

Est-ce que mieux comprendre comment fonctionne notre « corps-cerveau » peut aider à améliorer le monde ?

[Présentation donnée par Bruno Dubuc au Festival Virage, fin juin 2018]

Et d'abord, pourquoi l'améliorer, ce monde ? Parce qu'il fait dur. Si on me demandait de



choisir une seule image qui reflète pour moi le mieux le monde dans lequel nous vivons, ce serait probablement celle-ci-dessous : un 1% protégé par la police d'une population qui de toute façon est conditionnée par les médias à croire que la démocratie c'est aller faire un X aux 4 ans, et qui est entretemps divertie pour oublier que l'armée de leur pays pille en leur nom les ressources naturelles des pays du tiers monde... Comme vous, j'ai essayé au fil des ans de faire ma petite part pour tenter de l'améliorer, dans mon cas en coordonnant un journal politique satirique qui s'appelait *Le Couac*, en faisant des films et maintenant en faisant de l'éducation populaire dans les bars en buvant de la bière (sans doute pour oublier un peu tout ça...) avec [l'UPop Montréal](#).

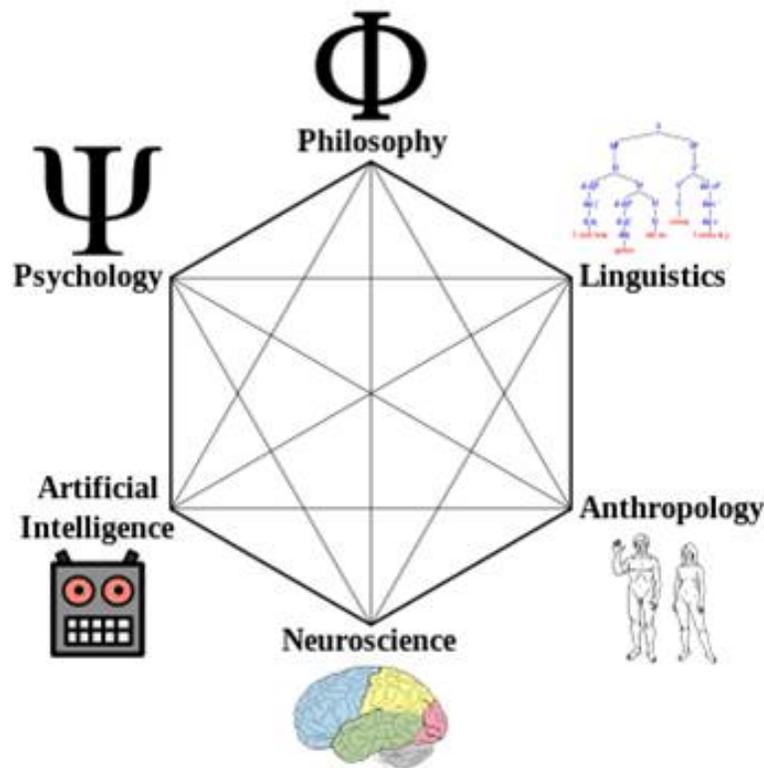
Mais les hasards de la vie ont fait que j'ai une autre corde à mon arc, un autre outil dans la boîte à outil comme on dit, qui me vient de mon métier de vulgarisateur scientifique. J'ai en effet étudié en neurobiologie et ça m'a amené en 2002 à créer le site web [Le cerveau à tous les niveaux](#).

Sa particularité est d'avoir 3 niveaux de difficultés pour tous

les sujets abordés, et de les aborder en plus en 5 niveaux d'organisation, du moléculaire au social ! Cette notion de niveaux d'organisation va d'ailleurs être au cœur de cette présentation.

Depuis 2010, j'y écris aussi un [billet de blogue hebdomadaire](#) qui essaie de suivre le vaste domaine de ce qu'on appelle aujourd'hui les sciences cognitives.

Les sciences cognitives sont nées il y a près d'un demi-siècle quand différentes disciplines qui s'intéressaient à différents aspects du comportement et de la pensée humaine se sont aperçues qu'elles gagneraient à essayer de se parler et de mettre en commun leurs connaissances variées sur ce même sujet extrêmement complexe.



Comme souvent quand on fait l'effort d'essayer de se parler, c'est long, mais on finit par un peu mieux se comprendre. Et de fait, les sciences cognitives contemporaines ont accouché de nouvelles approches qui bousculent les conceptions qu'on avait jusqu'alors de l'être humain. Et c'est d'une de ces nouvelles conceptions, où cerveau, corps et environnement sont extrêmement liés de façon dynamique, dont j'aimerais vous parler aujourd'hui. Parce je pense que ce nouveau rapport à nous-même peut être bénéfique pour l'avenir de notre espèce et de notre planète.

Le point de vue que j'adopte ici n'est donc pas celui étroit d'une certaine neuroscience encore malheureusement pas mal réductionniste et centrée uniquement sur le cerveau. Je n'essaierai pas non plus de vous présenter l'ensemble des approches dans les sciences cognitives contemporaines.

Je vais me concentrer sur celle qui m'interpelle le plus et qu'on appelle souvent en anglais les « 4E » pour « Embodied, Embedded, Extended, Enacted », qu'on pourrait traduire par une cognition incarnée, située dans un environnement, étendue à cet

environnement et énoncée, i.e. toujours en train de se faire. Et j'ajouterais à cela le grand cadre théorique du « predictive processing », ou du cerveau prédictif, qui lui aussi vient bousculer bien des choses depuis 5-10 ans.

Et cette nouvelle conception de ce que j'aime appeler le « cerveau-corps-environnement » pour rappeler à quel point ils sont liés, elle tente de se démarquer d'un lourd héritage qu'on qualifie souvent de « cartésien » en faisant référence à René Descartes qui distinguait la *res extensa* de la *res cogitans*, i.e. le corps et l'esprit, comme deux choses différentes dans sa vision du monde dualiste.

Or le dualisme cartésien a quelque chose « du gros bon sens », pourrait-on dire, qui résonne avec l'expérience du monde de tout un chacun : l'impression d'avoir une vie intérieure, une vie de l'esprit et le fait d'avoir un corps physique qui évolue dans un monde physique. C'est la grande distinction entre le subjectif et l'objectif, entre le phénoménologique et le physiologique, bref entre la première personne (le « je ») et la troisième personne (le « il »).

D'ailleurs certaines disciplines des sciences cognitives se concentrent sur la première personne (ex. : la philo) et d'autres sur la troisième (ex. : les neurosciences). Et la grande difficulté est d'essayer de créer des ponts entre les deux. C'est pour ça que le dualisme est tenace et qu'il s'est immiscé partout.

Ainsi, l'immense majorité des religions qui sont bien sûr dualistes. Bien des cosmologies philosophiques de prime abord peut-être plus sympathiques le sont aussi. Et je prendrai seulement l'exemple de celle des Premières Nations qui conçoivent la santé et le bien être au moyen des 4 quadrants de la « roue médicinale » qui sont le mental, le physique, l'émotionnel et le spirituel. On a beau dire que les 4 sont importants, on les considère néanmoins comme des réalités différentes.

Du côté des sciences dites « sociales », on ne semble pas non plus s'être défait de ce dualisme par défaut. Les liens avec la psychologie des acteurs sociaux se limitent à des phénomènes généraux de psychologie sociale (conformisme, soumission à l'autorité, etc.) qui sont fort intéressants en soi, mais qu'on considère bien souvent comme des attributs de « l'esprit humain » sans chercher davantage à comprendre d'où ils viennent et comment ils s'incarnent dans un corps.

Et même la belle heuristique qui sert à structurer le programme du festival Virage, c'est-à-dire la tête (pour la théorie), les mains (pour la pratique) et le cœur (pour les émotions, les autres et la nature) demeure aussi teinté des catégories classiques de toutes façon admises et comprises par la majorité, quoi qu'ayant ici un côté intégré et incarné qui se rapproche de ce que je voudrais présenter et défendre aujourd'hui qui est quelque chose d'encore plus intégré et incarné.

Quelque chose qui n'est pas sans conséquences sur la façon dont on considère qui nous sommes, ce qui nous motive, comment on prend nos décisions et pourquoi elles ne sont pas toujours aussi rationnelles qu'on pourrait le croire ou l'espérer.

Bon. Qu'en est-il exactement ?

Dans le peu de temps à notre disposition pour explorer ces questions extrêmement riches et complexes, j'ai retenu quelques phénomènes ou concepts clés que j'aimerais vous présenter rapidement en les enchaînant car ils sont tous reliés.

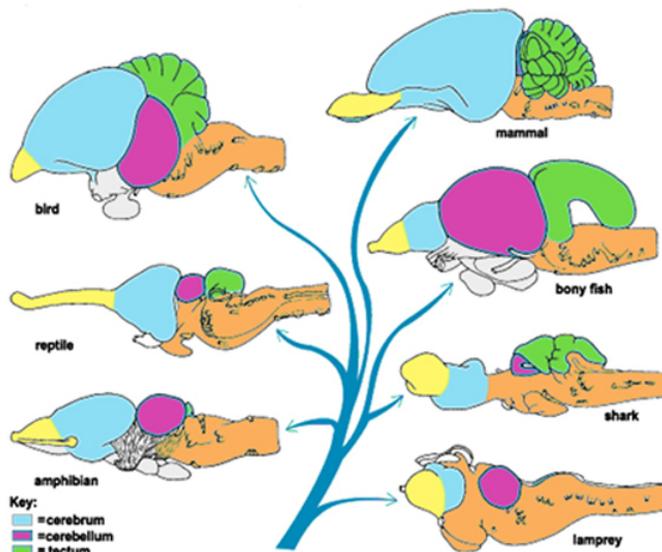
Il s'agit de la perspective évolutive, de la boucle sensori-motrice, des niveaux d'organisation, des processus émergents, de la cognition incarnée (ou le « cerveau-corps ») et des affordances (ou le « cerveau-corps-environnement »). Finalement, à la lumière de tout ça, on pourra revisiter un peu la question du langage en lien avec son rôle social pour notre espèce.

La perspective évolutive

Notre cerveau a une longue histoire qui est très difficile à se représenter. Vouloir comprendre notre cerveau actuel, c'est comme vouloir comprendre le cockpit d'un 747... On est bien mieux de se tourner vers un petit Cessna à pédales, ou même du premier avion des frères Wright !

Pour vous donner une idée, on peut ramener l'origine des premiers vertébrés (des poissons primitifs) à une autre échelle plus compréhensible pour nous. Ils seraient alors apparus il y a un peu plus de 5 jours. Les premiers primates il y a près de 21h, notre genre Homo il y a environ 41 minutes 40 secondes, notre espèce Homo sapiens il y a environ 3 minutes et 20 secondes,

Et comme cette nouvelle échelle est qu'un millénaire équivaut à une seconde, ce qu'on appelle l'Histoire qui débute avec les traces écrites de nos cultures humaines ne durerait que 5-6 secondes... sur nos 5 jours !



Or ce qu'il faut comprendre, c'est que l'organisation générale du cerveau de tous les vertébrés est la même ! C'est le développement différentiel de 5 grands renflements au bout du tube neural qui va déterminer si l'on s'en va plus vers

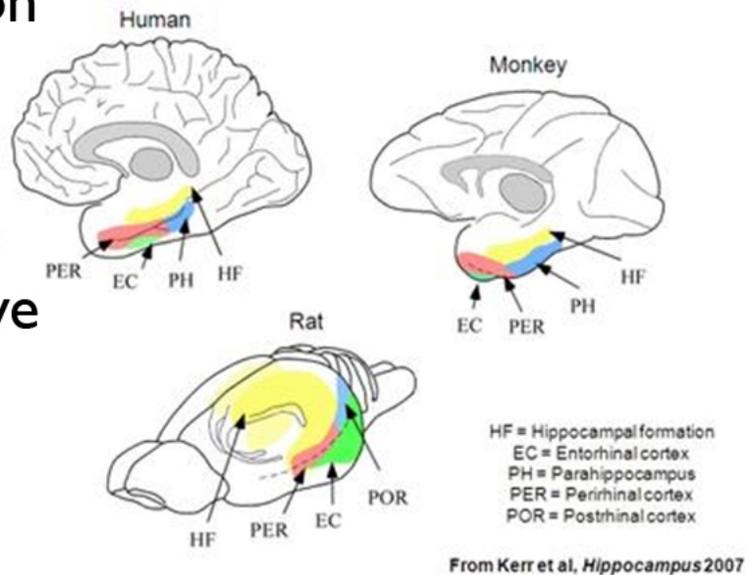
un amphibien, un reptile, un oiseau ou un mammifère.

D'où une première notion importante : l'évolution est conservatrice... et bricoleuse ! Elle construit toujours à partir de où elle est rendu au fur et à mesure que l'environnement change et que les pressions sélectives se transforment. Par conséquent, il y va y avoir dans le cerveau humain énormément de recyclage d'anciennes structures ayant été sélectionnées pour des environnements d'il y a des millions d'années avec lesquelles nous sommes pris aujourd'hui pour transiger avec un environnement extrêmement différent. Ainsi, sur notre échelle comparative où un millénaire équivaut toujours à une seconde, les 3 derniers siècles de la révolution industrielle ne représentent que 0,3 secondes. Et l'avènement des réseaux sociaux sur Internet ? Un centième de seconde ! Et après ça on se demande pourquoi cette vieille machine ayant évolué dans le calme des savanes se trouve surexcitée quand elle reçoit un « Like » ou un texto à toutes les dix secondes...

