

Figure 1, page précédente NASA. « ne serait » des toiles dans la grande nébuleuse de Magellan.

«Le monde se porte mal»(?)

~2~

LA CONTRIBUTION DE LA SCIENCE

TABLE DES MATIÈRES

~ 1 ~

DE L'ÉNERGIE COSMIQUE À LA VIE ORGANIQUE

DE L'ÉNERGIE À LA MATIÈRE - *L'infiniment grand - L'infiniment petit*

LE COSMOS TEL QU'ON PEUT LE CONCEVOIR - *La naissance, la vie et la mort des étoiles - L'univers actuel des scientifiques - La « matière » de la matière*

LA MATIÈRE ORGANIQUE - *De La matière organique à la vie organique - De la vie organique à l'humain*

~ 2 ~

L'ÉTONNANTE ALCHEMIE DE LA VISION L'ACTIVITÉ RÉTINIENNE

Les récepteurs rétiniens - Pigments visuels, vision des couleurs - Les voies de transmission - Les champs récepteurs - La reconstitution cérébrale le temps de voir - Activité oriale - du système visuel - La symphonie sensorielle cérébrale

~ 3 ~

APPORT CÉRÉBRAL À LA CONNAISSANCE

STRUCTURES SPÉCIALISÉES DU CERVEAU - *Structures à fonctions cognitives - Le système limbique - Cette science en mouvement*

FONCTIONS VIRTUELLES DU CERVEAU - *La mémoire - Le langageL'univers virtuel - Un organe essentiellement interactif*

AUX LIMITES DE LA SCIENCE - *L'appétit - L'élaboration du moi - Le carrefour de la confrontation; la conscience du moment - Penser - Cause à effet - Les yeux extérieurs, les yeux intérieurs*

~ 1 ~

DE L'ÉNERGIE COSMIQUE À LA VIE ORGANIQUE [tdm](#)

Dans une première partie, face à un malaise profond ressenti par la société actuelle nous avons voulu comprendre. Il est nous a semblé qu'une sorte de désarroi généralisé frappait l'ensemble de notre civilisation. Nous avons procédé à un bilan historique en profondeur pour tenter de déterminer la nature de ce malaise et en faire une analyse éclairée. Nous avons voulu comprendre comment s'était constituée à travers l'histoire ce que nous pensons, ce qu'est notre civilisation occidentale. La conclusion fut assez brutale, nous étions face à une crise de nature historique.

Nous avons utilisé pour arriver à cette conclusion un certain nombre de données scientifiques précieuses. Dans cette seconde partie nous allons encore une fois nous y adresser en lui demandant de nous fournir toutes les lumières disponibles pour approfondir encore notre connaissance de l'humain.

Il faut donc ni plus ni moins tenté une archéologie de la science en vue d'y identifier progressivement les aspects spécifiques de ce développement qui puisse nous aider à comprendre mieux ce qu'est l'humain actuel. Quand il s'est agi de la pensée humaniste nous nous sommes excusés de reculer dans le temps jusqu'à la Préhistoire et même à l'histoire de l'apparition de la cellule, de la vie organique. Nous nous permettrons pour la version scientifique de reculer encore plus loin dans le temps. Encore une fois nous déterminerons arbitrairement des moments de cette histoire qui nous fournisse une meilleure compréhension de de cet humain.

La démarche que nous entreprenons est vertigineuse. Elle se fera en cinq grandes étapes. La première, l'équilibre matières- énergie nous fera remonter à un certain début de cet équilibre que l'on appelle le Big Bang. En refaisant l'histoire de la vie d'une étoile nous verrons les novae refaire le même trajet. Passant de l'infiniment grand du cosmos à l'infiniment petit,

l'atome nous révélera l'étonnante structure de la matière, comme un autre cosmos en infiniment petit. À un moment de cette histoire, celle de la seconde partie apparaîtra subitement, l'apparition de la vie organique. La présence de l'humain nous fera nous demander en quoi il diffère, s'il diffère, des autres animaux. La troisième partie nous mettra en face du phénomène de la connaissance. Nous prendrons l'exemple de la vision, le sens majeur de l'humain, pour tenter de comprendre comment il prend connaissance du monde extérieur. Ce sera le premier contact avec l'idée de l'univers personnel. La quatrième partie nous fera comprendre la contribution du cerveau à la connaissance et comment il permet la cinquième partie, la pensée.

Cette extraordinaire démarche est effectivement vertigineuse. Elle est d'autant plus que la science comme toutes les grandes disciplines humaines possèdent son langage. Au risque de trahir la pensée scientifique et en refusant de vouloir être « à date » nous tenterons de déchiffrer en langage accessible les réalités que nous offrira la science. Parfois dans le texte des données trop lourdes seront indiqués, comme pour le présent paragraphe, par le retrait du texte et une ligne à la marge gauche. dans ce cas, on pourra passer outre sans conséquence si considéré trop ardu..

Pour arriver à bien situer l'origine de la pensée dans l'univers, il faut faire appel à la science, cet immense réservoir de connaissance à notre disposition. Les images qu'elle projette du cosmos et de la matière, celle même dont nous sommes constitués, sont tellement extraordinaires, tellement vertigineuses, qu'il est nécessaire de faire un effort pour pénétrer le langage, la culture scientifique, pour en apprécier toute l'immensité.

Dans les paragraphes qui suivent, les détails scientifiques, la démesure des chiffres ne comptent pas en soi. Il n'y a même pas lieu de faire un effort pour vraiment les retenir. Ce qui compte c'est le sentiment qui se dégage précisément de cette démesure vertigineuse des chiffres qui nous permettent de se faire une idée d'où se situent la vie organique, la connaissance même dans l'univers scientifique. Il suffit de sortir de cette lecture avec d'une part le sentiment profond de l'insignifiance relative de l'existence humaine et d'autre part avec un incroyable émerveillement devant le mystère profond, la beauté, la profondeur de l'univers dans lequel est plongé l'humain. Il n'y a

pas, à ma connaissance, de voie plus accessible pour s'approcher d'une sorte de révérence mystique, détachée des balises des croyances. Cela nous fait participer à l'envergure de cet univers dont nous sommes le centre, le centre de notre univers personnel, le seul qui existe pour chacun d'entre nous.

DE L'ÉNERGIE À LA MATIÈRE O TDM

L'infiniment grand

Je n'avais pas ressenti jusqu'à ce jour l'extravagante aventure de l'exploration de l'espace, les inconcevables investissements de temps, d'efforts et de talent. Je n'avais pas compris jusqu'à ce que l'on me fit voir le fruit de la dernière de ces aventures, l'incroyable odyssée du télescope spatial Hubble. Il faut avoir vu les photos transmises par cette sonde-télescope et que la NASA¹ nous offre gracieusement. Dans sa course spatiale, libéré des inconvénients de l'atmosphère, cet instrument a pu commencer à nous transmettre le fantastique, le prodigieux, le plus féérique spectacle que n'aient jamais pu s'offrir nos yeux. Et ce fut sur nos grands écrans de télévision à haute définition, au sein même de notre intimité que nous pûmes voguer de planète en galaxie puis entre les galaxies, croyant par moment apercevoir les confins de l'univers.

Profitant d'alignements favorables de planètes qui ne se présentent qu'à un ou deux siècles d'intervalle, une autre sonde spatiale, «Voyager 2», lancée depuis la terre, a pu rebondir sur ces planètes. Grâce au jeu de la gravité et de la vitesse, elle a pu acquérir l'énergie nécessaire pour se donner une trajectoire qui a permis son grand bond dans l'espace. Au 7 décembre

¹ NASA; <http://www.nasa.gov/topics/universe/index.html>

2012, 35 ans après son lancement, la sonde Voyager 2 était rendue à plus de 15 billions de km du soleil, au-delà de la trajectoire de Neptune, la plus lointaine des planètes. Elle quittait le système solaire pour sa grande odyssée dans l'espace galactique. La NASA s'attend à ce que les signaux radio qu'elle transmet, les porteurs d'images, nous parviennent jusqu'en 2025 soit 48 ans après son lancement.

Mais au-delà du lyrisme bien légitime que ces bouleversantes images permettent, il se cache une autre réalité fantastique, intellectuelle celle-là, la traduction de ces réalités en chiffres. Si l'immensité des images nous dépasse, les invraisemblables unités utilisées pour les décrire sont tout aussi stupéfiantes.

On sait d'expérience ce que représentent 1 kilomètre, 100, voir, 1000 kilomètres. Pour tester notre imagination nous avons eu récemment une crise économique qui a nécessité de brandir des chiffres de déficits de l'ordre des millions, des billions, même aller jusqu'à utiliser le trillion de dollars. Mais pour décrire le cosmos la longueur des chiffres nécessaires devient impraticable. Pour pallier, on utilise l'*exposant* et la *base 10* (le *logarithme* de 10). Ainsi 100 s'exprime par $10^{\text{exposant } 2}$, soit 10^2 (10×10); l'exposant 2 se reconvertit en «1» suivi de deux zéros. 1000 devient 10^3 (1 suivi de 3 zéros). Cette traduction mathématique permet ainsi de remplacer les millions par 10^6 (1 suivi de 6 zéros), les billions par 10^9 (1 suivi de 9 zéros). et le trillion devient 10^{12} , soit 1 suivi de 12 zéros, 1 000 000 000, 0000.

