Le « point de travail » est le lieu de l'interaction (mouvements, forces) entre la personne (munie de l'outil) et l'environnement.

de notre corps naturel (Iriki, 1996). D'autre part, le cervelet semble jouer un rôle essentiel dans l'intégration des propriétés de l'outil aux connaissances sensori-motrices opératoires stockées dans la mémoire procédurale. Des travaux expérimentaux menés grâce à l'imagerie cérébrale (fMRI) montrent des zones du cervelet spécifiquement actives lorsqu'un participant se sert d'un outil particulier mais aussi lorsque le participant s'*imagine* en train de se servir du même outil (Higuchi et al., 2007).

D'autres travaux montrent d'ailleurs qu'il existe un lien significatif chez l'adulte entre l'épaisseur corticale des zones associatives préfrontales et temporales et la mesure de l'intelligence (Narr et al. 2007). Or ce sont justement dans ces régions ou à proximité que l'on trouve les neurones miroirs et les neurones bimodaux. Quand au volume du cervelet, il semble significativement corrélé à des mesures simples de l'habileté motrice et à certaines capacités cognitives (Paradiso et al. 1997). Ainsi, au-delà du volume cérébral global, c'est donc le développement particulier de certaines régions du système nerveux central qui semble expliquer les capacités spécifiques de l'espèce humaine à apprendre et transmettre sa technicité. L'étude des propriétés et de la plasticité du cerveau actuel d'Homo sapiens permet ainsi aux neurosciences de participer à une meilleur compréhension de l'évolution de l'espèce humaine (en particulier de l'origine du « big leap »).

Mais alors, comment définir ce qu'est le corps capacitaire de l'Homme ? Comment définir le corps qui peut faire, le corps-outil, le corps capable ? Il faut se rendre à l'évidence : le corps capacitaire est continuellement changeant, instable et polymorphe. Le corps capacitaire n'est pas le corps animal: il s'adapte continuellement à l'activité en jeu, aux objectifs du moment. Il est capable de modifier ses capacités d'action ou de perception d'instant en instant, se saisissant de nouveaux outils, en déposant d'autres au fur et à mesure que se présentent les demandes de l'activité en cours. Le corps animal d'Homo sapiens n'est qu'un point de départ, le substrat des compétences qu'il peut déployer.

Références

Berge Christine. L'évolution de la hanche et du pelvis des Hominidés : bipédie, parturition, croissance, allométrie, Cahiers de Paléoanthropologie, CNRS Ed. (1993).

Bolk L. Le problème de la genèse humaine (Das Problem der Menschwerdung, 1926), trad. F. Gantheret et G. Lapassade, in Revue française de Psychanalyse, mars-avril 1961, pp. 243–279 (1961).

Cairó, O. External Measures of Cognition. Frontiers in Human Neuroscience, 5, 108 (2011).

De Winter W. and Oxnard C.E. Evolutionary radiations and convergences in the structural organization of mammalian brains. Nature, 409(8), 710:714 (2001).

Di Pellegrino G., Fadiga, L., Fogassi L., Gallese, V. and Rizzolatti, G. Understanding motor events: a neurophysiological study. Experimental Brain Research. 91: 176–180 (1992).

Dubois, E. Sur le rapport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les Mammiferes. Bull. Soc. Anthropol. Paris 8:337- 376 (1897)

Durand, Marc. L'enfant et le sport. Collection Quadrige, Sociologie et Sciences de l'éducation. Presses Universitaires de France, Paris (1987)

Franklin, R.J.M. And Bussey, T.J. . Do Your Glial Cells Make You Clever? Bussey and colleagues. Cell Stem Cell 12(3) :265–266 (2013)

Foucault, M. « L'écriture de soi », dans Dits et écrits, t2, p. 1237 (1983)

Gallese, V. The 'shared manifold' hypothesis. From mirror neurons to empathyJournal of Consciousness Studies, Volume 8, Numbers 5-7, 33:50(18) (2001)

Han, X., Chen, M., Wang, F., Windrem, M., Wang, S., Shanz, S., ... Nedergaard, M. (2013). Forebrain Engraftment by Human Glial Progenitor Cells Enhances Synaptic Plasticity and Learning in Adult Mice. *Cell Stem Cell*, *12*(3), 342–353.

Harmand, S., Lewis, J. E., Feibel, C. S., Lepre, C. J., Prat, S., Lenoble, A., ... Roche, H. 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. Nature, 521(7552), 310–315 (2015)

Herculano-Houzel, S., Avelino-de-Souza, K., Neves, K., Porfírio, J., Messeder, D., Mattos Feijó, L., ... Manger, P.R.. The elephant brain in numbers. Frontiers in Neuroanatomy, 8, 46. (2014).