Sans parler de la dépendance que l'on développe face à ce flot ininterrompu de récompenses instantanées. Car depuis des dizaines de millions d'années, un comportement qui procure une récompense porte l'organisme qui vient de le faire à répéter ce comportement. Les psychologues appellent ça du conditionnement opérant et c'est donc un mécanisme très ancien phylogénétiquement. Et en général, plus un mécanisme est ancien, plus il est puissant !

Mais pour en revenir au recyclage neuronal, un exemple parmi tant d'autres serait l'hippocampe, cette vieille région du cortex des mammifères qui sert par exemple au rat à la mémorisation spatiale (i.e. à retrouver son chemin) et qui, chez l'humain, sert toujours à la mémorisation spatiale mais également à la mémoire déclarative, celle des choses qu'on peut dire avec le langage. Nos capacités langagières ont donc recyclé certaines capacités computationnelles de l'hippocampe à ses propres fins.

Navigation spatiale + Mémoire déclarative



Navigation spatiale

Maintenant je sens que je ne suis peut-être pas remonté assez loin et que j'ai peut-être déjà manqué des choses importantes en chemin. Donc pour être sûr de rien manquer, on va retourner au Big Bang, il y a environ 13,8 milliards d'années (avant ça, on ne sait rien...) ! Car il ne faut pas oublier qu'on est le fruit d'une triple évolution : cosmique (où nos atomes ont été formés dans les étoiles), chimique (où ces atomes se sont combinés en molécules au début de la formation de notre planète) et biologique (où ces molécules de plus en plus complexe ont formé des réseaux capables de s'auto-entretenir à l'intérieur d'une membrane, i.e. des cellules vivantes).

Or ce niveau d'organisation cellulaire déjà extrêmement complexe que l'on retrouve chez la moindre bactérie vivante va à l'encontre du 2^e principe de la thermodynamique qui veut que les formes d'énergie se dégradent, i.e. que l'entropie ou le désordre va toujours croître dans un système isolé comme l'univers. Les êtres vivants parviennent donc à s'organiser de façon temporaire parce qu'ils vont dissiper globalement beaucoup d'énergie. Car pour se maintenir organisés ils doivent constamment se réparer et se construire à partir de sources d'énergie extérieure à eux-mêmes qu'ils vont dissiper et dégrader sous forme de déchets qu'ils rejettent dans l'environnement.

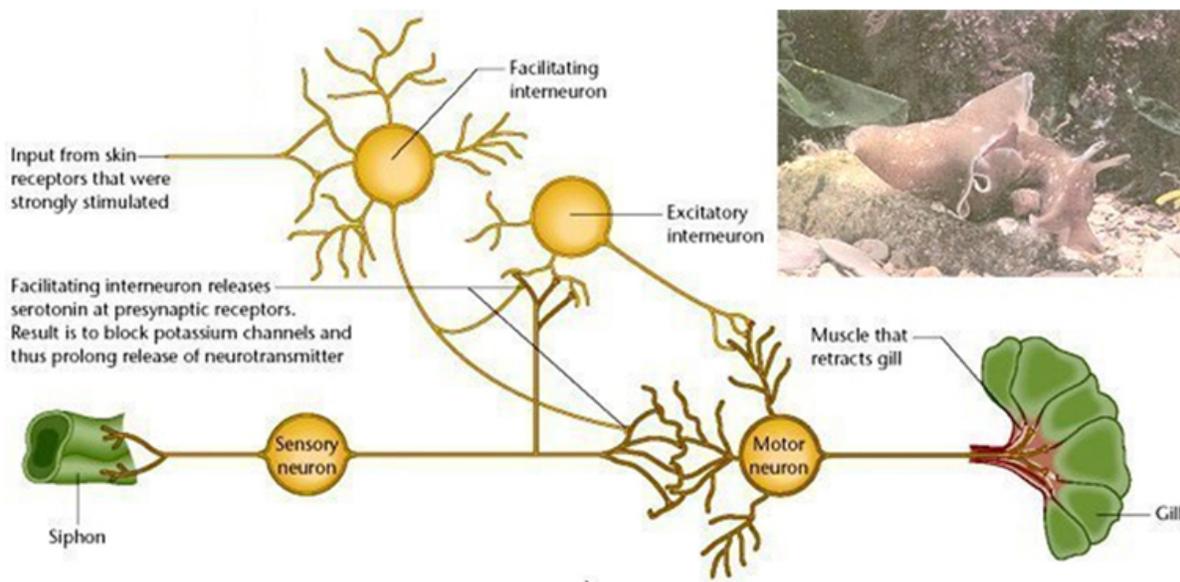
« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est d'être, c'est-à-dire de maintenir sa structure. », écrivait Henri Laborit. Or les deux grands règnes principaux du vivant, les plantes et les animaux, vont faire ça de deux façons bien différentes.

Les plantes, grâce à la molécule de chlorophylle, peuvent faire de la photosynthèse, c'est-à-dire utiliser directement les photons solaires comme source d'énergie. Et avec un peu de gaz carbonique, d'eau et d'autres éléments minéraux pris dans le sol, fabriquer et réparer elles-mêmes ses propres molécules sans avoir à se déplacer grâce à l'énergie du soleil.

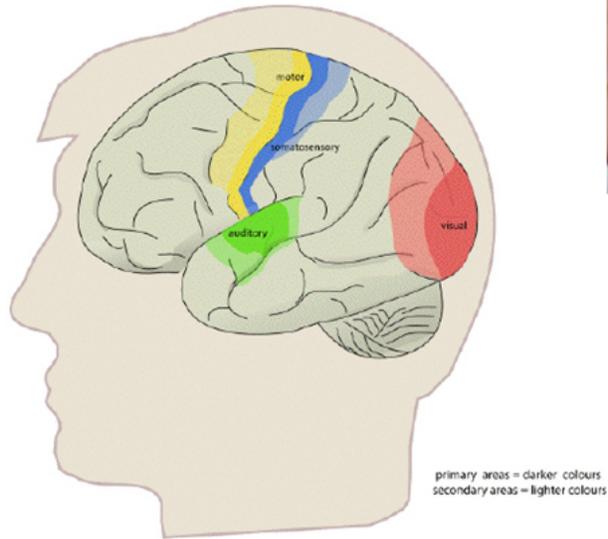
Les animaux, eux, n'ont pas cette molécule de chlorophylle et ont donc dû développer une autonomie motrice pour trouver leurs ressources dans l'environnement. Et c'est cette nécessité de percevoir son environnement d'abord, puis de s'y déplacer pour aller y chercher ses ressources qui est à l'origine de la boucle sensori-motrice à partir de laquelle tous les systèmes nerveux des animaux vont évoluer.

Boucle sensori-motrice

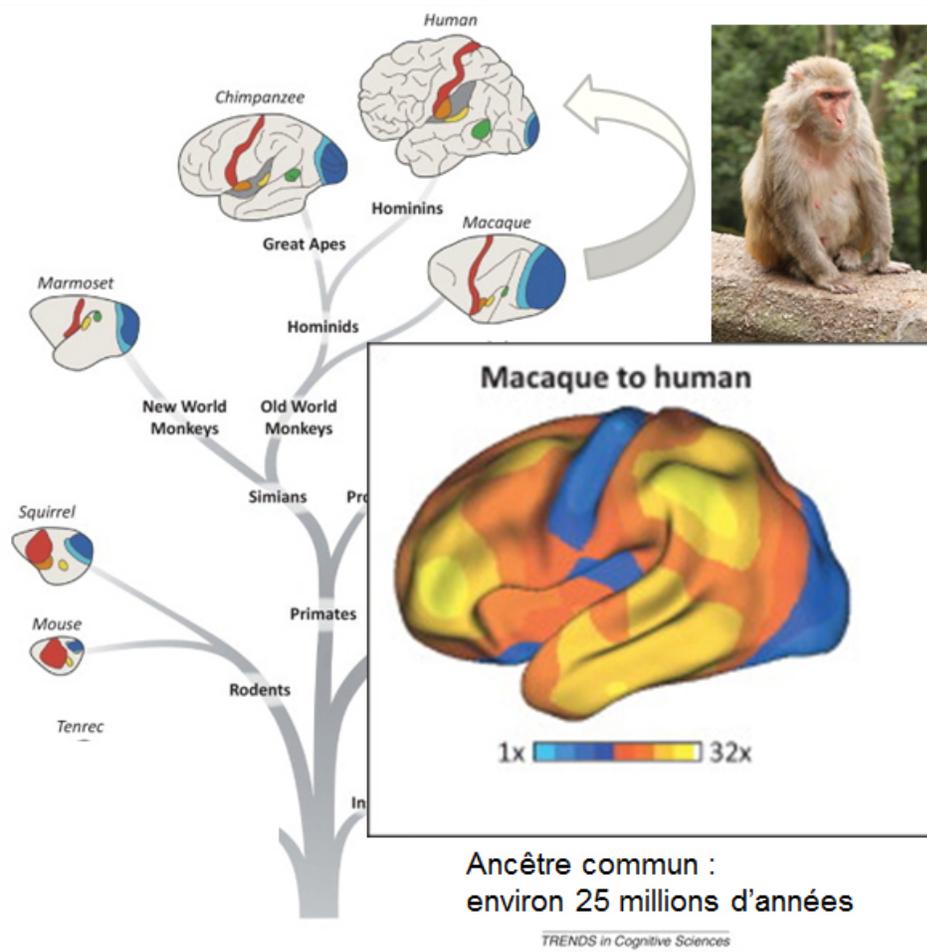
Déjà chez un mollusque marin comme l'Aplysie on peut observer cette boucle sensori-motrice. Mais on voit aussi apparaître des « interneurons » qui ne sont ni sensoriels ni moteurs et qui vont commencer à venir moduler l'efficacité de ce réflexe sensori-moteur.



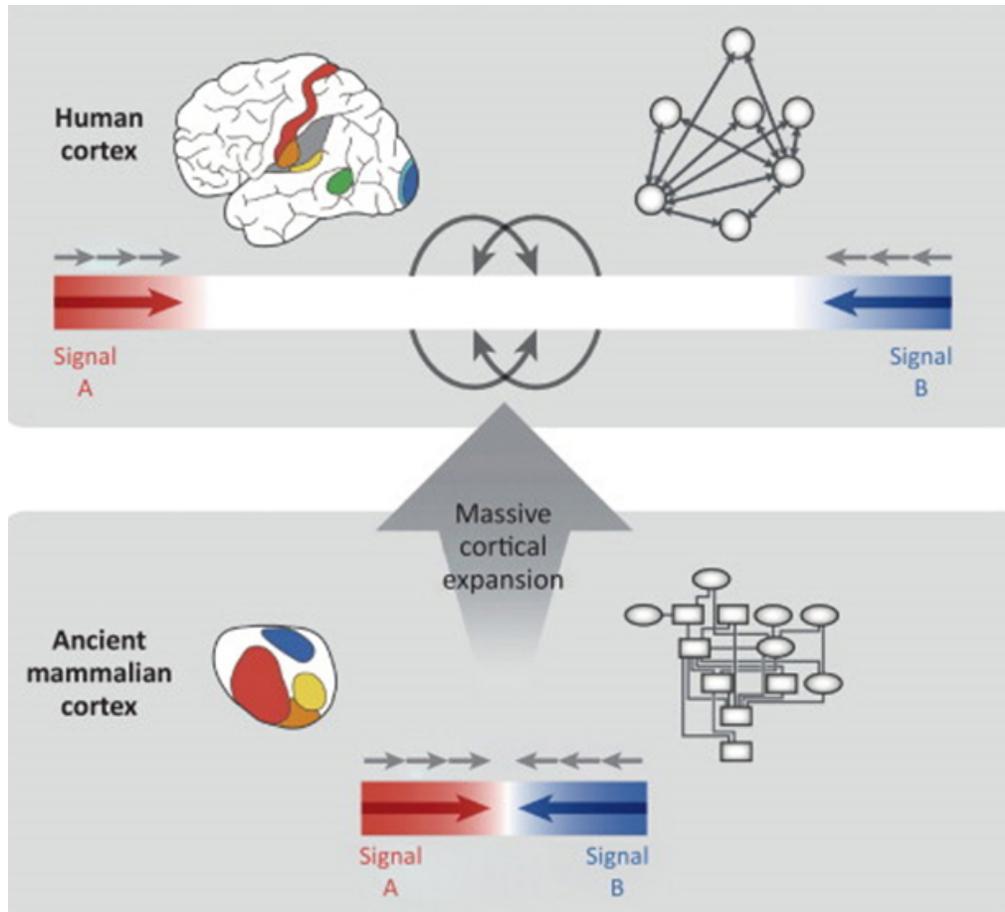
Pendant des centaines de millions d'années, c'est cette boucle-sensorimotrice qui va se complexifier... ..et l'une des variantes sera nous ! Le cerveau humain est en effet encore construit sur cette boucle perception – action, mais la plus grande partie du cortex humain va essentiellement moduler cette boucle, comme les inter-neurons de l'aplysie.



Or durant l'évolution des mammifères, on assiste à une forte expansion du cortex cérébral. Et ce ne sont pas les régions sensorielles ou motrices qui vont prendre le plus d'expansion, mais essentiellement les régions dites associatives de ce cortex, i.e. celles qui contiennent le plus d'interneurones (les régions en gris sur le schéma ci-dessus).