Ces chiffres ne sont encore pourtant pas à la mesure de ce qu'il faut pour parler des dimensions et des distances interplanétaires. L'unité utilisée est l'*année-lumière* soit la distance parcourue par la lumière en une année, à la vitesse d'environ 300 000 kilomètres par seconde. En 1 seconde la lumière ferait 8 fois le tour de la terre dont la circonférence est d'environ 40 000 km alors qu'un avion de ligne y mettrait plus de 24 heures pour un seul tour. On comprendra donc l'utilité des logarithmes pour parler de l'années-lumière; cela donne le chiffre incroyable de 10 trillions de kilomètres, , 1 suivi de 13 zéros, ou encore en logarithmes, 10^{13} . On annonçait récemment que le télescope spatial Hubble produit des photographies d'étoiles situées à plus de 30 trillions d'années lumières

Passons maintenant à la réalité cosmique; ici commence la fantasmagorie. La terre fait partie du système solaire dont le centre, le soleil, une étoile de type *petite jaune*, est situé à 27 années-lumière du centre d'une galaxie que nous connaissons sous le nom de *Voie lactée*. Cette galaxie spirale, plutôt petite, mesurant grossièrement 150 000 années-lumière de diamètre contient des centaines de billions d'étoiles sans compter le gaz et la poussière interstellaires. On appelle galaxie tout système organisé d'étoiles et de matière interstellaire dans l'espace, maintenu en forme par le jeu de la vitesse et de la gravitation. Les galaxies varient de taille, pouvant contenir de millions à des trillions d'étoiles. Elles sont groupées en grappes pouvant aller jusqu'à des dizaines de milliers de galaxies meublant ainsi un coin de l'univers. La matière que contient l'univers a été évaluée à 2×10^{50} kg et pourtant ceci ne représenterait en moyenne que quelques atomes au mètre cube; la plus grande partie de l'univers est donc constituée de vide, ne contenant que des agglomérats de matière distribués sous diverses formes, gaz ou poussières. Une substance mystérieuse largement présente commence à être décrite par les scientifiques, la *matière noire*.

L'infiniment petit

Après ce vaste périple dans les espaces sidéraux on peut avec autant d'ébahissement se tourner vers ces substances dont sont composés les objets qui nous entourent, cette matière dont nous sommes nous-mêmes constitués. La nouvelle trajectoire sur laquelle nous projette notre démarche nous entraîne dans l'infiniment petit, à l'autre extrême de l'échelle des dimensions utilisées en science. De positifs qu'étaient les chiffres ils deviennent négatifs, se ressemblant étrangement.

En unité négative ces distances s'expriment en fractions de mètres. Le millimètre, un millième de mètre, nous est bien connu. Dans l'univers de l'infiniment petit le millimètre s'exprimera par 10^{-3} (.001 ou 3 positions à droite du point). L'unité suivante, le micron 10^{-6} (1/1 000 000 ou 1 millionième de mètre); un globule rouge du sang mesure environ 7 microns. L'unité suivante est le nanomètre, 10^{-9} (1 billionième de mètre). Enfin, la dernière unité, l'angström, vaut, curieusement, 1/10^{ième} de nanomètre soit 10^{-10} .

Ce qui fascine encore autant que ces unités de longueur, ce sont celles utilisées pour mesurer la durée. Elles peuvent être extraordinairement courtes. Comme on pouvait s'y attendre, après le millièème de seconde, la *milliseconde* (10^{-3}), elles se développent en une série d'unités valant chacune un millièème de fois plus courte que la précédente.. On passe ainsi de la milliseconde (10^{-3}) à la yoctoseconde (10^{-24}). On utilise pour spécifier la longueur d'onde de certains lasers utilisés en chirurgie de la cornée, la femtoseconde (10^{-15}). Cette unité représente l'extraordinaire millièème de billionième de seconde. Elle sert en neurophysiologie de la vision à définir le temps de réponse des molécules de pigment visuel des récepteurs de la rétine lorsque frappés par des photons de lumière.

Qu'elle soit minérale, végétale, animale ou synthétique, la matière est composée de ce que l'on appelle des *molécules* et Des atomes. Les molécules sont les plus petites quantités possibles d'un *corps composé* au-delà de laquelle il perd, si on le scinde, ses propriétés chimiques. Une molécule de sel de table, par exemple, NaCl, constitue la plus petite partie de sel au-delà de laquelle elle devient un atome de sodium (Na) et un atome de chlore (Cl). Les molécules peuvent être très petites comme les molécules de sel de table, ou bien immenses, comme celles des polymères naturels ou synthétiques tels les plastiques. Les polymères peuvent être formés de millions de petites molécules identiques réunies entre elles par des liens électrochimiques.

Au-delà des molécules, poursuivant la réduction de la matière en particules de plus en plus petites, on trouve donc l'atome. L'atome est ce qui définit la structure de chacun des 117 éléments connus pour le moment, soit la *totalité* des divers constituants qui participent à la formation de la *totalité* de la matière de l'univers; ils sont les mêmes, que ce soit dans les lointaines galaxies ou dans ma peau. L'atome lui-même est formé d'un noyau et d'électrons qui tournent autour de celui-ci sans le toucher, presque à la vitesse de la lumière, à 299,339 km à la seconde, un peu comme un nuage d'insectes autour d'une bougie. Leurs trajectoires définissent ainsi, sans jamais se toucher, les limites atomiques. Ces limites atomiques définissent les limites de tous les objets matériels de l'univers aussi bien que celles de mon corps que ses organes intérieurs.

Cette structure de la matière, des objets concrets que nous manipulons. rappelle celle du cosmos avec ses galaxies tournant en spirales enlacées, s'attirant et se repoussant, dans le vide de l'espace sidéral, à des années lumières les unes des autres. En fait toute l'activité électrochimique de l'atome est le résultat de ces petits paquets d'énergie que sont les électrons se repoussant ou s'attirant eux aussi, comme les galaxies dans le vide spatial. Toute proportion gardée, les distances séparant les électrons entre eux et de leur noyau sont étonnantes. Ainsi, en imaginant un noyau atomique de la taille d'un pamplemousse, la distance de celui-ci de ses électrons serait de plusieurs kilomètres. Par perte ou récupération d'électrons, l'atome devient chargé électriquement (ionisé), positivement ou négativement assurant ainsi par attraction les liens électrochimiques entre les atomes et les molécules.

Particules subatomiques

On peut se permettre de poursuivre notre démarche mais en étant cette fois bien conscient qu'il s'agit d'un survol superficiel incapable de rendre justice à la réalité scientifique; l'utilisation de la nomenclature anglaise par ignorance de leur traduction en atteste avec regret. Les données précises utilisées proviennent d'articles encyclopédiques à la portée de tous sur Internet.

L'atome est porteur d'électrons de charge négative et d'un noyau lui-même composé de protons positifs et de neutrons électro-magnétiquement neutres. Mais là s'arrête l'accessible, l'imaginable, pour passer au surréalisme des particules subatomiques. Les protons et les neutrons seraient constitués de particules encore plus petites. Essentiellement, il semble que la matière soit faite de deux sortes de particules fondamentales, les quarks et les leptons, dont font partie les électrons.² Chacune de ces catégories de particules se subdiviserait en

² Fehling, Dave. The Standard Model of Particle Physics: The Johns Hopkins University. <http://www.pha.jhu.edu/~dfehling/> .

six types. Chaque type de quark et de lepton possède une antiparticule correspondante. Un quark n'a encore jamais été isolé; il semble qu'ils ne se trouvent qu'en paires ou en triplets formés d'autres quarks ou d'antiquarks. Plus de 200 telles particules résultantes, appelées *hadrons*, ont été identifiées. Ces particules subatomiques élémentaires de la matière sont gouvernées chacune différemment par quatre forces distinctes : la gravitation, l'électromagnétisme, la « strong force » et la « weak force ». De plus, chaque force est véhiculée par une ou plusieurs particules élémentaires, photon, gluon, particules W ou Z et le graviton. Avec le photon nous revenons en quelle que sorte sur terre; le photon est l'unité de lumière captée par une molécule de pigment visuel de la rétine de l'œil. Chacune des particules élémentaires possède son antiparticule, c'est-à-dire qu'il existe une particule de polarité électrique ou magnétique opposée. Lorsqu'une particule et son antiparticule entrent en collision il peut se produire, entre autres, un transfert total de masse en énergie.

L'existence d'antiparticules a permis la création d'antimatière comme le positronium et l'antihydrogène. L'antimatière dans notre partie de l'univers n'a qu'une très courte vie due à la forte concentration de matière. L'antihydrogène, par exemple, n'a survécu que 40 billionnièmes de seconde. Les expériences sur les particules subatomiques nécessitent des installations véritablement impressionnantes. Le dernier synchrotron construit par le CERN³ sous la frontière franco-suisse comprend un tunnel circulaire de 27 km. L'objectif est de prouver ou d'infirmer l'existence des bosons de *Higgs*. En juillet 2012 on annonçait avoir documenté l'existence de ce boson. Si on comprend bien, cette avancée jetterait un peu de lumière sur le passage réversible *énergie* \leftrightarrow *matière*. La grande réalité est que cette avance scientifique documentant les théories actuelles allait ouvrir la porte à la possibilité de nouvelles théories! C'est là l'essence même de l'approche scientifique.

³ Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire

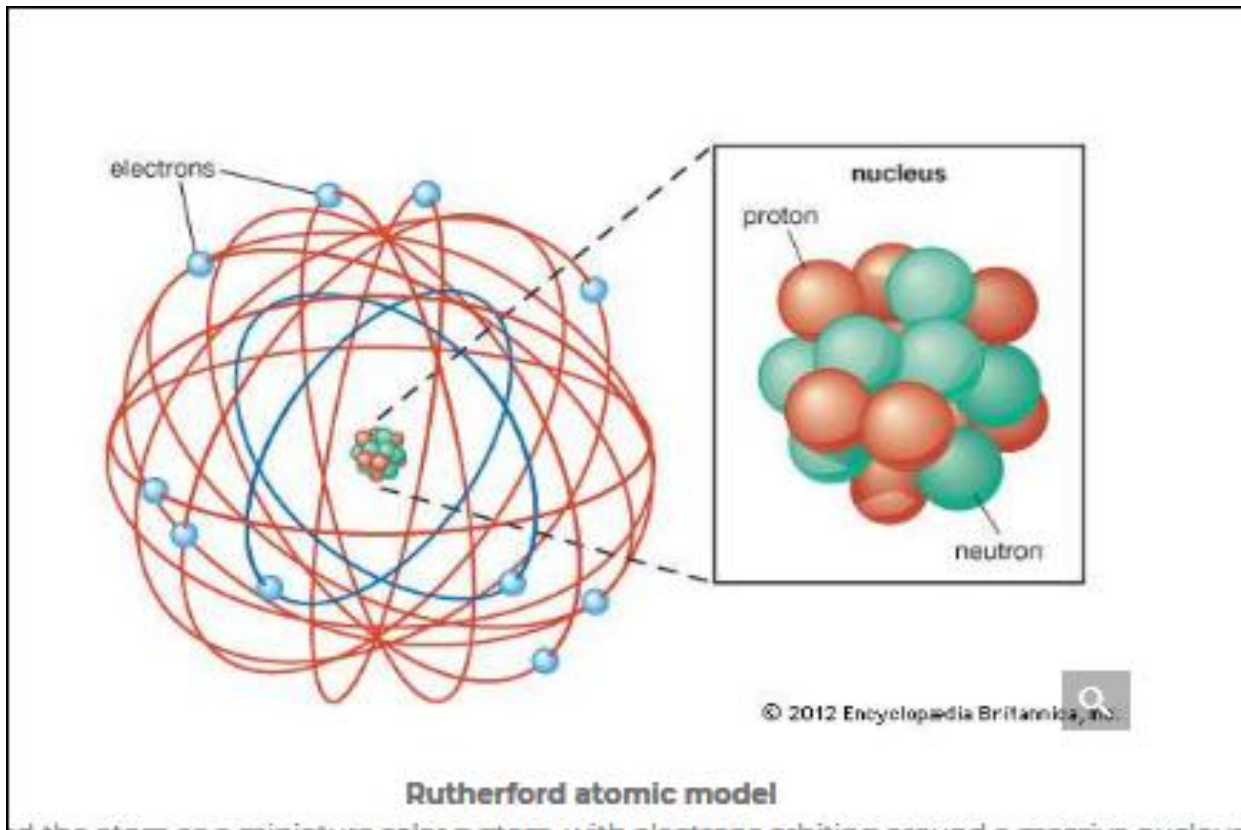


Figure 2 Modèle de l'atome de Futherford. Le noyau se situe au centre. Il est entouré des électrons quicirclent en plusieurs orbites autour.

<https://www.britannica.com/science/atom/Discovery-of-radioactivity#ref496652>

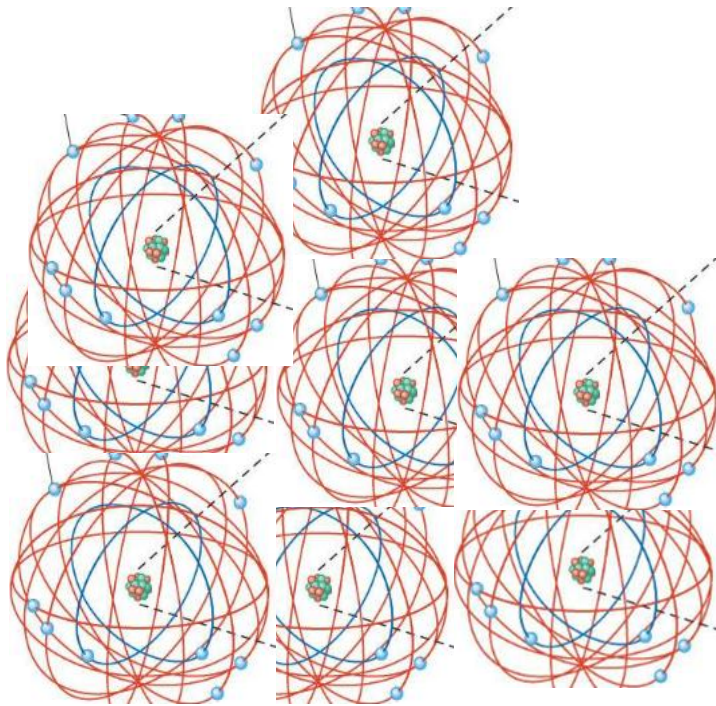


Figure 3 La matière serait donc un amas d'atomes qui ne se touchent que par des couches d'électron, des paquets d'énergie qui ne s'unissent que par leur polarité positive ou négative

LE COSMOS TEL QU'ON PEUT LE CONCEVOIR tdm

L'avalanche vertigineuse de chiffres qui précède n'est qu'un prélude pour mieux saisir cette autre encore plus vertigineuse description de du cosmos et la non moins extraordinaire insertion de l'humain dans cet univers. On ne fait pas l'histoire du cosmos; pour parler du cosmos on commence en quelque part, comme on monte dans un carrousel. Tout dans l'univers est cycles et équilibre régi par des lois communes. Nous choisirons de commencer par l'histoire de la vie des étoiles.

La naissance, la vie et la mort des étoiles.

Les étoiles naissent dans des régions de l'espace habitées par des gaz et des poussières interstellaires qui forment ces structures appelées des nébuleuses, nébuleuse du crabe, nébuleuse de Magellan par exemples. Les nébulas de Magellan sont de petites galaxies irrégulières satellites de la Voie Lactée autour de laquelle elles orbitent. Elles sont à près de 200 000 années lumières de nous. On parle de ces nébuleuses comme étant des pépinières d'étoiles, « *star nurserie* »s en anglais. Plusieurs forces entrent en action pour gérer la séquence d'évènements entourant la formation des étoiles. Une nébuleuse est formée de diverses structures allant de millions d'étoiles à jusqu'à des masses inertes de tailles variables et aux poussières et aux gazes interstellaires. Toutes ces structures circulent dans l'espace selon des trajectoires qui leur sont propres, à des vitesses vertigineuses; cette vitesse de déplacement et leur attraction réciproque sont les principales forces en cause dans la création des étoiles. Toutes ces masses de matière exercent une attraction sur les autres masses qui l'entourent, proportionnelle à leur taille, plus justement, selon leur masse. Lorsqu'un objet quelconque entre dans un tel champ d'attraction la trajectoire de sa course est déviée par celle-ci. Il s'établit un équilibre entre sa vitesse qui tend à l'arracher à l'attraction et cette force qui l'attire vers elle. L'issue de la rencontre est fonction du résultat de l'équilibre entre vitesse et attraction. Si l'attraction domine, l'objet s'écrase à la surface de l'autre; si ces forces arrivent à s'équilibrer, l'objet entre en orbite autour de la plus massive des deux. Autrement, légèrement dévié dans

sa trajectoire, l'objet se perd dans l'espace. La force d'attraction se nomme la force de gravitation; c'est elle qui nous maintient debout sur la terre quelle que soit notre position sur celle-ci. Ce jeu de la gravitation se manifeste au début sur les gaz et les poussières mais il se manifeste dans toute sa puissance entre les étoiles et les galaxies.

C'est ainsi que naît une étoile, à partir d'une masse de moyen calibre qui s'accapare des poussières et des gaz qui l'entourent. Il se constitue ainsi progressivement un objet de taille énorme, une étoile. La masse de cette étoile devient telle que la compression et la température atteignent un niveau tel que la fusion nucléaire s'amorce. À ce point, utilisant l'hydrogène comme combustible, l'étoile irradie une variété d'énergies dont la lumière; elle devient visible. On pourrait, par analogie, dire qu'elle a atteint son âge adulte.

La gravitation continuant d'agir, la masse de l'étoile augmente progressivement. L'augmentation de masse atteint un point tel que sous la pression et la température, l'équilibre entre la force de gravitation et la force atomique qui lui résiste est rompu. Il se produit une explosion colossale qui désintègre l'étoile. Toute la matière concentrée est instantanément transformée en énergie. L'équation réversible *énergie-masse* est renversée et devient *énergie* \leftarrow *masse*. On décrit ce phénomène le passage de l'étoile à l'état de *Supernova*. L'incommensurable énergie qui se dégage se répand dans l'espace et au gré du refroidissement, se transforme en atomes puis en matière sous forme de gaz, de poussière puis de particules. L'étoile, à la fin de son existence, rend à l'espace les éléments qui la composaient sous forme d'énergie, d'atomes, de gazes et de poussières, tous éléments qui ont contribué à sa formation initiale. Le cycle est bouclé.