Higuchi S., Imamizu H. and Kawato M. Cerebellar activity evoked by common tool-use execution and imagery tasks: an fMRI study. Cortex 43(3):350-8 (2007).

Holliday M. Metabolic rate and organ size during growth from infancy to maturity and during late gestation and early infancy. Pediatrics 47:169–72 (1971).

Iriki, A., Tanaka M. and Iwamura Y. Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones. Neuroreport 7, 2325 – 2330 (1996).

Iriki A. The neural origins and implications of imitation, mirror neurons and tool use. Special Issue Motor Systems, Neurobiology of Behaviour. Current Opinion in Neurobiology 16(6) :660–667 (2006).

Jerison H.J. Evolution of the Brain and Intelligence. Academic Press, New York, xiv, 482 pp (1973).

Jerison H.J. Animal intelligence as encephalization. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 308 :21:35 (1985).

Lawrence, D. A. Stability and transparency in bilateral teleoperation.IEEE Transactions on Robotics and Automation 9, 5, 624–637 (1993)

Leroi-Gourhan, A. Le geste et la parole, technique et langage. Tome I , Albin Michel, coll. « Sciences_d'aujourd'hui », Paris (1964).

Leroi-Gourhan, A. Le geste et la parole, la mémoire et les rythmes. Tome II, Albin Michel, coll. « Sciences_d'aujourd'hui », Paris (1965).

Leroi-Gourhan, A. Les racines du monde. Entretiens, Belfond, Paris(1982).

Levivier Marc. L'hypothèse d'un Homme néoténique comme « grand récit » sous-jacent. Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle 44(3):77-93 (2011).

Lockman J.J. A Perception–Action Perspective on Tool Use Development. Child Development, 71:137–144 (2000).

Maravita A. and Iriki A. Tools for the body (schema). Trends in Cognitive Sciences 8(2):79-86 (2004).

Mauss, M. Les techniques du corps. Journal de Psychologie, 271-293 (1935).

McDaniel M.A. Big-brained people are smarter: a meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume

and intelligence, Intelligence 33:337-346 (2005).

Mortensen HS, et al.. Quantitative relationships in delphinid neocortex. Front Neuroanat 8: 132 (2014).

Narr K.L., Woods R.P., Thompson P.M., Szeszko P., Robinson D., Dimtcheva T., Gurbani M., Toga A.W., Bilder R.M. Relationships between IQ and Regional Cortical Gray Matter Thickness in Healthy Adults. Cereb Cortex 17(9):2163-2171 (2007).

Oberman L.M., Pineda J.A., and RamachandranV.S.. The human mirror neuron system: A link between action observation and social skills. Social Cognitive & Affective Neurosci 2 (1): 62-66 first published online September 18, 2006 doi:10.1093/scan/nsl022 (2007).

Paradiso S., Andreasen N.C., O'Leary D.S., Arndt S., Robinson R.G. Cerebellar Size and Cognition: Correlations with IQ, Verbal Memory and Motor Dexterity. Neuropsychiatry, Neuropsychology, & Behavioral Neurology 10(1):1-8 (1997)

Piaget, Jean. La naissance de l'intelligence chez l'Enfant. Delachaux et Niestlé. (1936).

Piaget, Jean et Bärbel Inhelder. La psychologie de l'enfant (1966).

Ramachandran, V. S. Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution (2000).

Revkin A. Global Warming : Understanding the Forecast. American Museum of Natural History, Environmental Defense Fund, New York, Abbeville Press, 180 p (1992).

Richmond B.G. and Détroit D.S. Evidence that humans evolved from a knuckle-walking ancestor. Nature vol. 404, no 6776, p. 382-385 (2000).

Rizzolatti G., Fadiga L., Gallese V.; Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cognitive Brain Research. 3 (2): 131–141 (1996).

Roby-Brami A., Jacobs S., Hoffmann G., Laffont I., & Hanneton S.. Point de travail et synergies: apport des théories du contrôle moteur pour la suppléance perceptive. Arob@se suppléances perceptives et interfaces, 1, 75-84 (2005).

Rousseau, Jean-Jacques. Emile ou de l'éducation, II (1762).

Steffen W., Crutzen P., Grinevald J., McNeill J. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. Philosophical transactions of the royal society, no 349, p. 862-867 (2011).

Stiegler, B. La Technique et le temps, tome 1 : La Faute d'Épiméthée (1994).

Stiegler, B. La Technique et le temps, tome 2 : La Désorientation (1996) .

Tardieu C.. Comment nous sommes devenus bipèdes. Le mythe des enfants loups. Odile Jacob (2012).

Wolpoff M.H. Human Evolution. College Custom Series, McGraw-Hill, New York. (1996-1997).