Cela veut dire que nous, les humains, avec notre cerveau 3 fois plus gros que notre plus proche cousin le chimpanzé et notre cortex qui représente environ 80% du poids de ce cerveau, on va être capable de se distancer des contingences sensori-motrice du moment et faire ce qu'on appelle beaucoup de « offline », i.e. d'avoir une pensée abstraite.

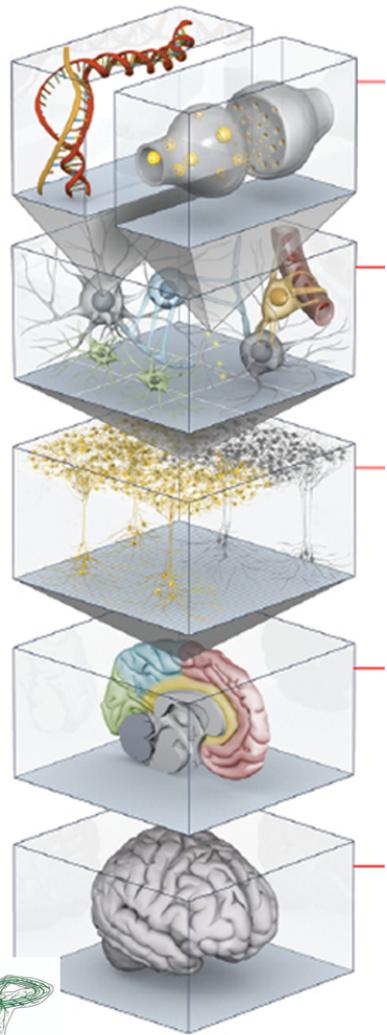


En fait l'enfant humain, comme les premiers mammifère, est beaucoup en « on line », i.e. dans le présent en interaction directe avec son environnement. Et c'est en se développant durant l'enfance et l'adolescence qu'il va être capable de d'abord de parler, et ensuite de faire de plus en plus de « offline », de faire des simulations, d'imaginer des scénarios qui n'existent pas ou pas encore dans la réalité, d'inférer les états d'esprits d'autrui pour mieux les manipuler par le langage, etc. Et donc c'est à partir de là que ses problèmes vont commencer...

Mais avant d'arriver au langage qui est un processus émergent de très haut niveau, il faut justement prendre conscience de tous les niveaux d'organisation qui lui sont sous-jacent et qui vont le rendre possible.

Niveaux d'organisation et processus émergents

L'idée ici, c'est que chaque niveau d'organisation va voir émerger des processus ou des propriétés qui lui sont propres. Ce n'est pas comme les fameuses poupées russes qui sont emboîtées les unes dans les autres, car si l'on enlève les plus petites poupées qui sont à l'intérieur d'une poupée, cette dernière se trouve inchangée. Au contraire, tous les niveaux d'organisation à un niveau donné dans un système vivant sont nécessaires au bon fonctionnement de ce niveau donné.



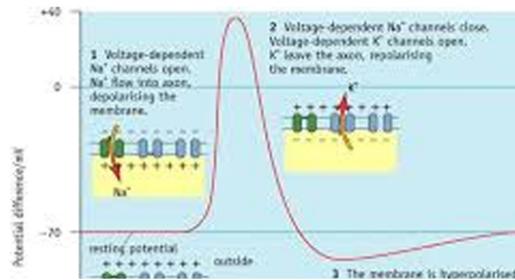
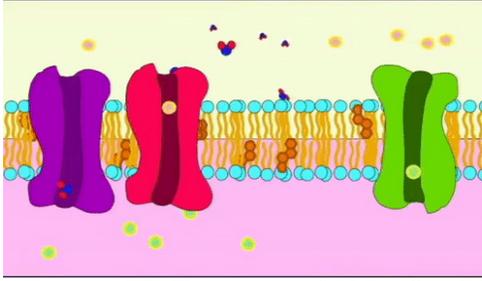
Repartons au niveau du passage des atomes aux molécules. Si l'on fait réagir par exemple du Na (un métal inflammable) avec du Cl (un gaz toxique) on obtient du NaCl (du sel de table parfaitement comestible). C'est cette nouvelle propriété qui va être qualifiée d'émergente, i.e. qu'elle est plus que la somme de ses parties.

Ensuite on peut identifier un autre niveau d'organisation avec le repliement sur elles-mêmes de longues chaînes de molécules, comme la succession d'acides aminés qui forment nos protéines. Le jeu des charges électriques qui s'attirent et se repoussent sur cette chaîne va générer un repliement particulier et unique pour cette succession de 10, 100 ou 1000 acides aminés. Et la forme globulaire précise qui en résultera déterminera ce que cette protéine sera capable de faire, i.e. sa fonction physiologique dans

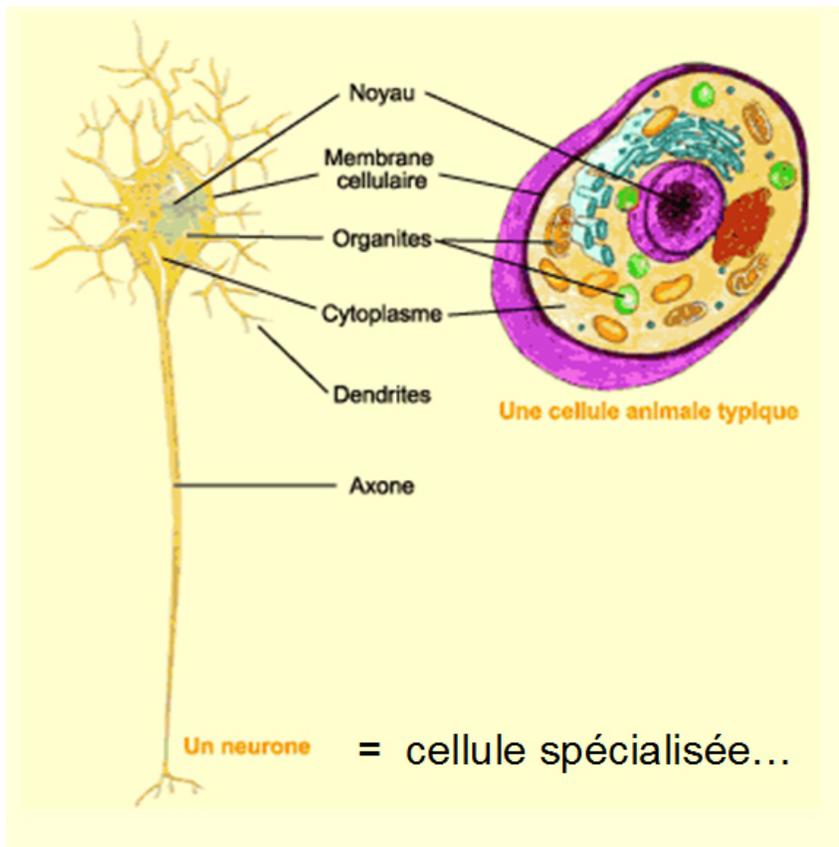


une cellule (l'enzyme qui coupe ou assemble d'autres molécules, le canal transmembranaire qui laissera passer tel ou tel ion, le récepteur membranaire qui fixera tel ou tel neurotransmetteur, etc.).

Au niveau cellulaire maintenant, à partir des premiers multicellulaires, on va assister à un phénomène de spécialisation cellulaire où là aussi on pourra voir de nouvelles propriétés émerger.



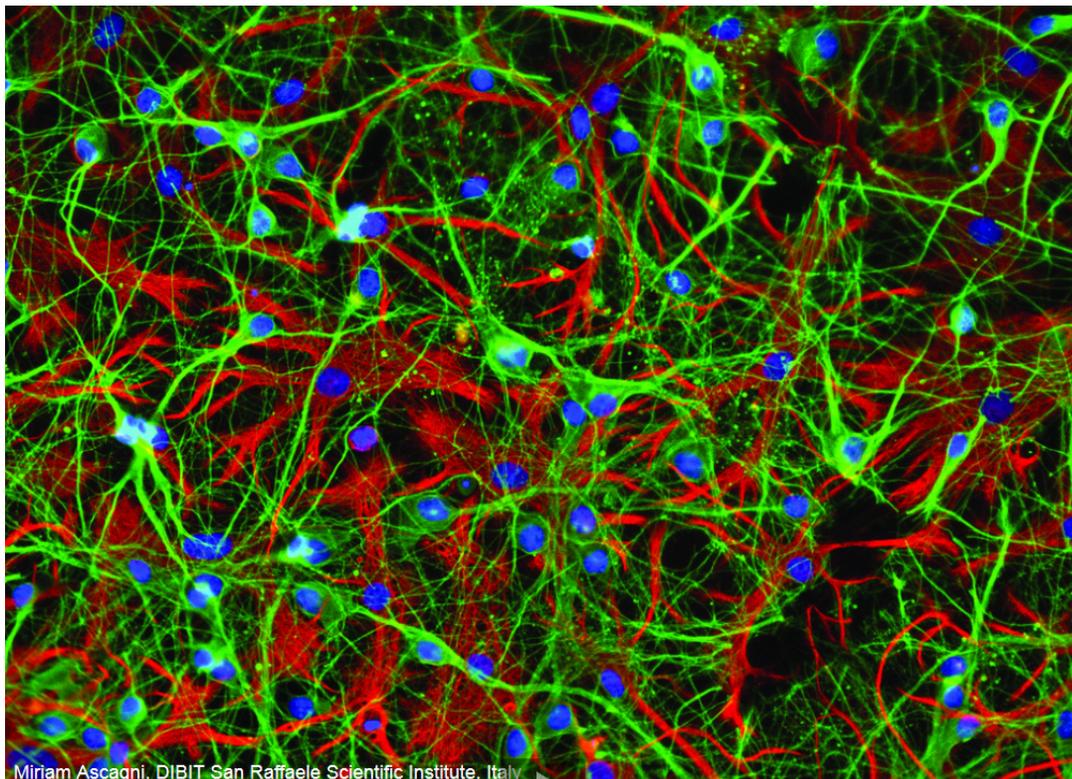
Et les cellules nerveuses, les neurones, en sont un bon exemple. Parce que les neurones vont développer certains types de canaux transmembranaires particuliers, ils vont devenir capables de communiquer très rapidement entre eux grâce à ce qu'on appelle des influx nerveux (ou potentiel d'action).



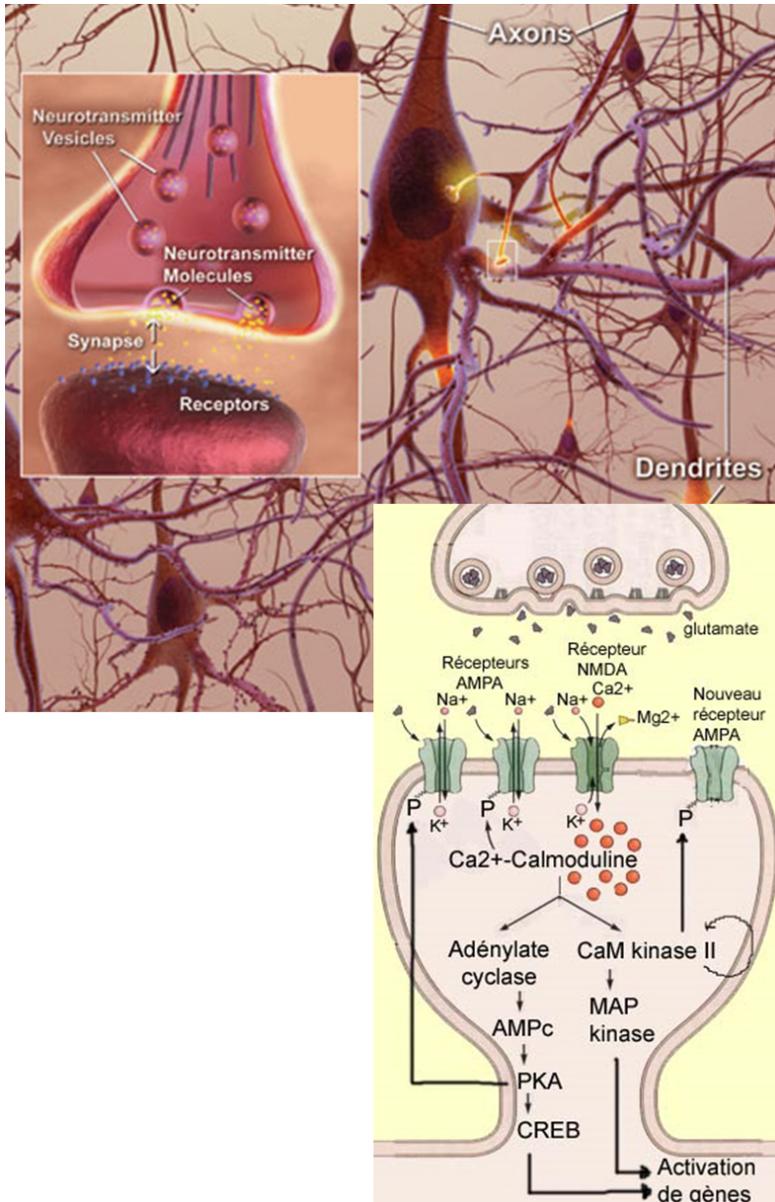
Chaque neurone est donc une cellule comme les autres avec tous ce qu'on retrouve dans une cellule (mitochondries, noyau, etc.) ma il a en plus plusieurs prolongements

qui sont de deux types : les dendrites et l'axone. Les dendrites et le corps cellulaire forment si vous voulez la partie analogique du neurone puisque toutes les excitations et les inhibitions qui lui parviennent des autres neurones (et parfois ça peut aller jusqu'à 10 000 autres neurones), s'additionnent et se soustraient continuellement. Mais à partir du début de l'axone, c'est le phénomène « tout ou rien » de l'influx nerveux qui est déclenché au-delà d'un certain seuil d'excitation, sinon il ne part pas. C'est un peu la partie « digitale » de la computation neuronale, bien que ce soit la fréquence des influx nerveux qui est porteuse d'information (donc la computation neuronale est d'un type hybride bien particulier, à la fois analogique et digitale).