La Supernova n'est qu'une des formes que peut prendre la fin d'une étoile. On décrit différents types d'évolutions possibles comme les naines brunes, les naines blanches et les trous noirs. Toute cette science dépasse le cadre de notre démarche. Au-delà de ces fins catastrophiques, les étoiles peuvent poursuivre leur participation à cette formation à laquelle elles appartiennent, la galaxie. Formées parfois de billions d'étoiles répandues sur des billions d'années lumières dans l'espace, ces galaxies ont leur vie propre. La gravitation décrite pour les étoiles continue d'agir; c'est elle qui maintient la galaxie en forme. Mais ces galaxies se comportent entre elles comme les étoiles. Elles s'attirent et s'éloignent, elles se cannibalisent entre elles.

L'univers actuel des scientifiques

On ne peut comprendre la conception actuelle de l'univers des scientifiques sans, encore une fois, retourner en arrière. L'histoire de notre univers commence avec le «*Big Bang*», conception largement acceptée dans le monde scientifique. Il s'agirait d'un *événement* qui se serait produit en quelque part dans l'univers il y a environ 13.8 milliards d'années il ne s'agit pas d'une explosion mais bien de passage subi d'un coin de l'univers de la matière à l'énergie simultanément partout. Il en résulte donc une expansion mais une expansion sans centre et dans toutes les directions. Le big-bang n'a aucune prétention philosophique quand t'a la notion de création. Tout ce que le Big bagne affirme c'est que l'univers *tel que nous connaissons* a commencé par réchauffement considérable de la matière transformée en énergie. Cette énergie persiste sous forme de *fond diffus cosmologique* représentant 96 % de l'énergie cosmique actuelle puis, en se refroidissant, l'énergie a commencé son lent retour vers la matière. C'est à partir de l'énergie primaire que les éléments simples comme l'hélium et le lithium puis les étoiles et les galaxies seront formées. Les éléments les plus lourds comme le carbone et l'oxygène se serait formé plus tard dans les galaxies et les étoiles reconstituées, la *nucléosynthèse stellaire*

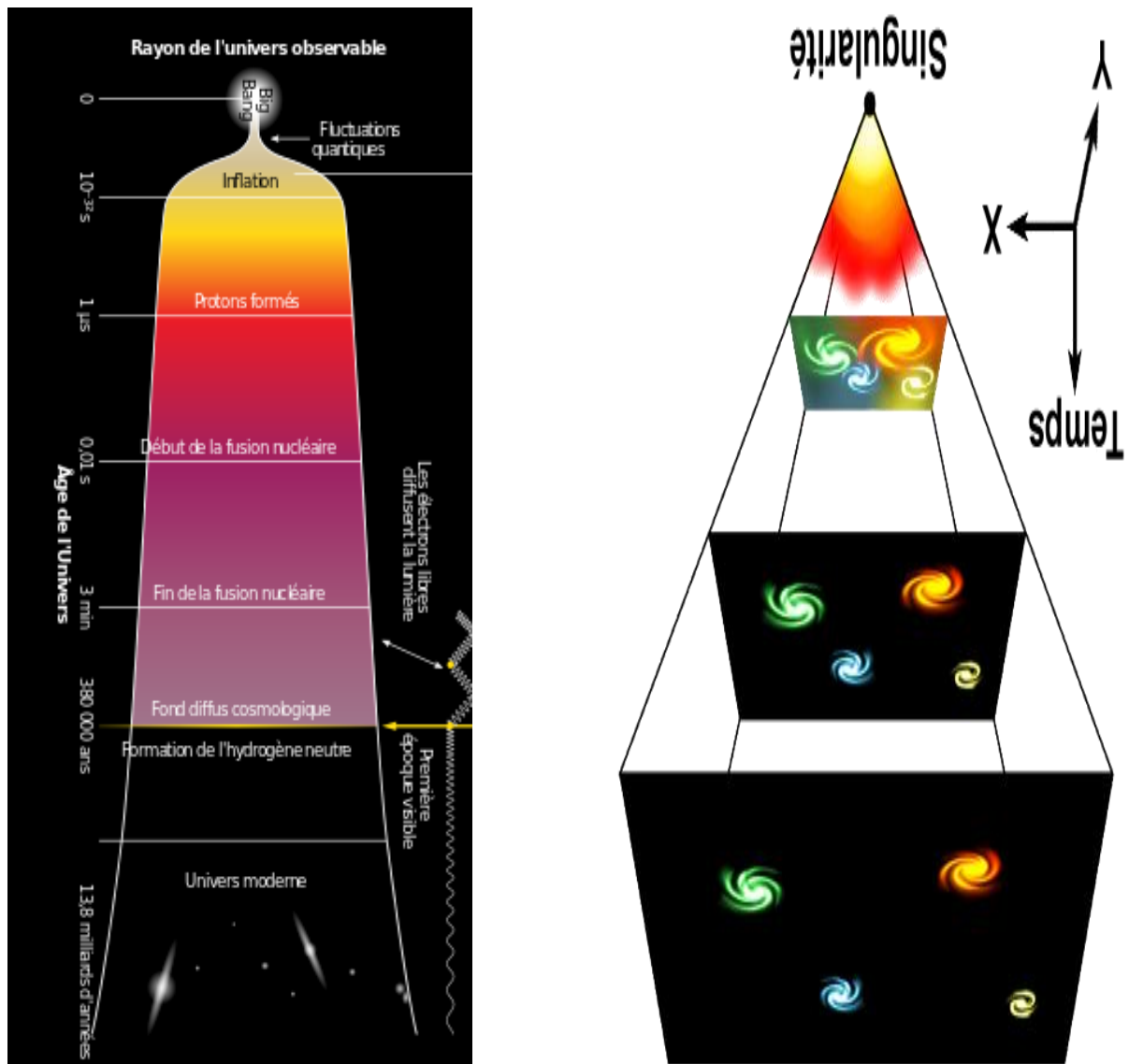


Figure 4 ; représentant l'expansion de l'univers. Voir le texte de la page suivante pour la description. https://fr.wikipedia.org/wiki/Big_Bang

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe_expansion_\(fr\).PNG?uselang=fr](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe_expansion_(fr).PNG?uselang=fr)

Les figures de la page précédente constituent une tentative de conciliation de deux conceptions de l'univers défini selon deux approches différentes. Dans la partie de droite, un astrophysicien regardant l'univers à travers les données de ses sondes spatiales se situe dans la plage planétaire supérieure. Il observe le ciel actuel. Mais en réalité il observe la superposition des images de ce que fut l'univers dans le passé. Parmi les planètes observables il envoie certaines d'une existence récente et d'autres situés beaucoup plus loin qui correspondent à la transmission de l'image de ce que fut l'univers dans le passé. Ce retard dans le temps correspond aux limites imposées par la vitesse limitée (finie) du train de lumière visible transmis par l'objet du passé. Cette réalité correspond à l'univers des mathématiciens représentés à la figure de gauche. Tout le grand écart intellectuel de la conception du temps réside dans le fait que la portion inférieure du graphique de gauche correspond à la portion supérieure du graphique de droite. De là naît la difficulté sur laquelle se butent les astrophysiciens dans leur quête de l'explication du passage de la matière à l'énergie. L'incroyable quantité des particules subatomiques, des forces en cause, de l'antimatière et des autres éléments constitueraient la séquence dans le temps actuel de ce qui se passe en réalité dans une valeur de temps différent. On devine qu'ils existent, au sec qu'on peut les mettre en évidence même si on n'arrive pas à les faire survivre dans notre temps.

Les concepts mathématiques sur lesquels se fondent nos connaissances de l'univers dans lequel nous vivons aboutissent à des conclusions qui ne cessent d'étonner le non-initié. Un bon exemple est le concept *d'espace-temps* utilisé pour définir une entité. On n'y parle plus d'objets tridimensionnels mais d'*événements*, de *pois* où la quatrième dimension, le temps, n'est plus une valeur constante universelle; il varie selon la vitesse de déplacement de l'observateur. Plus la vitesse est grande, plus le temps est court. On ne parle plus de l'endroit où se produit l'événement mais de son *où et quand*, «*where and when*».

La « matière » de la matière

Nous avons suivi la formation des étoiles à partir des gazes et des poussières de l'espace. Nous avons également vu l'énergie originelle nécessaire à la création de cet univers matériel depuis une instabilité gravitationnelle massive de la matière qui a produit le big-bang. Mais toujours nous en revenons au matériel de base de cette matière que nous connaissons, l'atome.

L'atome n'est, sur le plan scientifique, qu'une théorie mais une théorie non réfutée pour le moment et qui s'avère très rentable. Sa représentation atteint un niveau de merveilleux aussi extraordinaire que celle du cosmos, à l'autre extrême du spectre des dimensions. Et pourtant toute matière existante est composée de ces mêmes atomes répondant aux mêmes lois. Les atomes adoptent dans l'univers un certain nombre de structures qui forment ce que l'on appelle les corps simples ou *éléments*. Ce sont les plus petites parties constituantes de la matière, indivisibles, au-delà duquel ils perdent leurs caractéristiques : le fer, le cuivre, le sodium ou encore des gaz comme l'oxygène. Ces corps simples sont définis par les couches d'*électrons* qui forment leur enveloppe extérieure. Selon leur polarité et leur structure physiques ces atomes s'assemblent pour constituer la matière complexe des objets concrets de l'univers. Ces forces qui les constituent et régissent leurs associations possèdent une incroyable énergie. C'est cette énergie qui est libérée quand se forme une supernova par altération nucléaire. Nous connaissons la puissance de cette énergie par l'exploitation de l'énergie nucléaire.