Chacun de nos neurones (et on en a autour de 86 milliards !), est donc un « intégrateur » capable de recevoir, d'analyser et de transmettre de l'information. Je n'ai pas le temps d'élaborer là-dessus, mais je m'en voudrais de ne pas au moins mentionner la présence de ces éternelles négligées que sont les cellules gliales dans notre cerveau (en rouge sur l'image ci-dessous; les neurones sont en vert).



Aussi nombreuses que les neurones, elles les assistent non seulement au niveau de leur apport énergétique par exemple, mais aussi dans leurs fonctions de communication contrairement à ce qu'on a longtemps pensé (elles peuvent par exemple favoriser la synchronisation d'activité dans de vastes populations de neurones). C'est « l'autre cerveau » (pour reprendre le titre d'un livre qui leur est consacré), intriqué dans le premier, et dont on sait encore très peu de choses.

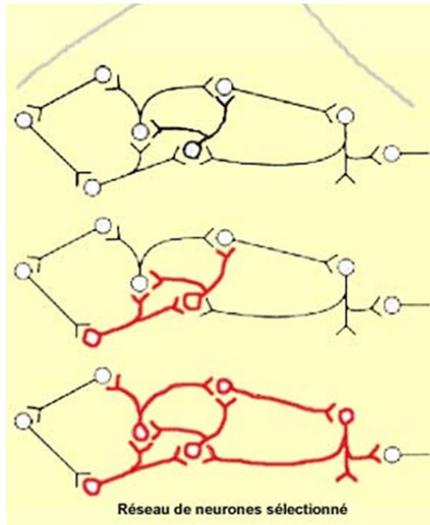


Mais revenons aux neurones. Ce qu'il faut ajouter à leur sujet, c'est que lorsqu'ils font des connexions entre eux, les neurones ne se touchent pas. Ils sont séparés par un mince espace, la fente synaptique. Un influx nerveux va donc devoir libérer des molécules, les neurotransmetteurs, qui vont diffuser dans cette fente et se fixer immédiatement sur des récepteurs situés sur le second neurone. Ceux-ci ouvrent à leur tour des canaux qui, s'ils sont assez nombreux, vont contribuer à recréer dans ce second neurone un autre influx nerveux, et ainsi de suite.

Or quand une voie est stimulée à répétition, elle est très souvent sujette à des phénomènes de plasticité qui vont éventuellement la rendre plus efficace. Le seul fait d'être souvent dépolarisée dans un court laps de temps va mettre en branle toute une cascade de réactions moléculaires trop complexes pour être décrites ici en détail (mais dont on

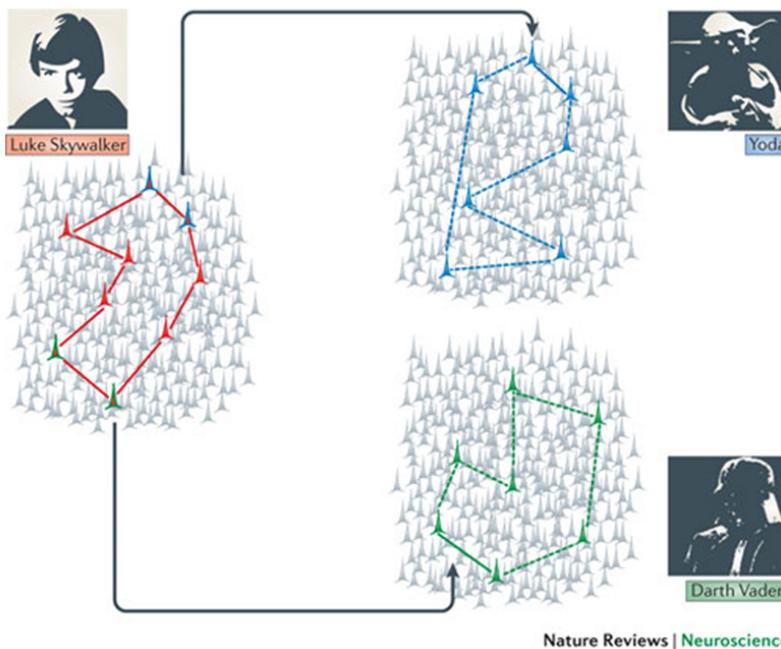
commence à connaître l'enchaînement de plusieurs de celles-ci), qui vont modifier certains récepteurs (ou récepteurs-canaux) pour les rendre par exemple plus facilement ouvrables, ou ouverts plus longtemps. De telle sorte que lorsqu'un influx nerveux isolé passera plus tard entre ces deux neurones, il aura plus de facilité à le faire. On dira que la synapse est renforcée, que cette voie nerveuse a appris...

Car que se passe-t-il si l'on continue de remonter les niveaux d'organisation ? On voit apparaître certains réseaux de neurones sélectionnés, i.e. des sous-ensembles de neurones qui ont tendance à fonctionner préférentiellement ensemble. Comment ? Par des mécanismes de renforcement synaptiques comme ceux qu'on vient de décrire (ou d'affaiblissement synaptique, ça marche dans les deux sens... « use it or loose it »).



Et ce sont ces réseaux de neurones sélectionnés qui vont constituer ce qu'on appelle l'engramme d'un souvenir, qui est une propriété émergente au niveau des réseaux de plusieurs milliers de neurones.

C'est aussi de cette façon qu'un concept ou un souvenir peut en évoquer un autre. Parce que des engrammes proches peuvent utiliser des neurones communs dont l'activation peut « embraser » un engramme voisin du point de vue sémantique. Et l'on commence donc déjà à voir à ce niveau des propriétés émergentes intéressantes pour comprendre certains phénomènes de plus haut niveau comme le caractère associatif de notre mémoire, les associations libres que l'on fait souvent, les analogies, les métaphores, etc.



Par conséquent, notre mémoire n'est pas stockée dans notre cerveau comme l'est celle d'un ordinateur sur un disque dur ou un livre dans une bibliothèque. Ces synapses n'étant jamais exactement les mêmes jours après jour, la mémoire humaine est forcément une reconstruction. Comme quand on joue au jeu du « téléphone arabe ». D'où, par exemple, le phénomène des « faux souvenirs ».

Et comme la mémoire humaine est une reconstruction, ça veut aussi dire que l'intelligence (« whatever that means ... ») n'est pas quelque chose qui est fixé d'avance. On peut tous apprendre et s'améliorer durant toute notre vie parce que notre cerveau se modifie constamment.

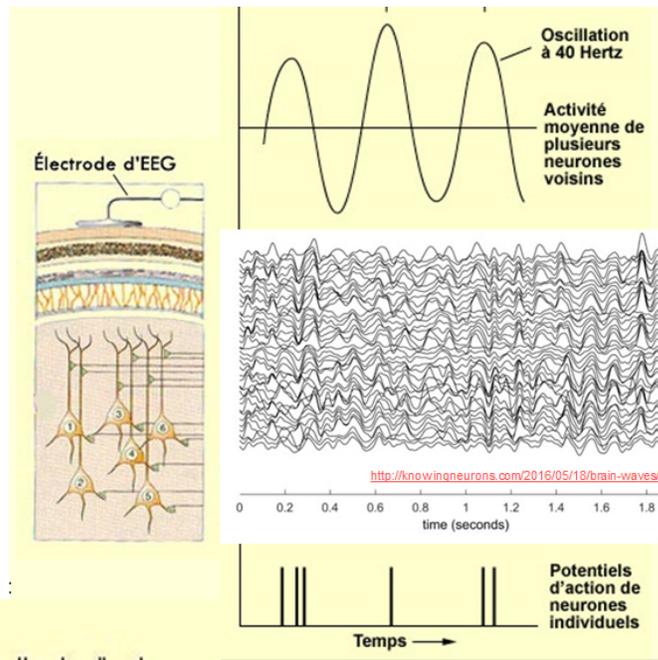
Mais cette plasticité a son revers. Car il y a aussi des influences précoces qui peuvent être très marquantes pour un système nerveux extrêmement plastique en bas âge. Ce qui faisait dire à Henri Laborit : « Je suis effrayé par les automatismes qu'il est possible

de créer à son insu dans le système nerveux d'un enfant. Il lui faudra dans sa vie d'adulte une chance exceptionnelle pour s'évader de cette prison, s'il y parvient jamais. »

Donc après avoir placé un peu l'anatomie des circuits nerveux... et montré comment l'activité électrique dans ces circuits pouvait être à l'origine de phénomènes de plasticité, on va simplement mentionner un autre phénomène émergeant : l'apparition de variations cycliques dans cette activité électrique à différentes échelle, incluant à l'échelle du cerveau entier.

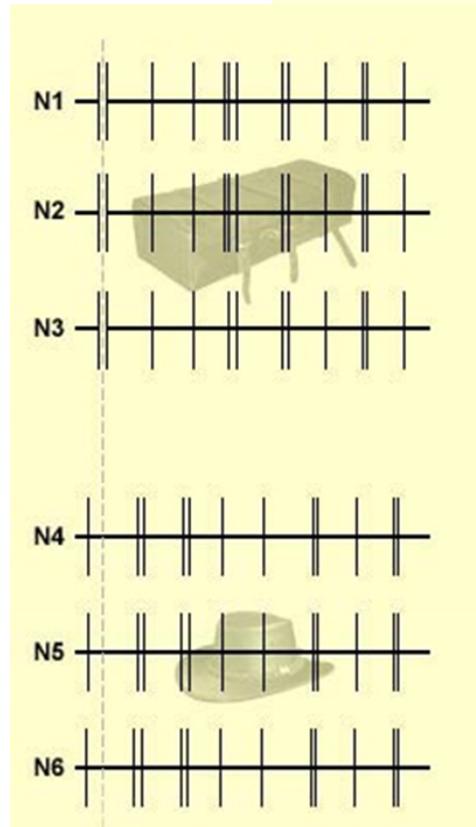
Une première façon de générer des rythmes dans le cerveau, c'est simplement par les propriétés intrinsèques de la membrane de certains neurones (« endogenous bursting cells »). L'ouverture et la fermeture en boucle de différents canaux ioniques (sensibles au voltage) situés dans cette membrane peut ainsi à elle seule provoquer une activité électrique cyclique dans ce neurone.

Des rythmes peuvent aussi être générés par les propriétés du réseau, par exemple par des circuits en boucles de type « excitation-inhibition » qui vont amener les deux neurones impliqués à produire alternativement des bouffées d'influx nerveux suivi de repos, puis à nouveau quelques bouffées suivi de repos, etc.



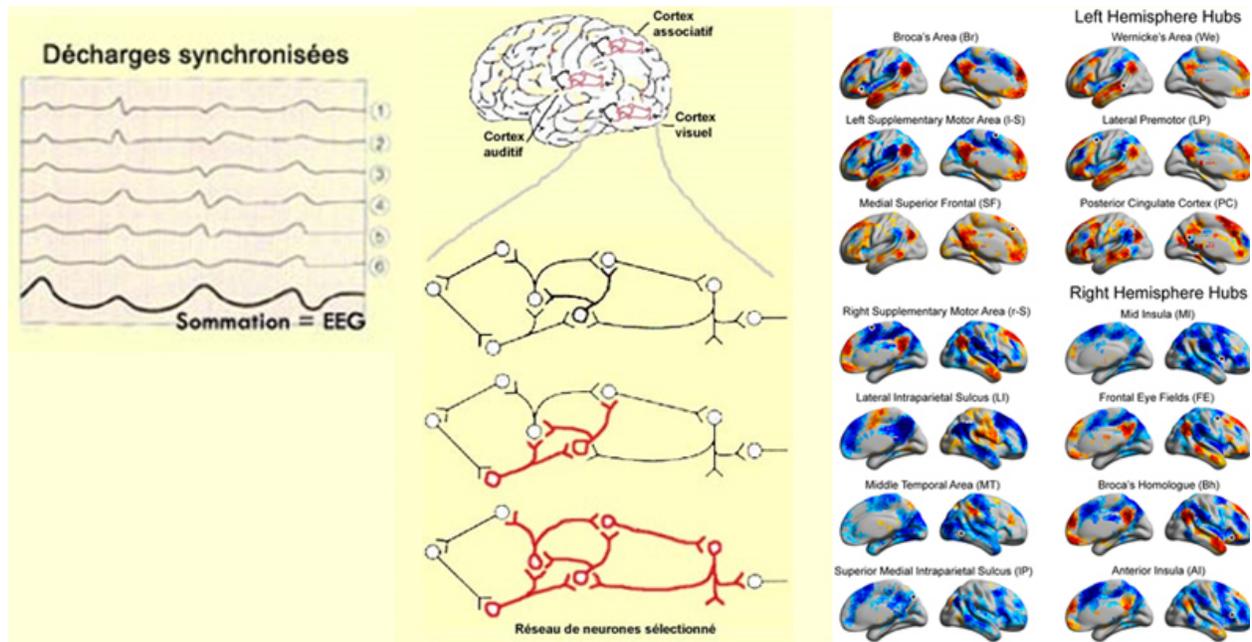
On assiste donc à un autre phénomène émergeant dans les réseaux de neurones : les oscillations (selon un certain rythme (en Hertz) et des phénomènes de synchronisation (activité simultanée au même rythme). Il s'agit de phénomènes différents, mais souvent liées, et qui ne sont plus considérés comme des « épiphénomènes » ou comme du simple « bruit » comme on l'a longtemps pensé, mais comme un outil de plus que le cerveau va utiliser pour communiquer et intégrer de l'information.