Si l'on en croit les conclusions scientifiques, dans ce grand cycle cosmique que nous venons de suivre le monde matériel de notre univers tel que nous le percevons résulte d'un état d'équilibre entre la matière, la masse, et l'énergie. Cette énergie basale serait concentrée dans l'équilibre atomique des particules qui les constituent. Toutes les structures matérielles de l'univers semblent répondre à une force d'attraction dont le résultat une tendance fondamentale de cohésion; on peut ainsi suivre la chaîne - gaz – poussières – particules - masses informes – étoiles – galaxies –supernova en énergie et le cycle recommence en énergie . Le $E=mc^2$ d'Einstein exprimerait ce cycle, l'énergie d'un corps serait égale à sa masse multipliée par la vitesse de la lumière (300 000 km heure) portée au carré. Théorie ou

pas, cette « *théorie* » de l'atome a hélas permis Hiroshima et les centrales nucléaires qui fabriquent notre électricité.

LA MATIÈRE ORGANIQUE [tdm](#)

Il semble bien qu'au cours de l'histoire de l'univers, il s'est produit en un seul endroit à notre connaissance pour le moment, sur une planète du système solaire dans la galaxie de la Voie lactée, un phénomène exceptionnel. La matière sur la planète terre présentait un assemblage de conditions assez particulières. Ces conditions réunissaient une température modérée, une concentration d'oxygène et d'azote plutôt que des gaz toxiques, une absence de radiations cosmiques létales et surtout l'omniprésence de l'eau. C'est cet état de choses qui a permis l'éclosion puis la prolifération de la matière organique.

Tout comme les forces régissant le cosmos faisaient se fondre les unes dans les autres les gaz, les étoiles et les galaxies, tout comme se concentraient les particules et les électrons pour former les atomes, sur la terre, le milieu organique manifestait également une sorte de force de coalescence. Cette force de coalescence, par assemblage d'atomes puis de molécules favorisé par la présence de l'eau qui permettait le mouvement de ces éléments, , en est arrivée à produire des substances complexes que l'on appelle des molécules puis des protéines, des macromolécules contenant en général au moins du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Les composantes de ces structures étaient rassemblées depuis la matière du milieu aqueux ambiant. C'est la présence de l'eau dans laquelle elles baignaient qui les rendait mobilisables, permettant ainsi ces assemblages complexes.

De La matière organique à la vie organique

Il se produisit ensuite un phénomène capital. Ces agglomérats de grosses molécules développèrent autour d'elles-mêmes une enveloppe, une capsule, formée de molécules lipidique, matière grasse qui isolait le milieu intérieur de celui dans lequel ces agglomérats baignaient. De telles formations de capsule se produisent spontanément dans la nature actuelle. Cette membrane permet de développer une composition de ce milieu intérieur différente de celle de l'extérieur. De façon schématique nous venons de décrire la formation des premières *cellules*, ces structures fondamentales de la vie organique.

Ces cellules développèrent de nouvelles molécules complexes qui leur étaient propres, créant ainsi un milieu véritablement autonome. De nouvelles substances vraiment spécialisées allaient lancer le développement biologique. Parmi les plus importantes apparurent les *acides nucléiques*, (ADN). À cause de leur structure ces molécules allaient doter les cellules de deux caractéristiques qui s'avèreront constituer les fondements du développement de la vie organique, la *réplication-reproduction* et *l'évolution génétique*. Répondant à certains équilibres électrochimiques ces cellules allaient se diviser tout en transmettant leurs caractéristiques aux nouvelles cellules filles. De plus, ces acides nucléiques, formés en gènes, allaient, avec le temps, pouvoir accumuler des modifications, des erreurs, des *mutations*, elles-mêmes transmissibles par la suite. L'évolution des espèces était lancée.

Il faut essayer de s'imaginer les débuts de la vie organique comme réduits au minimum. Ce fut d'abord l'apparition d'êtres monocellulaires qui évoluèrent vers des espèces comprenant plusieurs cellules. Certaines des cellules de ces multicellulaires se diversifièrent et développèrent des fonctions nouvelles. Ces ensembles venaient de se doter d'*organes spécialisés* qui continuaient cependant de coexister avec les autres organes, partageant avec l'ensemble une identité commune tout en étant différentes. C'est ainsi que peuvent se décrire, encore une fois très schématiquement, les débuts de cette phase particulière de la matière, l'apparition de *vie organique*.

La suite de l'évolution des espèces n'est pas à décrire. Mentionnons simplement le développement de deux substances particulières qui

aractérisent les deux grands règnes de la nature, le règne végétal et le règne animal. Ces substances sont la *chlorophylle* pour les végétaux et l'*hémoglobine* chez les animaux. De structure étonnamment semblable, elles se différencient principalement par la présence d'un atome de zinc dans la *chlorophylle* plutôt qu'un de fer dans l'hémoglobine. Les deux cependant possèdent des affinités spécifiques pour le CO^2 , le gaz carbonique. L'hémoglobine remplit une double fonction. Elle libère au niveau du poumon du CO^2 , déchet du métabolisme cellulaire de l'organisme et captent, en échange, l'oxygène de l'air. Elle transporte ainsi aux cellules de l'organisme cet 'oxygène essentiel à leur métabolisme. Ce CO^2 ainsi remis en circulation dans l'air air ambiant, est par ailleurs absorbé par les plantes grâce à la chlorophylle qui utilise l'énergie du soleil et ce CO^2 pour produire du glucose dont elles se nourrissent. Ce CO^2 toxique ainsi transformé en sucre enrichira les herbes qui nourriront les animaux herbivores qui à leur tour seront la proie des carnivores. Et l'homme omnivore bénéficiera de ce cycle vital à tous les niveaux. Cette symbiose est fondamentale, au point que toutes les chaînés alimentaires animales ont comme point de départ nécessaire le règne végétal et sa capacité d'utiliser l'énergie solaire.

Dans l'univers cosmique comme dans celui de la structure atomique de la matière, la masse, sous l'effet des forces qui la contraignent, est en équilibre avec l'énergie qu'elle possède. Mais comme nous l'avons vu, qu'il s'agisse de la création d'une supernova ou de transformation scientifique de l'atome en énergie atomique utilisable, ces changements se traduisent en libération considérable subite, souvent brutale d'énergie. La phase organique de l'univers traite la relation masse-énergie d'une façon très différente. Ces transformations de masse en énergie se produisent d'une manière *contrôlée* et *sur demande*, selon les besoins de l'organisme. Les cellules humaines par exemple brûlent du glucose en associant cette transformation à la présence d'une molécule, l'adénosine diphosphatée (ADP); cette molécule, présente dans toutes les cellules, récupère le surplus d'énergie libéré par le métabolisme du glucose, plutôt que de permettre la destruction de la cellule. L'ADP se transforme en ATP triphosphatée et transporte cette énergie libérée pour l'utiliser ailleurs dans l'organisme, suivant ses besoins. Cette molécule d'ATP ainsi transformée ira, transportée à son tour par la circulation, servir à la contraction musculaire, à la transmission électrique des nerfs et à toute une panoplie d'autres usages dont le fonctionnement du cerveau, simplement un des organes spécialisés de l'organisme.. Notons en

passant que cette énergie servira à la création des mémoires et au maintien et au développement des réseaux de communication de la matière blanche du cerveau. Ces molécules d'ADP-ATP seront donc instrumentales à l'élaboration de la pensée!. Ainsi, les petites cellules de l'organisme sont en réalité de petites centrales nucléaires qui produisent de l'énergie, contrairement à nos centrales nucléaires, sans déchets radioactifs.

De la vie organique à l'humain

Nous nous permettrons de passer d'emblée à l'humain; nous prendrons pour acquis l'évolution des espèces telle que nous la propose la science. Cette évolution a permis très tôt dans l'espèce animale une faculté que nous prenons pour acquise le développement des sens. Il faut se rendre compte qu'ils ne font que *rendre présent* à l'intérieur de l'organisme les objets extérieurs. Cette transmission a été rendue possible par le développement des mémoires, ces véhicules de l'univers extérieur. Au lieu d'attendre le coup pour en connaître la présence, l'animal, le voyant venir grâce à ses yeux, pouvait l'esquiver. Sans les sens, les cellules de l'organisme seraient réduites aux seuls réflexes physiques du contact direct

Les sens traduisent en courant électrique, l'influx nerveux, la perception du monde extérieur. Des salves de données constituent des *quanta* neurophysiologiques qui sont emmagasinés sous forme de mémoires dans le cerveau. Ces quanta possèdent l'énergie d'entraîner des réactions dans une variété de structures spécialisées. Déjà nous atteignons un niveau hautement virtuel. Par la suite, les quanta mémorisés peuvent être rappelés à l'attention; ils reproduisent de nouveau les réactions initiales déjà connues. Les quantas agissent comme si l'objet extérieur perçu par les sens était présent. Ceci représente un rehaussement considérable du niveau virtuel. L'évolution poursuivant sa spirale faisait ainsi un bond de l'organique au bonobo, elle permettait l'invention de l'outil et plus encore.

Entre en jeu l'évolution anatomique. Le développement apporte la station érigée, le pouce préhensif et finalement un raffinement de la structure du larynx qui changent totalement la donne. Par indices mémorisés, signes, clics puis éventuellement par l'articulation de mots, l'humain accède à un moyen de communication évolué. Le langage permet de rappeler à

l'*attention* des objets par leur seule évocation verbale. L'humain arrive à non seulement à «voir» ces objets qu'il ne voit pas, mais à établir, à « voir » des relations entre eux. Cette opération essentiellement virtuelle représente un bond unique dans le cours de l'évolution, l'apparition de ce que dans une approche autre de la réalité on nomme l'idée, la pensée.

Pour plusieurs, la pensée se situe au-dessus du matériel. Elle s'en détache suffisamment pour permettre l'abstraction. La réflexion scientifique parle plutôt de virtuel que d'abstrait. L'abstraction, pour le philosophe, opère sur des relations plutôt que sur des réalités physiques; le virtuel apparaît comme une réalité objective *fonctionnelle* pour l'informaticien par exemple. La mémoire physique qui véhicule une abstraction est bien matérielle, une modification biochimique cellulaire et synaptique du cerveau. Mais l'évocation d'une mémoire, que ce soit l'objet ou l'idée de l'objet qu'elle évoque en l'absence de celui-ci, est-elle abstraite ou virtuelle? Dans le cas d'une personne qui établirait une relation, nouvelle pour lui, entre deux objets remémorés, générant une idée nouvelle; cette idée pourrait-elle être tout aussi bien considérée physiologiquement virtuelle qu'abstraite? L'imagination qui crée des rapprochements, comme dans les métaphores par exemple, est-elle dans le même cas?

~ 2 ~

L'ÉTONNANTE ALCHEMIE DE LA VISION [tdm](#)

L'humain n'accède à la connaissance du monde extérieur que grâce à ses sens. Ils ne sont d'ailleurs eux-mêmes accessibles, chacun, que par à un langage codé d'une nature particulière, lumière, son ou autre. Privé de ses sens, l'humain cesse de fonctionner. On connaît en clinique neurologique un syndrome de *privation sensorielle*. Cet état se retrouve généralement chez des gens âgés, confinés en foyers d'hébergement et porteurs de deux pathologies liées à l'âge, surdité et cataractes. Pratiquement, devenus sourds

et aveugles, coupés de leur milieu, ils décrochent, perdant tout contact avec le monde extérieur. Ils deviennent incapables de subvenir à leurs besoins les plus élémentaires ou même de communiquer. Ces sortes de loques humaines retrouvent une vie relativement normale avec une simple chirurgie de la cataracte, ne serait-ce que dans un seul œil. Les sens en permettant la connaissance connectent les humains avec le monde extérieur.

Ce premier stage du cheminement de la prise de contact avec la réalité extérieure se produit grâce à un phénomène absolument étonnant. Les sens sont des *transducteurs*, c'est à dire des organes capables de transformer une sensation, propre à chacun des sens, en un courant électrique. Ce signal électrique est ensuite manipulé par le système nerveux qui littéralement l'analyse, le traite, comme l'ordinateur traite les données fournies par le clavier. Ainsi transformé en signal électrique le message des sens devient signal électrique, une donnée physique manipulable électriquement.

Chez l'humain le sens majeur est la vue. Par comparaison avec les autres espèces on dit de l'humain qu'il est un animal visuel alors que le chien par exemple est considéré un animal olfactif. L'étude de la vision nous fait pénétrer dans la plus extraordinaire des manifestations de cette transduction neurologique; cette incroyable transformation fait passer de la réponse physique à lumière à la représentation cérébrale du monde extérieur. La vision, ce sens majeur de l'humain, est le sens dont la neurophysiologie est la plus complexe mais également la plus étudiée à date.

L'essentiel de la connaissance nous est fourni par une certaine capacité que nous possédons de manipuler la lumière, cette chose, onde ou particule, cette constante c^2 dans l'équation d'Einstein $e = mc^2$. Cette lumière dont l'unité est la plus infinitésimale particule connue en physique, sur laquelle deux géniales théories de l'univers, aussi vraies l'une que l'autre, celle de la relativité d'Einstein et la théorie quantique de Planck, n'arrivent pas encore à être unifiées. Et notre simple petit œil a la capacité de capter l'unité de cette lumière, l'extraordinaire infinitésimale quantité de un seul photon. Il faut de plus à l'œil réussir à capter quatre de ces photons, soit un quantum de lumière, avant de pouvoir signaler « vu » au cerveau. En somme notre appareil visuel traite des entités d'ordre cosmique, de l'ordre de la particule subatomique ou encore de la nature de l'énergie originelle de

l'univers. C'est donc à l'étude ce sens de la vue, si extraordinaire, si important chez l'humain que nous nous arrêterons.

L'ACTIVITÉ RÉTINIENNE [tdm](#)

Les récepteurs rétiniens

Les récepteurs rétiniens, ces cellules de la rétine spécialisée dans la perception de la lumière, me rappelle avec une certaine nostalgie ce que mon premier cours collégial de biologie m'apprit sur la vision. Ces concepts, même s'ils ne présentent que la plus simple partie de ce qu'est la vision demeurent valables. Ils mènent cependant à une conception simpliste, voire fausse de la sensation de voir. L'œil forme bien une image optique du monde extérieur sur la rétine. Mais là s'arrête la similitude avec mon cours de biologie; ici commence l'invraisemblable transmutation neurophysiologique de cette *image* rétinienne. Voir n'est pas contempler une sorte d'image transmise un peu magiquement au cerveau.

Le fond de l'œil est tapissé d'une fine membrane de tissu nerveux quelques microns, une infime fraction de millimètre d'épaisseur. Elle est formée principalement de millions de petites cellules capables de capter les photons de lumière qui leur parviennent; ce sont les *photorécepteurs*. Il y a dans chaque œil environ 100 millions de bâtonnets et 6 millions de cônes ($\frac{1}{4}$ de billion de récepteurs au total). Ces deux types de récepteurs ont des fonctions très différentes. Les cônes sont principalement concentrés au centre de l'œil dans une zone que l'on appelle la macula. Une maladie dégénérative de cette structure, la *dégénérescence maculaire* nous est devenue hélas péniblement familière, avec le vieillissement de la population.

Les cônes sont les récepteurs de jour alors que les bâtonnets, beaucoup plus sensibles, fonctionnent à merveille dans la pénombre de la nuit. La vision centrale, celle de la macula, est responsable de l'acuité visuelle, ce

20/20, 20/50 ou moins qui décide de notre permis de conduire alors que la vision périphérique est très sensible au mouvement des objets. Un mouvement en périphérie entraîne un réflexe de fixation qui porte automatiquement la vision centrale de l'œil sur cet objet, nous permettant ainsi d'en préciser les détails. Une fois la fixation assurée il se déclenche un mouvement réflexe de poursuite et l'œil suit la cible à mesure qu'elle se déplace dans le champ visuel. Ces opérations sont réflexes. C'est l'histoire du chasseur dont l'œil attiré par l'apparition d'un objet dans le champ visuel périphérique, tourne instinctivement la tête et les yeux, fixe et reconnaît un canard, le suit le temps de déterminer sa course et sa vitesse, anticipe même ses mouvements, permet de viser et de fait un carton.

Pigments visuels, vision des couleurs

Cette capacité de la rétine de percevoir la lumière est due à la présence de substances contenues dans les cellules qui changent de structures chimiques lors ce que la lumière les frappe.

La lumière est la portion visible du spectre électromagnétique, ces ondes que l'on retrouve partout dans la nature. Ces ondes sont classées suivant leur *longueur d'onde*, c'est-à-dire la distance parcourue durant une seule vibration. Le spectre électromagnétique comprend, en plus de la lumière, d'autres ondes couramment connues. À une extrémité se trouvent les ondes courtes, les rayons X et les radiations ultraviolettes. À l'autre extrémité, celle des ondes plus longues, on trouve les radiations infrarouges et les fréquences radio. La longueur d'onde de la lumière visible se situe entre 300 et 600 nanomètres⁴. Ces longueurs d'onde déterminent la portion des ondes électromagnétiques que peuvent capter les récepteurs rétiniens.

C'est la présence de substances appelées *pigments visuels* qui permet cette captation. Ces pigments subissent sous l'effet de la lumière une

⁴ Nanomètre, 1 milliardième de mètre (symbole nm); reportez-vous au chapitre sur Les infiniment petits de l'univers.

transformation chimique de leur structure. C'est cette transformation de leur molécule de pigment visuel, qui génère le signal électrique responsable de la vision. Ce signal sera éventuellement transmis jusqu'au cerveau.

On identifie quatre de ces pigments. Un d'eux, la rhodopsine, n'est présente que dans les bâtonnets. Elle est sensible à de faibles intensités de toutes les longueurs d'ondes avec une légère préférence pour le bleu. Il y a trois sortes de cônes; ils sont différenciés par la longueur d'onde de la lumière à laquelle ils répondent de façon préférentielle. Ainsi, on identifie les cônes bleus (maximum de sensibilité, 450 nm), les cônes jaune-verts (525 nm) et les cônes rouges (550 nm). On verra facilement où peuvent se situer les anomalies rétinienne pouvant causer les maladies du type Daltonisme. Ces cas relèvent d'une dysfonction d'un des types de cônes. Une maladie affectant les bâtonnets est responsable des symptômes majeurs de la *rétinite pigmentaire*; ces malades ne voient pratiquement plus rien dès la tombée du jour; il s'agit d'une anomalie du pigment visuel de ces bâtonnets, la rhodopsine.