C'est ainsi qu'à la fameuse formulation de Donald Hebb « Neurons that fire together wire together » on ajoute maintenant souvent « Neurons out of sync fail to link ».



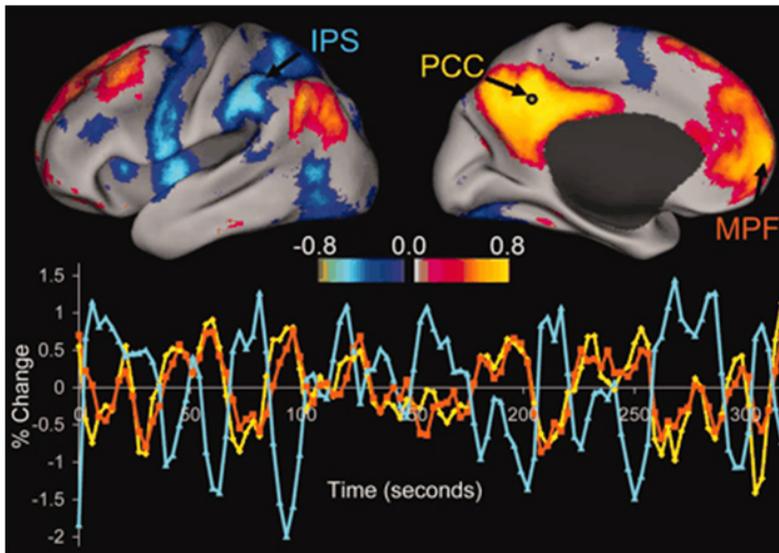
En résumé, des phénomènes oscillatoires et de synchronisation de ces oscillations vont alors pouvoir influencer la formation de réseaux de neurones transitoires qui se produisent non seulement dans certaines structures cérébrales localisées, mais dans

des réseaux largement distribués à l'échelle du cerveau entier, qu'on peut considérer comme une autre propriété émergente à large échelle.

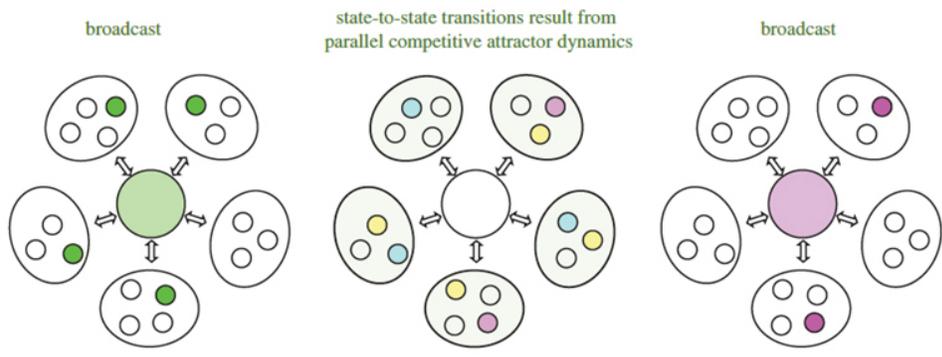


On arrive donc au niveau d'organisation du cerveau entier et à ces grands réseaux d'activité transitoire qui vont le parcourir. J'insiste sur le mot transitoire car il faut bien comprendre ici que l'on n'est plus à l'échelle de temps de l'heure, du jour ou du mois des phénomènes de plasticité synaptique qui modifient les routes que l'influx nerveux peut prendre. Mais bien à l'échelle de la seconde et de la milliseconde de nos perceptions, de nos actions, et du caractère changeant et évanescent de nos pensées. Voilà donc d'ailleurs un niveau d'organisation qui commence à être vraiment intéressant pour faire des analogies avec cette pensée.

Je donnerai simplement deux exemples parmi plusieurs.



Le premier c'est l'anti-corrélation que l'on observe entre le réseau de l'attention et le réseau du mode par défaut. Si l'on est attentif à quelque chose dans notre environnement, on n'est pas « dans la lune » ou tournée vers des pensées relatives à nous-même, aux autres, etc. (qui est un peu la définition du réseau du mode par défaut). Et vice-versa.



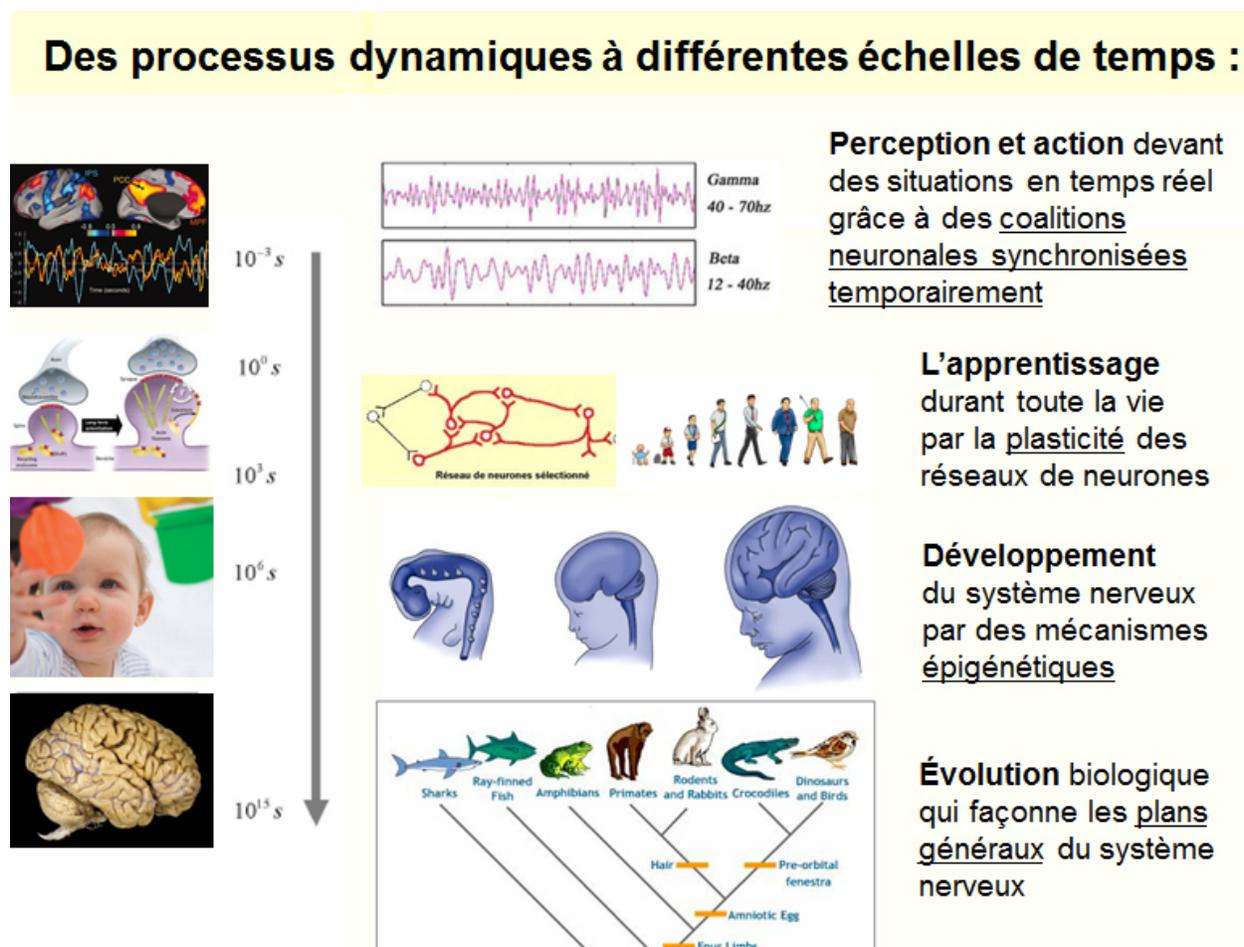
Plus largement, si l'on passe d'un déjeuner en famille à notre milieu de travail au bureau, on assiste à une compétition entre différentes coalitions d'assemblées de neurones de sorte qu'un sous-réseau cognitif autre finit par s'imposer et devenir le mode comportemental approprié pour ce nouveau contexte, celui du bureau.

Il faut peut-être préciser ici que ces coalitions transitoires ont lieu entre des structures cérébrales qui n'ont pas une organisation cellulaire homogène comme les cellules du foie, par exemple. Au contraire, on observe de nombreuses structures cérébrales différenciées avec circuits neuronaux capables d'effectuer des calculs particuliers, ce qui n'implique pas qu'il s'agit de régions spécialisées pour une fonction particulière.

Par exemple, l'activation de l'amygdale cérébrale a tout d'abord été associée à la peur, et même au « centre de la peur ». Mais il n'y a pas de « centre » de quoi que ce soit dans le cerveau. « There is no boss in the brain. », comme l'écrivait Michale Gazzaniga. Et l'on s'est aperçu très vite que l'amygdale pouvait s'activer dans bien d'autres situations, comme lorsqu'on a très faim ou lorsqu'on est perturbé par la souffrance d'un proche.

On a alors compris qu'il fallait comprendre le rôle de l'amygdale dans un réseau cérébral plus large comme y amenant une composante de « préoccupation » qui, en collaboration avec d'autres régions, va correspondre à différents états affectifs. Autrement dit, l'amygdale n'agit pas seule : elle s'intègre dans différents circuits cérébraux impliquant plusieurs structures. Et certains de ces réseaux, en particuliers ceux qui vont avoir des liens intimes avec le reste du corps, vont être impliqués dans ce qu'on appelle couramment les émotions.

Mais avant d'aller vers le niveau d'organisation suivant qui va justement inclure tout le corps, voyons une autre notion clef qui résume ce qui a été dit jusqu'à maintenant. C'est l'idée que nous sommes le fruit de nombreux processus dynamiques à différentes échelles de temps :



Si l'on commence en bas du tableau ci-dessus par l'échelle de temps la plus longue, celle des millions d'années, nous avons vu que l'évolution biologique façonne les plans généraux du système nerveux.

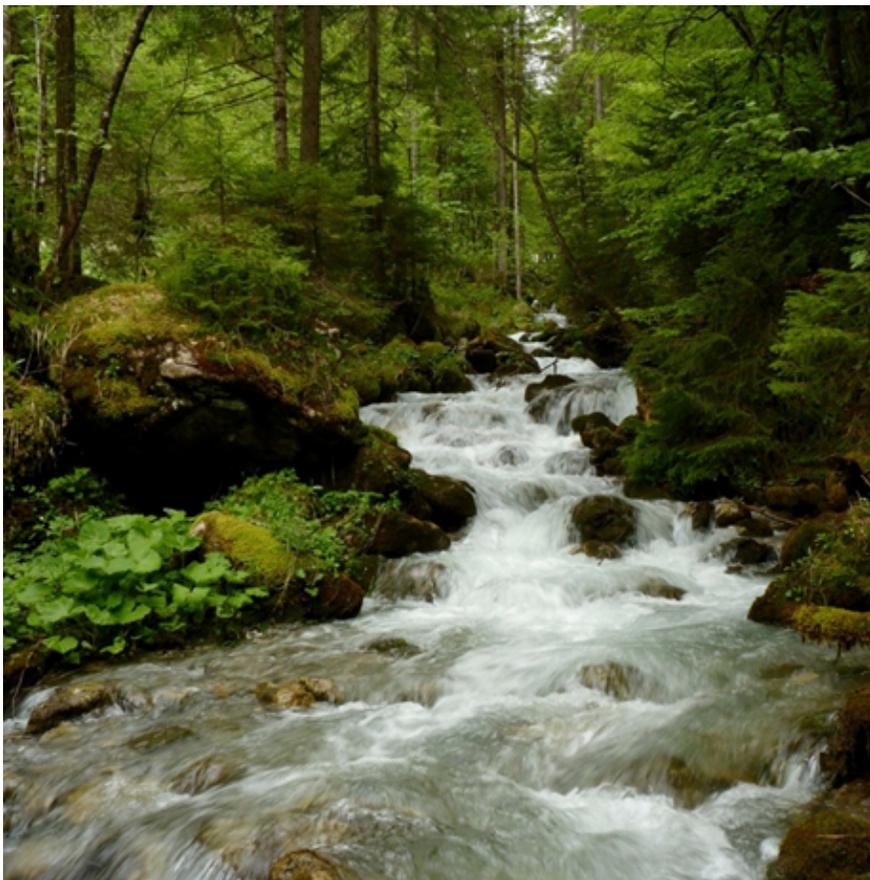
Ensuite (juste au-dessus dans le tableau), le développement du système nerveux est influencé par l'interaction de la boucle sensori-motrice avec l'environnement durant des

années, voir quelques générations comme la découverte de l'importance grandissante des mécanismes épigénétiques tendent à le montrer.