À ces propriétés des récepteurs s'ajoutent encore d'autres phénomènes physiologiques intéressants. Après avoir été stimulés par la lumière, les pigments visuels mettent un temps à se reconstituer chimiquement avant de retrouver leur niveau de sensibilité initiale et pouvoir répondre à nouveau. Ce phénomène d'*adaptation* a été particulièrement bien étudié dans les bâtonnets. Leur adaptation est beaucoup plus lente que celle des cônes. Une adaptation assez complète de la rhodopsine peut mettre plus d'une vingtaine de minutes alors que celle des pigments des cônes est très rapide, presque instantanée. Nous avons tous observé ce phénomène en nous rendant compte qu'il faut quelques minutes en entrant dans une salle de cinéma obscure avant de pouvoir se diriger et trouver un siège vide. Autre phénomène intéressant remarqué la nuit, si on observe le ciel juste en dehors de notre point central de fixation, il se peuple d'étoiles invisibles autrement. L'explication est claire, la rétine périphérique peuplée de bâtonnets est beaucoup plus sensible que celle de la zone centrale maculaire qui ne contient que des cônes. Face à soi, la nuit on peut même arriver à observer cette zone centrale plus sombre. Pour les mêmes raisons, la nuit, les fleurs bleues de la platebande sont plus lumineuses que les rouges; les cônes *rouges* sont moins sensibles cèdent le pas aux bâtonnets *bleus*.

Les voies de transmission

Contrairement à ce que l'on serait porté à croire pour sauvegarder et transmettre au cerveau la topographie générale du paysage, il n'y a aucun récepteur rétinien qui communique directement avec les cellules du cerveau visuel. D'emblée au niveau rétinien il s'interpose sur le trajet de l'influx nerveux généré par les récepteurs, deux couches de cellules, celle des *horizontales* et celle des *amacrines*. Peu importe cette nomenclature, chacune de ces millions de nouvelles cellules agit comme une centrale téléphonique, gérant un réseau d'abonnés qui lui est propre; en l'occurrence, il s'agit de réseaux de récepteurs rétiniens.

Sans entrer dans les détails, ces cellules échangent des messages avec leurs récepteurs, acceptant leurs signaux ou les faisant taire, nous y reviendrons. Elles sont de plus spécialisées et sensibles à des aspects différents des influx que leur transmettent les récepteurs. Ces spécialisations sont l'intensité, la *couleur* de la lumière ou encore le *mouvement* des objets. Elles transforment intégralement les données venant des ripostes à la lumière des récepteurs en des signaux d'une signification neurophysiologique entièrement nouvelle. Ces réseaux de cellules constituent en réalité des centrales informatiques traitant les données primaires fournies par les récepteurs de la rétine.

La rétine, contrairement aux autres sens, n'est pas simplement une collection de transducteurs connectés géographiquement (topographiquement) au cerveau et reproduisant le paysage. La rétine est véritablement une portion de cerveau déportée à l'avant du crâne. Les nerfs optiques qui relient la rétine au cerveau sont couverts par les méninges et baignent dans le liquide céphalo-rachidien comme le cerveau. Les fibres des nerfs optiques sont *myélinisées*, c'est-à-dire recouvertes d'un isolant électrique lipidique, comme le sont les fibres des cellules blanches cérébrales. La rétine est un assemblage d'ordinateurs organisés en réseaux, transformant les données visuelles avant de les transmettre.

Cette anatomie s'explique par le développement embryonnaire de l'œil. Durant la 3^e semaine de développement de l'embryon (de 2.6 mm) le tube neural qui deviendra le cerveau pousse un bourgeon vers l'extérieur; ce bourgeon devient une vésicule qui s'invagine comme si on enfonçait un doigt dedans ménageant ainsi la forme globulaire de l'œil.

L'activité de ces trois centaines de millions de cellules rétiniennes convergentes dans de nouvelles cellules, les cellules *ganglionnaires* de la rétine, dont l'ensemble des fibres formeront les nerfs optiques qui s'enfoncent dans le cerveau. Non seulement convergent-elles mais elles concentrent la transmission de toute cette activité neurologique rétinienne dans le seul million de fibres de chacun des deux nerfs optiques. Ces lignes de transmission utilisent un mode dit de *fréquence modulée*, plus rapide et plus stable que la modulation d'*amplitude* dans la rétine. Nous connaissons la plus grande fiabilité de transmission des postes radio dits FM (fréquence modulée) comparée à la transmission (AM) (amplitude modulée). Les fibres FM modulent leur réponse en changeant leur fréquence de signalisation plutôt que l'intensité de leurs signaux. De plus, elles sont dites *On* ou *Off*. Ce concept On-Off reviendra plus loin lorsque nous parlerons des champs récepteurs.

En cours de route une partie des fibres des nerfs optiques se croisent dans un échangeur, le *chiasma optique*. Il faut se représenter chaque rétine comme séparée en deux hémirétines selon une ligne verticale passant par le centre de fixation, la macula. Au chiasma, les rétines homologues, c'est à dire les hémirétines de chaque œil correspondant au même champ visuel droit ou gauche, se rejoignent. Puis, les fibres des cellules ganglionnaires de la rétine ainsi regroupées se terminent dans les *corps genouillés latéraux*, autres structures situés à la base du cerveau. Les cellules de ces structures servent de relais spécialisés dans la couleur, l'intensité ou le mouvement des influx. De nouvelles cellules projettent leurs fibres jusqu'à la partie postérieure de la matière grise du cerveau, le cortex visuel ou *cortex strié*.

Les champs récepteurs

La recherche neurophysiologique sur la vision a bénéficié d'un merveilleux instrument d'exploration. Il consiste à introduire dans une seule et unique cellule nerveuse, dans le cerveau par exemple, une microélectrode permettant d'enregistrer les signaux électriques générés par l'activité de cette cellule. Dans une expérience de laboratoire typique, une microélectrode est introduite dans une cellule du cortex visuel. L'œil correspondant est immobilisé face à une coupole correspondant à l'ensemble du champ de vision de cet œil. On projette dans ce champ visuel, sur la coupole, une petite surface lumineuse, un « *spot* », tout en enregistrant les réponses de cette cellule. Le spot est promené dans le champ visuel jusqu'à ce que l'on obtienne une réponse de cette cellule. On étudie ensuite la spécificité de cette cellule en variant la présentation du spot, selon son intensité, sa couleur, son orientation ou la direction de son déplacement.

De telles expériences révèlent la complexité inouïe de fonctionnement du système visuel. Où que ce soit le long du trajet des voies optiques depuis la rétine jusqu'au cortex. Si on enregistre l'activité d'une seule cellule, la zone correspondante du champ visuel capable de la stimuler, n'est pas un point correspondant à un seul récepteur mais à une surface substantielle du champ visuel appelée un *champ récepteur*. Cette notion est capitale pour comprendre la transformation de l'image optique rétinienne initiale en reconstitution neurologique au niveau du cerveau.

Les types de champs récepteurs que l'on identifie par cette technique sont nombreux. La description qui suit effleure à peine le sujet; elle ne veut que faire comprendre combien loin de la réalité est l'idée que l'image rétinienne soit transmise au cerveau topographiquement, point par point et que c'est cette image qui est *vue* par le cerveau. Un type assez caractéristique de ces champs récepteurs est formé d'un centre et d'un anneau périphérique. Si on projette un spot au centre, la réponse cellulaire correspondante peut être «On» ou «Off» selon que cette réponse se produit lorsque le spot s'allume ou qu'il s'éteint. Mais si le centre est On, la périphérie est Off et vice-versa. On observe une telle opposition de phase également avec les couleurs. Dans ce cas cependant l'opposition se produit pour une autre couleur. Ainsi, si la réponse du centre du champ récepteur peut être On pour une couleur, la réponse dans l'anneau périphérique qui l'entoure sera Off pour la couleur complémentaire. Certains champs récepteurs sont sensibles à l'obliquité d'un stimulus linéaire. D'autres seront sensibles à la direction du déplacement, du mouvement du spot.

La reconstitution cérébrale

Ce sont donc les résultats de ces systèmes d'analyse qui partant des récepteurs rétiniens, traversant tous les relais de la transmission, qui arrivent finalement au cerveau. C'est cet influx ou cette salve d'influx qui sera constitué en mémoire. On retrouve à ce niveau terminal une nouvelle redistribution topographique mais qui ne correspond aucunement à une reconstitution de l'image du paysage extérieur. De plus ces influx nerveux sont partagés entre les deux hémisphères droits et gauches du cerveau visuel.

Ces centres cérébraux primaires de réception des influx venant des rétines sont enveloppés d'une série de couches spécialisées. Il semblerait que le traitement de l'expérience visuelle progresse du simple au complexe et simultanément pour chaque région du champ visuel. On y analyserait, en progressant dans les couches successives, le contraste, la couleur, le mouvement, l'identification des lignes maîtresses puis la reconnaissance de patterns visuels (*pattern recognition*). L'objet est ainsi progressivement décodé et pourra, sous cette forme, être traité par les autres centres cérébraux.