Puis il y a l'apprentissage durant toute la vie, à chaque jour, heure ou minutes, par la plasticité des réseaux de neurones.

Et finalement, il y a la perception et l'action devant des situations en temps réel, donc à l'échelle de la seconde et de la fraction de seconde, grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement.

La meilleure métaphore que je connais pour résumer ces processus dynamiques à différentes échelles de temps, c'est celle du torrent...



Le lit du torrent est comme la structure générale de nos grandes connexions neuronales mises en place par nos gènes d'êtres humains. Le flux de l'eau qui coule dans ce torrent est contraint par le lit du torrent et les roches qui s'y trouvent, tout comme l'activité électrique qui parcourt nos réseaux cérébraux fluctue constamment mais est aussi contrainte à circuler dans ces grandes voies nerveuses issues de notre longue histoire évolutive.

Mais à une autre échelle de temps, la

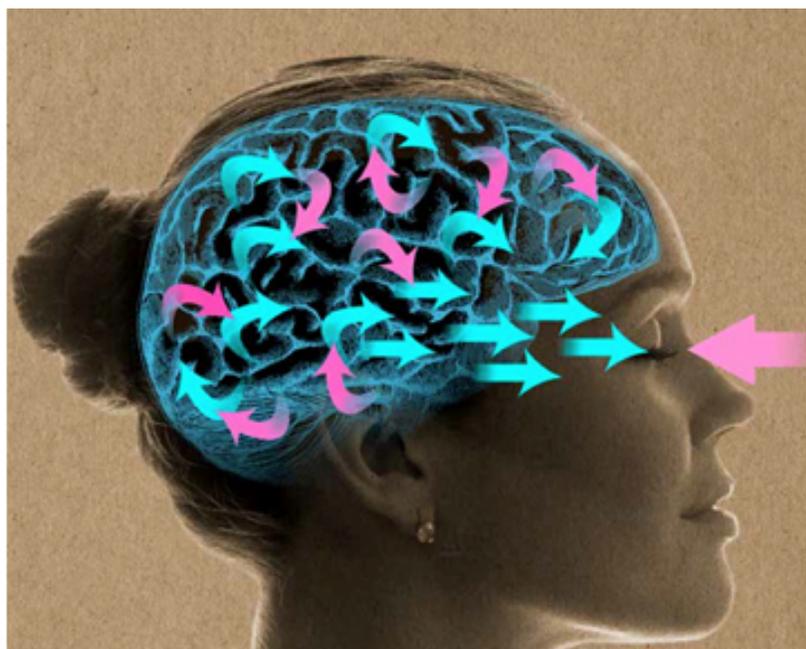
métaphore fonctionne aussi. En effet, avec les années qui passent, le lit de la rivière est érodé par l'eau qui y circule et se modifie. Tout comme les petites routes de nos circuits nerveux sont modifiées par l'activité nerveuse qui y circule au gré de nos expériences de vie !

Deux remarques ici avant de continuer à remonter les niveaux d'organisation.

D'abord on voit comment ce qu'on avait l'habitude d'appeler l'inné et l'acquis se dissout pour ainsi dire complètement dans cette nouvelle conception des choses. On est 100% le fruit de processus innés et 100% le fruit de processus acquis...

D'autre part, ces processus dynamiques permettent d'apprendre et de mémoriser « nos bons et nos mauvais coups ». Car pouvoir se souvenir de ses bons et mauvais coups amène un avantage adaptatif certain. Comme disait Alain Berthoz : « La mémoire du passé n'est pas faite pour se souvenir du passé, elle est faite pour prévenir le futur. La mémoire est un instrument de prédiction. ». Nous sommes donc une machine à faire des prédictions qui se basent sur des modèles internes construits tout au long de notre longue histoire (celle de l'évolution de notre espèce ET celle de toutes les expériences de notre vie).

Cette conception du cerveau comme une machine qui tente constamment de faire des prédictions sur le sens que peuvent bien avoir les inputs sensoriels souvent très « bruités » qui lui parviennent contraste avec la vision traditionnelle d'un organe qui,



comme un ordinateur, attend passivement ses inputs pour les traiter et fournir des outputs aux muscles. Il s'agit, en fait, d'un véritable changement de paradigme où le gros du travail du cerveau en est un de projection sur le monde (le « top down » du jargon des sciences cognitives) et non de réception d'information (le « bottom up »). Ces stimuli en provenance du monde sont maintenant plus considérés comme de simples signaux d'erreur ou des écarts à la prédiction qui permettent au

cerveau de corriger en temps réel les modèles qu'il projette sur le monde. Pour employer la belle formule d'Anil Seth : nous hallucinons constamment le monde, et les hallucinations qui font consensus nous les appelons la réalité...

La cognition incarnée (ou le « cerveau-corps »)

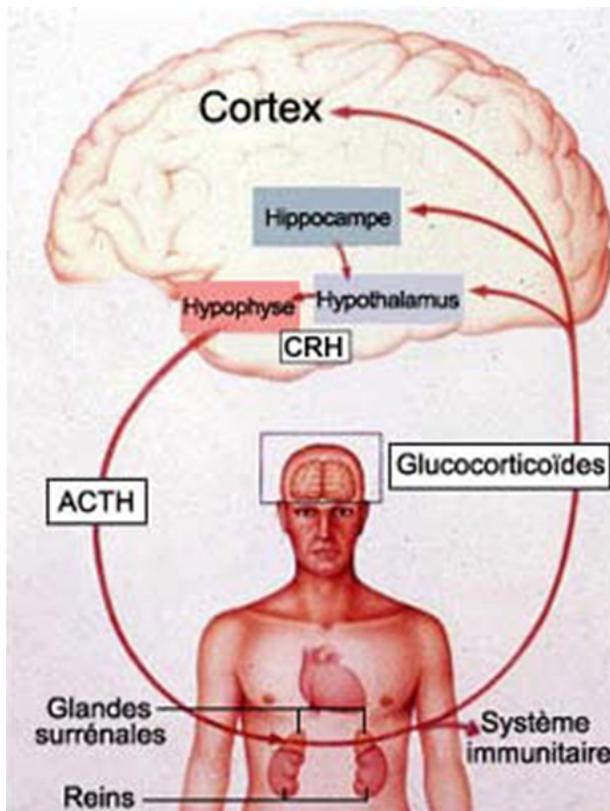
Maintenant on arrive à ce que j'aime appeler le « cerveau-corps » qui est le niveau d'organisation suivant. Car le cerveau est intimement lié à un corps avec lequel il a de tout temps évolué.

Il faut d'abord rappeler qu'entre le corps et le cerveau, il y a aussi un dualisme implicite qui est malheureusement encore fort répandu. Pourtant, d'innombrables expériences montrent que nos processus cognitifs sont influencés par ce que fait ou ce que subit le corps à un instant donné.

Si je vous demande d'évaluer la valeur de devises étrangères en dollars canadien, mais que vous avez reçu un pad lourd plutôt que léger pour répondre aux questions, vous allez avoir tendance à surévaluer les devises, comme si l'importance de la force exigée pour tenir le pad se transposait inconsciemment dans la valeur relative des devises étrangères.

Si l'on vous demande maintenant de dire si les images de visages plutôt androgynes que l'on vous présente vous font plus penser à des hommes ou des femmes, vous allez dire plus des hommes si vous tripotez en même temps une balle de caoutchouc dure et plus des femmes si vous tripotez en même temps une balle de caoutchouc molle ! Et même chose lors d'une simulation de négociation : on négocie plus « dur » sur une chaise en plastique que dans un fauteuil confortable...

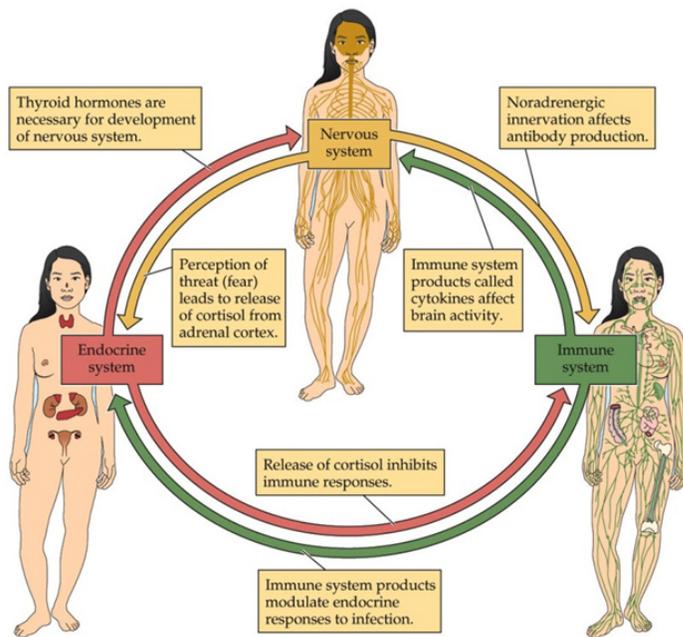
Et ça marche aussi dans l'autre sens. Si vous demandez à une personne qui est debout de se souvenir de comment elle était il y a 3-4 ans, puis comment elle pense qu'elle va être dans 3-4 ans, elle va s'incliner de quelques millimètres par en arrière dans le premier cas, et de quelques millimètre en avant dans le second, le passé étant « en arrière » et le futur « en avant » dans la majorité des cultures.



Ces influences réciproques entre le corps et le cerveau, on les observe aussi au niveau physiologique. Au niveau moléculaire par exemple, on a longtemps pensé que les neurotransmetteurs étaient sécrétés dans le cerveau par les neurones, et que par ailleurs les hormones étaient sécrétées par les glandes dans le reste du corps. Or on a découvert depuis quelques décennies que nombre de molécules connues de prime abord comme hormone étaient également utilisées comme neurotransmetteur dans le cerveau, et que plusieurs neurotransmetteurs étaient sécrétés directement dans la circulation sanguine pour influencer différents organes dans le corps. D'où le terme plus inclusifs de « neurohormones » qui est parfois employé pour marquer cette « confusion ».

Une confusion qui se comprend encore

une fois en adoptant une perspective évolutive puisque ces molécules ont souvent été associées à une fonction particulière (se nourrir, se reproduire...) avant que les grands systèmes, nerveux ou endocrinien, ne se différencient.



D'ailleurs on connaît maintenant des dizaines et des dizaines de molécules qui sont échangées entre les systèmes nerveux, endocriniens et immunitaires et qui informent en temps réel chacun des systèmes de ce que font les autres ! Et l'on va maintenant explorer ces interactions avec l'exemple du stress.

Mais avant, j'aimerais rappeler que toute ce que fait de ce cerveau-corps peut se ramener à deux grands types de comportements.

D'abord des comportements d'approche vers des ressources qui nous sont profitables à nous et à l'espèce, comme boire, manger ou se reproduire. Et l'on notera que l'évolution a mis au point des incitatifs pour ça, qu'on pourrait appeler des « proxy », et qui dans ce cas-ci seraient la sensation de plaisir qui nous porte à rechercher un comportement. On ne mange pas consciemment pour maintenir sa structure et on ne baise pas toujours en pensant à propager nos descendants; on le fait parce que ça fait du bien.

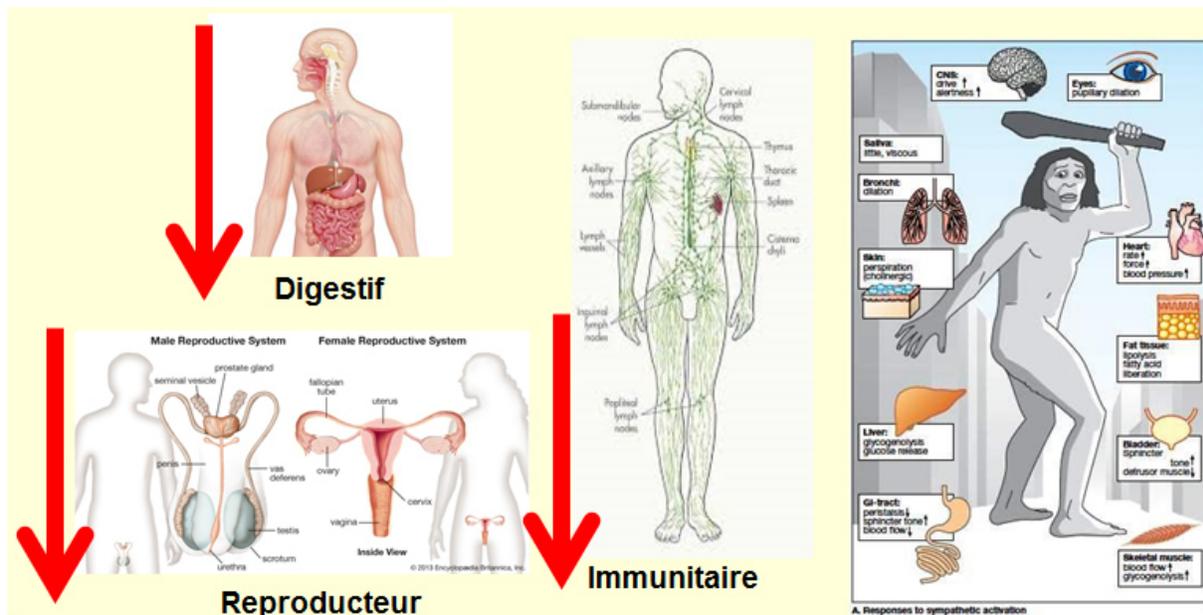
L'autre grande famille de comportement sont ceux qui nous font éviter la douleur, qui elle-même est un proxy pour nous aider à préserver l'intégrité de notre organisme, en nous incitant par exemple en garder un membre blessé immobile pour aider la régénération des tissus.

Devant une menace pour l'intégrité de l'organisme, on a donc de prime abord deux choix : fuir le danger, ou bien le combattre pour l'éliminer. Et donc encore une fois pour comprendre les réactions physiologiques au stress que nous avons encore aujourd'hui, il faut se placer dans une perspective évolutive et se rappeler que ces réactions ont été sélectionnées parce qu'elles ont permis à nos ancêtres de sauver leur peau !

Nous sommes donc les descendants de ceux et celles qui ont été capables de courir vite ou de terrasser une bête sauvage qui les a attaqué. Ceux qui étaient très cool et calmes par rapport à la menace se sont probablement fait bouffer et n'ont pas laissé beaucoup de descendants qui étaient cool et calmes comme eux. Nous sommes donc tous et toutes prédisposé au stress, et c'est très bien ainsi comme on va le voir, mais à une condition : qu'il ne dure pas longtemps, comme on va l'expliquer maintenant.

Car que ce soit pour fuir ou, si on ne peut pas, pour se battre, il survient de vastes remaniements nerveux et hormonaux chez l'individu menacé pour allouer le plus de ressources possible aux muscles et au système cardiorespiratoire nécessaire à l'une ou l'autre de ces deux actions intenses.

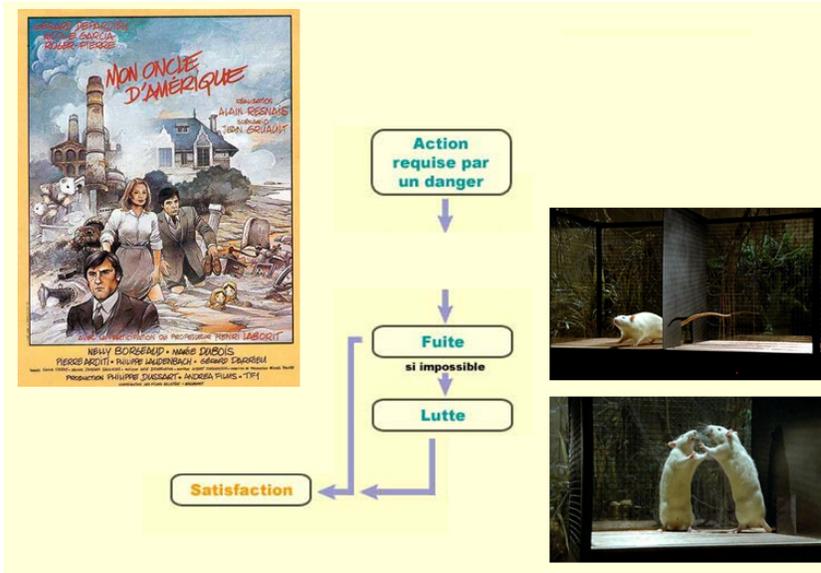
Mais qui dit plus de ressources à certains systèmes dit forcément moins de ressources dans d'autres : les systèmes digestif, reproducteur ou immunitaire pâtiront ainsi pendant un court instant de cette réallocation nécessaire pour assurer la survie de l'organisme. Mais cela aura peu d'effets négatifs si la fuite ou la lutte élimine la présence du prédateur et que tout revient à la normale après ce stress de courte durée (ou « stress aigu »).



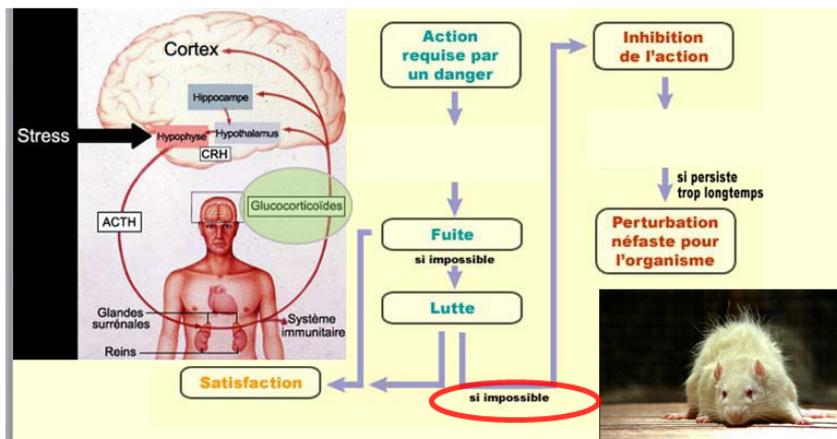
Même chose dans une troisième situation qu'il faut aussi mentionner où un rongeur traversant un champ ouvert, par exemple, aperçoit un oiseau de proie au-dessus de lui. Ne pouvant ni fuir ni lutter, il fige sur place, en espérant que l'oiseau ne le verra pas. Si c'est le cas, encore une fois le stress aigu ne dure pas et le rongeur en est quitte pour une bonne frousse. Mais qu'en est-il s'il dure, c'est-à-dire si le stress devient chronique, i.e. qu'il dure longtemps ? C'est là que les choses se compliquent...

Pour illustrer ceci, rappelons une expérience qu'Henri Laborit a faite et qu'il décrit dans le film *Mon oncle d'Amérique*, d'Alain Resnais.

On conditionne un rat en lui faisant entendre un son, puis il reçoit un petit choc électrique plantaire. Dans une première situation l'animal est seul dans sa cage, mais il peut fuir par une ouverture. Sitôt qu'il fait l'association entre le son et le choc, il fuit par l'ouverture vers un autre compartiment où il est en sécurité. Au bout de 7 jours de ce traitement à raison de 7 minutes par jour, le rat va très bien et ses paramètres physiologiques sont normaux.



Dans une deuxième situation, on met deux rats dans la cage, mais on ferme la porte. Les rats ne pouvant plus fuir, quand ils associent le son au choc, ils se mettent alors à se battre. Cela est tout à fait inefficace par rapport aux chocs qu'ils vont donc tous recevoir pendant 7 minutes durant 7 jours. Mais à la fin de l'épreuve, les deux rats sont tout de même en parfaite santé parce qu'ils ont agi. Même si cette action était inefficace, leur corps a agi et les réactions physiologiques de stress ont pu être régulées à chaque fois.



Dans une troisième situation maintenant, la porte est à nouveau fermée, mais l'animal est seul. Donc il ne peut ni fuir, ni se battre. Et lorsqu'il a compris l'association entre le son et le choc, il ne peut rien faire, il se résigne, il devient en « inhibition de l'action », comme le

disait Laborit. Et à la fin de la semaine, cet animal ne va pas bien du tout : il est déprimé, sa tension artérielle est élevée, il commence à avoir des ulcères à l'estomac, etc., bref il tous les symptômes de ce qu'on appelle parfois les « maladies de la civilisation ». Et comme on l'a mentionné, l'affaiblissement du système immunitaire par manque de ressources durant un stress chronique ouvre la voie à toutes sortes d'infections qui normalement auraient été combattu avec succès par les globules blancs.

De nombreuses études récentes vont aussi en ce sens. En 2016, par exemple, l'une d'entre elle a montré que la position relative d'un singe rhésus dans la hiérarchie de dominance de son groupe affecte son système immunitaire : plus le rang d'un singe est bas dans la hiérarchie, moins il produit de cellules immunitaires d'un certain type; et plus il active de gènes reliés à l'inflammation.

Fait intéressant aussi : parmi les individus subordonnés, ceux qui se faisaient le plus toiletter ("grooming") étaient ceux qui avaient les processus inflammatoires les moins élevés.

Et cela nous ramène à l'inhibition de l'action chez l'humain, car bien des individus sont aux prises avec diverses formes de domination. On demeure souvent pris dans une job avec un boss ou des collègues qui nous menacent quotidiennement, de façon symbolique bien sûr, par des remarques désobligeantes, etc., et l'on ne peut souvent ni fuir parce qu'on doit payer le loyer, ni étrangler son patron parce qu'on aurait des problèmes avec la police... Donc on reste là, dans l'attente en tension.

Et, il faut le rappeler, ce n'est pas parce que les menaces sont devenues essentiellement symboliques et langagières chez l'humain qu'elles n'affectent pas le corps exactement de la même façon qu'une menace physique chronique, i.e. en affectant très négativement la santé.

D'ailleurs dans l'étude sur les singes rhésus, on peut souligner deux conséquences importantes pour les humains. Le soutien social (ou le toilettage chez le singe) semble avoir un effet bénéfique en réduisant les phénomènes inflammatoires néfastes induits par l'inhibition de l'action. Et ces phénomènes inflammatoires semblent aussi être rapidement réversibles avec des changements environnementaux bénéfiques (car lorsqu'on changeait de groupe un animal et qu'il se retrouvait plus haut dans sa nouvelle hiérarchie, il produisait plus de cellules immunitaires et avait moins d'inflammation).

Or nos sociétés humaines souvent fortement hiérarchisées génèrent des inégalités sociales qu'il faut donc combattre si l'on veut s'attaquer aux sources de l'inhibition de l'action. Les luttes collectives sont d'ailleurs une excellente façon de ne pas être en inhibition de l'action ! Mais le bras armé de l'État est puissant et les injustices à combattre si nombreuses que d'être constamment confiné dans l'opposition peut devenir épuisant et une source d'inhibition de l'action en elle-même.

C'est pour cette raison que, pour contrer ce phénomène, Laborit rappelle dans plusieurs de ses livres que l'être humain dispose, grâce à son vaste cortex associatif, de capacités d'imagination qui lui offrent d'autres options que la seule fuite physique. Cette fuite dans l'imaginaire peut d'ailleurs l'être à de nombreux niveaux, que ce soit artistique, scientifique, de notre vie personnelle et, bien entendu, dans la conception de nouvelles structures sociales, de nouvelles façons de vivre ensemble.

Car même si énormément d'espèces de primates forment des hiérarchies dans leurs groupes, et qu'énormément de groupes humains le font aussi, plusieurs données semblent montrer que ce n'est pas inéluctable et que ça dépendrait grandement de l'environnement dans lequel évoluent ces groupes

Et pour continuer d'aller vers le dernier grand niveau d'organisation, le niveau social et environnemental au sens large, je voudrais mentionner très rapidement des travaux anciens en primatologie et des travaux récents en archéologie.

D'abord les primatologues ont observé depuis longtemps que l'accessibilité aux ressources conditionne grandement l'organisation sociale d'un groupe de primates. Si les ressources sont abondantes, il y a très peu de hiérarchies puisque tout le monde peut trouver des fruits qui poussent partout dans telle région du monde, par exemple. Au contraire, quand les ressources sont très rares et difficiles d'accès, c'est plutôt l'entraide qui va dominer pour réussir à se nourrir (on pense aux régions polaires, par exemple). C'est quand les ressources sont limitées qu'il y a compétition et formation de hiérarchies de dominance, comme souvent dans les milieux tempérés.

Car il faut bien comprendre, comme nous l'expliquent les primatologues, que les combats constants au sein d'une communauté sont extrêmement coûteux biologiquement parlant en termes de blessures et de risque de décès. Au contraire, quand après quelques affrontements chacun apprend jusqu'où il peut monter dans la hiérarchie, les choses se calment et deviennent moins coûteuses dans l'ensemble... sauf bien sûr pour les individus qui se ramassent les plus dominés au bas de la hiérarchie, comme on l'a vu tantôt.

Sauf que, il y a un an, une équipe d'archéologues ont publié les résultats de leurs travaux où ils observent une croissance des inégalités sociales durant les 2 ou 3 premiers millénaires après le début de la fixation au sol (i.e. agriculture, élevage...) dans différentes régions du monde (car ça ne s'est pas fait tout en même temps). Mais après ces deux trois premiers millénaires, les inégalités sociales (déduites souvent d'après la taille relative des maisons) continuent de croître dans plusieurs régions du monde, mais cessent dans d'autres. Or l'un des endroits où elles cessent pour un certain temps c'est dans les Amériques où la roue et la domestication des bœufs et des chevaux ne s'est pas faite tout de suite à cette époque contrairement au Moyen Orient ou en Asie par exemple.

Et donc on pense que ce sont ces moyens technologiques puissants à l'époque qui auraient permis à certains individus de cultiver plus de terre, d'engranger plus de récoltes, de faire davantage de guerres de conquêtes avec les chevaux, bref de continuer à accroître les hiérarchies et avec elles les hiérarchies sociales. Au contraire, dans des environnements où ces technologies n'étaient pas encore accessibles, il semble que les sociétés aient évolué sur des bases plus égalitaires. Certains vestiges de places publiques, où une « conversation démocratique » pouvait être possible, va en ce sens. Selon les archéologues, ces sociétés pré-modernes (à Tlaxcallan, au Mexique, par exemple) n'étaient peut-être pas démocratique au sens actuel du terme, mais elles

semblent avoir été organisées collectivement, avec des habitants qui semblaient avoir leur mot à dire auprès des décideurs et non des sociétés autocratiques ou de « droit divin » connues à bien d'autres endroits dans le monde.

Pour citer un auteur de l'étude, Richard Blanton : « Democracy isn't a one-shot deal that happened one time. It comes and goes, and it's very difficult to sustain. »

Que peut-on conclure de ces données de la primatologie et de l'archéologie ? Peut-être que si la démocratie est si difficile à soutenir, c'est entre autres parce que l'environnement au sens large, par exemple des atouts technologiques à des endroits où les ressources sont limitées, offrent des tentations ou des opportunités d'action qui vont faire que les individus d'un groupe vont avoir tendance à se hiérarchiser ou pas, à favoriser un régime plus tyrannique ou plus démocratique.

Affordances (ou le « cerveau-corps-environnement »)

Or il y a un concept qui revient à la mode en science cognitive et qui rend très bien cette idée et c'est celui d'affordance. Une affordance, néologisme créé par James Gibson dans les années 1970, c'est une « opportunité d'action » pour un organisme donné avec le corps qu'il a. Une affordance est donc fondamentalement relationnelle. Un arbre, par exemple, est une affordance pour se poser pour un oiseau, pour grimper pour un écureuil, pour trouver de la nourriture sous l'écorce pour un pic, pour se faire de l'ombre pour un humain, etc.

Cela restait un concept un peu théorique jusqu'à ce qu'on s'aperçoive, vers les années 1990, que la simple vue d'une tasse par exemple, déclenchait de l'activité dans certaines régions du cortex associées au mouvement de la main. Même chose pour un ballon de foot, mais cette fois dans des régions associées au mouvement du pied. Et ainsi de suite. On a donc un autre indice qui montre à quel point notre cerveau ne reste pas passif en attendant des inputs (comme la mauvaise analogie avec l'ordinateur le suggère), mais fait des prédictions et prépare constamment une réponse motrice aux affordances que lui suggère à tout moment son environnement.

Car encore une fois, la perspective évolutive est là pour nous rappeler qu'on n'a pas évolué pour jouer aux échecs; on a évolué surtout pour se déplacer dans un environnement complexe sans se casser la gueule. Et donc la plupart de nos décisions se font rapidement, automatiquement et inconsciemment. Vous arrivez dans une salle de conférence, vous voyez une place de libre, vous la prenez, vous reconnaissez votre voisin, vous lui serrez la main, vous sortez un stylo de votre sac, etc. À chaque fois, des assemblées de neurones différentes se sont activées et ont été pour ainsi dire présélectionnées par rapport aux affordances qui s'offraient à vous.

Et c'est par un jeu de compétition et de d'inhibition réciproque qu'une de ces assemblées, celle qui s'impose à la vue de la meilleures affordances qui s'offre à vous à ce moment, qui va gagner la compétition, augmenter encore plus son activité, et

finalement déclencher le mouvement requis sans que vous ayez eu à faire le moindre effort conscient !

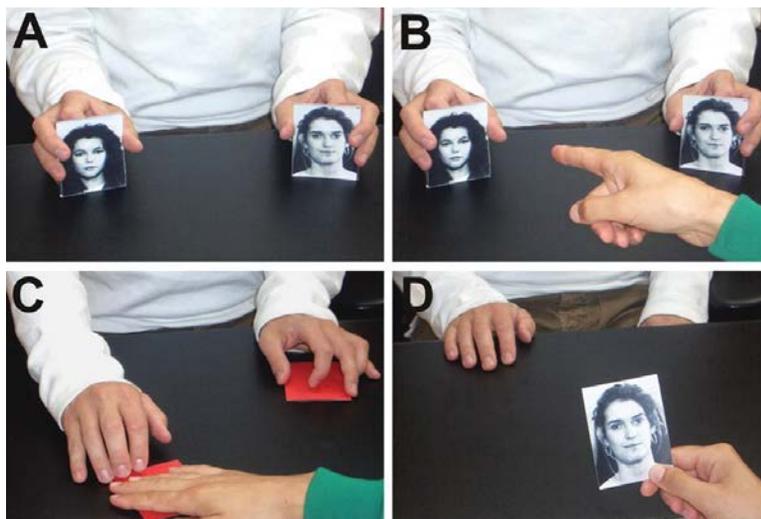
Bien sûr, dans des situations plus complexe où l'on a plus de temps de délibération, comme aux échecs, on pourra faire toutes sortes de simulations mentales en « offline », peser le pour et le contre comme on dit, et arriver à un choix plus raisonné, plus rationnel et conscient. Mais encore une fois, de nombreux biais cognitifs ou conditionnements inconscients issus de votre histoire de vie vont influencer les compétitions entre assemblées de neurones.

Inutile de dire que si le mode principal de nos décisions se fait ainsi « à l'insu de notre plein gré », si l'on peut dire, cela bouleverse pas mal la notion classique de libre arbitre qui nous est si chère. Mais ce n'est peut-être pas si mal, quand on y pense bien. Car combien de jeunes gens ont servi de chair à canon au nom de la « Liberté, l'égalité et la fraternité » ?

La question du langage

Cela nous amène à dire un mot du langage, cet outil de communication spécifiquement humain, qui a de tout temps servi à coordonner des actions entre des individus, à essayer de les convaincre, comme je suis en train de le faire en ce moment. Un outil à quelque part extrêmement dangereux aussi parce que, comme le disait Laborit, il est conscient, alors que nos motivations elles, sont souvent inconscientes, engrammées et automatisées dans notre système nerveux, qu'elles soient biologiques ou apprises durant notre vie (pub, médias, normes sociales, etc.).

Encore une fois ici, il y a énormément d'expériences qui mettent cette déconnexion souvent flagrante entre ce qui motive nos choix et ce qu'on peut en dire consciemment. Si je n'ai le temps que d'en citer une seule, ce serait celle de Johansson et ses collègues qui, en 2005, on fait l'expérience suivante.



Un expérimentateur montrait deux photos de personne à un sujet en les tenant dans chacune de ses mains et demandait laquelle le sujet trouvait la plus attractive, la plus jolie. Une fois le choix fait, l'expérimentateur, qui était aussi magicien, parvenait à lui remettre la mauvaise image, celle de la personne qu'elle trouvait donc moins jolie, et demandait à la personne de détailler les raisons de son choix en regardant l'image. Eh

bien 80% des sujets justifiaient leur choix en commentant la mauvaise image, en disant que c'était ses yeux, l'harmonie de ses traits, etc. Combien de fois le langage va ainsi servir à justifier a posteriori des décisions prises plus moins consciemment ? Très souvent.

Cette expérience a été reprise quelques années plus tard par une équipe française et cette fois, au moment de demander au sujet de justifier sur la mauvaise image, on créait un doute en insistant par exemple sur le fait que c'était bien « l'image qu'elle avait choisie tantôt ». Or cette fois-ci c'était l'inverse : 80% des gens environ s'apercevait que ce n'était pas la bonne image !

Ce petit temps pour prendre du recul est souvent associé à une fonction cognitive qu'on appelle l'inhibition, ou inhibition frontale (pas la même chose que l'inhibition de l'action). C'est notre capacité à inhiber la première réponse automatisée qui nous vient à l'esprit, pour permettre à des fonctions cognitives souvent plus laborieuses, comme le raisonnement logique, de se mettre en œuvre. On voit donc comment ces capacités d'autorégulation et de contrôle sont importantes, peut-être pas pour revendiquer une liberté totale, mais pour être capable d'être un peu moins déterminé ou de gagner certains degrés de liberté.¹

Or, comme on l'a vu, l'environnement est en interaction constante avec notre cerveau-corps et lui suggère en temps réel des affordances qui biaisent ses décisions. Et donc pour des humains doués de langage, cet environnement au sens large s'étend au monde des concepts abstraits et des idéologies de toutes sortes, pour le meilleur ou pour le pire.

Le meilleur, c'est quand cet environnement nous incite à collaborer, à mettre en commun nos connaissances, nos expériences et nos pratiques et à créer un monde convivial où l'ensemble de la population conserver son équilibre biologique, son bien-être.

Le pire, ce sera donc tout ce qui favorise les structures de dominances, qui nous met en compétition les uns contre les autres en créant des systèmes hiérarchiques de toutes sortes. Le néolibéralisme et son corollaire, la « société de consommation », en étant les exemples les plus éloquentes de notre époque.

¹ Mais cette conquête de degrés de liberté n'est pas facile pour tout le monde. Quand tu es pauvre par exemple, les contraintes de la vie matérielle sont si difficiles (on doit tout calculer à l'épicerie, les factures d'Hydro, le loyer, la garderie, etc) qu'elles amènent des imitations cognitives importantes. « Poverty impedes cognitive function », c'est pas moi qui le dit, mais c'est le titre d'un article publié dans la revue *Science* le 30 août 2013.

Autrement dit, La pauvreté, c'est mentalement fatigant, ça épuise les capacités mentales et ça laisse bien peu d'énergie cognitive aux personnes pauvres pour se consacrer à leur formation ou leur éducation. Et dans cet état, on est plus facilement **biaisée** par des stimuli environnementaux **saillants** au détriment des choix flexibles découlant de processus plus rationnels. Bref, on se fait plus facilement influencer par des choses comme la **publicité** (celle de la malbouffe, par exemple).

Ces deux tendances, j'aime à les voir comme des « attracteurs » dans un système complexe comme le sont les sociétés humaines. La notion d'attracteur, en particulier celle « d'attracteurs étranges » vient de la physique du chaos. Mais elle est de plus en plus utilisée dans toutes sortes de disciplines à travers le concept de « paysages d'attracteurs » (que j'ai présenté [sur mon blogue le 19 juin 2018](#)). On peut s'en faire une représentation en pensant à un relief de montagnes et de vallées, ou à une carte en trois dimensions de celles-ci. Si on laisse une bille aller dans cette carte 3D, elle se s'immobilisera inévitablement dans le creux d'une vallée. Un peu comme l'eau de mon torrent fait des tourbillons systématiquement en arrière de certaines roches.

Mais ce paysage d'attracteur n'est pas immuable, il est dynamique, comme tout le reste. Comme l'eau de mon torrent érodait les rives du cours d'eau ou comme l'activité nerveuse de notre cerveau modifie constamment les connexions nerveuses qui s'y trouvent. De même, les différentes formes de relations qu'entretiennent les êtres humains dans un système social particulier évoluent inévitablement et vont, sur le long terme, influencer la forme de ce paysage d'attracteur.

Alors plus tard, quand de jeunes êtres humains seront lancés dans ce nouveau paysages d'attracteurs sociaux (comme des billes sur un relief 3D), ils porteront bien sûr en eux, le lourd héritage de leur passé évolutif et développemental, mais ils auront peut-être de meilleures affordances pour ne pas rester pris dans les creux de l'individualisme et du consumérisme.

Un exemple de ceci ? J'habite sur le Plateau Mont-Royal, à Montréal, au même endroit depuis 21 ans. Bien sûr, le pouvoir de l'argent sévit et tue une certaine diversité sociale qu'on y retrouvait davantage avant et qu'on devrait toujours protéger toujours plus. Mais il y a dix ans j'ai fait un film sur la place de l'auto en ville, et dans ce film, lors d'un conseil d'arrondissement, une personne venait demander s'il était possible de mettre un support à vélo dans la rue devant je ne sais plus trop quelle institution publique. La réaction des élu.es de l'époque fut de lui faire remarquer que ça voulait dire d'enlever deux places de stationnement et que les gens avaient déjà de la misère à en trouver... Or depuis ce temps, on a eu les Bixis qui ont du jour au lendemain pris des centaines de places de stationnement, on a créé des sens uniques pour que nos rues arrêtent d'être des autoroutes et redeviennent un peu des milieux de vie et on crée de plus en plus de saillies de trottoirs fleuries qui deviennent autant de petites places publiques pour se rencontrer et discuter. Et faire élire cette administration progressiste de Projet Montréal Plateau avec de plus en plus de votes depuis 12 ans.

Alors en guise de conclusion, est-ce que comprendre comment fonctionne ce « corps-cerveau-environnement » peut aider à améliorer le monde ?

Je ne sais pas, mais j'ai l'impression que ça peut nous rendre plus attentifs à toutes ces « décisions par défaut » qu'on prend constamment. Et peut-être alors on pourra exercer un meilleur contrôle sur nous-mêmes, sur notre environnement et sur les autres et nous

faire ainsi, collectivement, gagner un peu plus de bien-être. Et, qui sait, peut-être aussi quelques petits degrés de liberté de plus...

« Tant que l'on a ignoré les lois de la gravitation, [l'être humain] a cru qu'il pouvait être libre de voler, écrivait Henri Laborit. Mais comme Icare il s'est écrasé au sol. Lorsque les lois de la gravitation ont été connues, [l'être humain] a pu aller sur la lune. Ce faisant, il ne s'est pas libéré des lois de la gravitation mais il a pu les utiliser à son avantage. »

De la même façon, il est sans doute impossible de se « libérer » des processus complexes et dynamiques qui nous forment et nous façonnent à tous les niveaux. Mais en les comprenant un peu mieux, on a peut-être une petite chance d'inventer de nouveaux attracteurs qui favoriseraient ce qu'il y a de plus proprement humain en nous.