Enfin, au-delà de ces structures sensorielles, le cortex visuel repose à son tour sur une autre couche de cortex appelée *cortex d'association*. Son rôle est de communiquer aux autres centres du cerveau son expérience visuelle et de recevoir en échange les ripostes de ces centres à ce qui vient d'être vu. Nous remettons aux sections qui suivent l'étude de ces *centres*.

le temps de voir

Cette description statique cache une grande partie de la dynamique de la vision. Il faut comprendre qu'en réalité, un stimulus lumineux stable cesse instantanément d'être vu. La rétine ne perçoit que le transitoire et le plus démonstratif de cela consiste dans le simple fait que nous ne voyons pas les vaisseaux de la rétine, artères et veines ou le cristallin pourtant distribués au-dessus de celle-ci. Leur image *statique* est donc en conséquence *non vue*.

Les yeux sont en permanence en mouvement pour précisément fournir ce renouvellement continu des images frappant la rétine. L'axe de fixation est maintenu en place par les muscles entourant l'œil. Ces muscles sont instables et un mécanisme constant bouge les yeux pour les ramener à leur point de fixation. Mais si l'objet bouge, les yeux le suivent en une série de refixations. En conséquence le paysage extérieur est constamment balayé par ces mouvements réflexes. Mais il y a plus. Le système visuel est l'objet d'un micromouvement constant, extrêmement rapide appelé *microsaccades*. Celles-ci font littéralement vibrer les yeux en permanence au rythme de 10 à 100 oscillations à la seconde.

En réalité, les récepteurs rétiniens n'ont rien de commun avec ce que l'on serait spontanément tenté d'imaginer. L'activité principale de la rétine ne consiste pas à « voir » mais à « cesser de voir » pour être prêt à capter un nouvel influx. Cette fonction essentielle consiste à ramener la rétine à son état d'avant une stimulation. C'est précisément cette fonction paradoxale de la rétine qui est son activité majeure; au cours de cette activité son métabolisme et sa consommation d'oxygène sont à leur maximum. Dès qu'un récepteur rétinien a signalé *vu*, l'ensemble de son réseau se met en branle pour faire cesser cette réponse et le préparer pour une nouvelle riposte. Ce ne sont donc pas quelques images que le cerveau se voit servir pour examiner le monde extérieur mais des salves extrêmement rapides de stimuli. Le système visuel ne contemple pas ce monde extérieur mais il le balaye, le *scan*, point par point à une vitesse vertigineuse.

Les recherches dans un domaine d'une telle complexité ne peuvent être, on le comprendra, que ponctuelles et éparées. Elles nous fournissent pourtant des chiffres qui permettent de se baser pour essayer de comprendre. On évalue de 1/10 à 1/100 de seconde le temps nécessaire pour accumuler suffisamment de stimuli avant de pouvoir obtenir une réponse visuelle significative. Le temps de fixation avant de passer d'un point de fixation à un autre serait de l'ordre de 10 à 80 millièmes de seconde. De telles pauses de fixation pour accumuler les données nécessaires varieraient dans le cas de la lecture de 200 à 300 millisecondes, soit de 1 à 3 dixièmes de seconde ce qui est considérable si l'on réalise qu'il faut ainsi balayer lettre après lettre, mot après mot, les textes que nous lisons. Évidemment l'expérience accélère le processus et permet de reconnaître d'emblée des ensembles. Le scan d'objets complexes, une peinture par exemple, se développe par périodes

successives de fixations brèves au rythme de 3 à 5 à la seconde. Cette perception par *aperçus* successifs, nécessite pour arriver à atteindre un compte-rendu valable, une capacité de stockages temporaire des influx, le temps *d'intégrer* cette masse de données. Cette mémoire à très court terme doit donc être effacée périodiquement pour permettre les nouveaux stockages successifs de salves de données. Cette vidange de mémoire accumulée se produit par évacuation de paquets d'influx à un rythme variant entre 1 seconde et 1/100 de seconde. Ces paquets de connaissance accumulée sont déplacés vers des mémoires à plus long terme pour reconsidération ultérieure.

Activité éditoriale du système visuel.

En somme, le système visuel consiste véritablement en un éditeur de texte et d'images capable de manipuler en permanence une énorme quantité de données. Il accentue les contrastes, vivifie les couleurs, détermine les contours principaux, concentre sur le pertinent puis le mouvement. Le système accumule pendant un certain temps des données avant de signaler *vu*; il procède donc par sommation dans le temps pour élaborer un équivalent électro physiologique de cette connaissance. Ces résultats sont logés dans des mémoires visuelles d'où elles peuvent être remémorées sur demande ultérieurement.

La symphonie sensorielle cérébrale

La vertigineuse alchimie qui se passe au cours de l'expérience visuelle, bien que la plus complexe des perceptions sensorielles de l'humain, n'en demeure pas moins que le résultat du fonctionnement d'un seul de ses sens. Nous sommes tellement habitués à utiliser ces sens que nous finissons par les oublier. Il faut, pour se faire une idée de l'ampleur des transmissions sensorielles vers le cerveau humain, s'arrêter ne fut-ce qu'un moment, par exemple, sur ce que peuvent transmettre à son cerveau les sens d'un chef d'orchestre en pleine répétition d'une symphonie. La présence visuelle de tous les détails de son orchestre, le contact humain avec chaque exécutant, les subtilités musicales de chaque instrument qui s'ajoutent les uns aux

autres, tous différentes mais participant toutes à l'harmonieuse perfection de l'ensemble. Et pourtant cette avalanche de sensations se renouvelle, mesure après mesure, d'une fraction de seconde à une autre. Il faudrait poursuivre avec tous les influx des autres sens.

APPORT CÉRÉBRAL À LA CONNAISSANCE [tdm](#)

Les scientifiques s'évertuent depuis des siècles à tenter d'expliquer le fonctionnement de cet incroyable organe qu'est le cerveau humain. Comment arrivons-nous à gérer l'avalanche de données acquises par ce phénomène de la connaissance sensorielle? Comment chacun arrive-t-il à modeler cet acquis suivant sa culture, sa personnalité propre? À ce phénomène de l'acquisition de la connaissance du monde extérieur fournie par nos sens il faut donc impérativement ajouter nos réactions individuelles, nos évaluations personnelles, nos réactions animales, émotives, intellectuelles et autres. Comment se développent ces réactions; quelles sont les structures impliquées? Mais au-delà de la perception proprement dite, il faut par la suite aussi fournir le mot pour désigner ces connaissances; quel est le siège du langage? Enfin, il faut archiver toutes ces données pour y retourner au besoin; comment fonctionne la mémoire. Que connaissons-nous des structures impliquées dans chacune de ces fonctions? C'est maintenant à l'étude de cette contribution cérébrale à la connaissance que nous allons nous attarder.

STRUCTURES SPÉCIALISÉES DU CERVEAU [tdm](#)

Soyons clair, le fonctionnement intime de ce cerveau capable de générer la pensée demeure, encore aujourd'hui et en grande partie, un

profond mystère. Nos connaissances scientifiques ne constituent qu'un amas de données parcellaires, le plus souvent sans relations précises les unes avec les autres. La pensée scientifique s'est progressivement élaborée au cours des siècles en provenance de sources diverses. Les traumatismes cérébraux ou certaines maladies comme les tumeurs cérébrales, en privant les patients de fonctions spécifiques ou en exacerbant certaines autres, ont été de précieuses sources de documentation et furent minutieusement étudiées au cours des siècles. Plus récemment, les canadiens se rappelleront les travaux de Penfield. Elles consistaient, au cours de chirurgies sur le cerveau humain pour traiter l'épilepsie, à stimuler électriquement des zones cérébrales précises tout en faisant décrire par le patient ce qu'il ressentait. Ce fut pourtant l'expérimentation animale qui s'avéra la plus précieuse. Les disciplines scientifiques se sont multipliées au même rythme que les connaissances, les théories et les hypothèses. Chacune d'elles a développé ses techniques hautement spécialisées en même temps que son langage exclusif. Malgré toute cette science nous pouvons tout juste, en nous appuyant sur les données objectives que nous possédons, arriver à saisir quelques grandes lignes du fonctionnement du cerveau humain.

Structures à fonctions cognitives

Le cerveau humain est une masse un peu gélatineuse d'environ un kilogramme et demi. Sa surface est sillonnée de replis et de fissures qui lui donnent l'aspect d'une énorme noix. Ces plissements augmentent ainsi considérablement sa surface fonctionnelle. Il est formé de deux hémisphères, droit et gauche, communiquant entre eux par leur centre. Cet ensemble est supporté par une structure centrale, le tronc cérébral, en arrière duquel s'insère le cervelet.

On identifie sur chaque hémisphère quatre portions assez bien définies anatomiquement que l'on appelle les *lobes cérébraux*; le lobe frontal, le temporal, le pariétal, situés comme l'indique leur nom, et l'occipital à la partie postérieure des hémisphères; ce derniers logeant les structures visuelles. Le cervelet et la partie basse du tronc cérébral ne sont pas directement impliqués dans le processus de la connaissance mais plutôt dans la motilité et le contrôle physiologique de l'organisme.

Le cortex cérébral, la portion superficielle des hémisphères, est constitué de deux couches hautement spécialisées. La plus superficielle et la plus mince, contient les fameuses cellules grises, les cellules de Betz, dont la distribution disséminée ponctuant la surface est responsable du nom attribué de *matière grise*. La couche sous-jacente, plus épaisse, est formée par les *axones* de ces cellules grises, ces filaments de communication des cellules réunissant ces cellules cérébrales entre elles. Cette couche constitue le *cortex d'association*. Ces fibres sont couvertes d'un isolant électrique lipidique de couleur blanche, la myéline, qui justifie à son tour le nom de *substance blanche*.

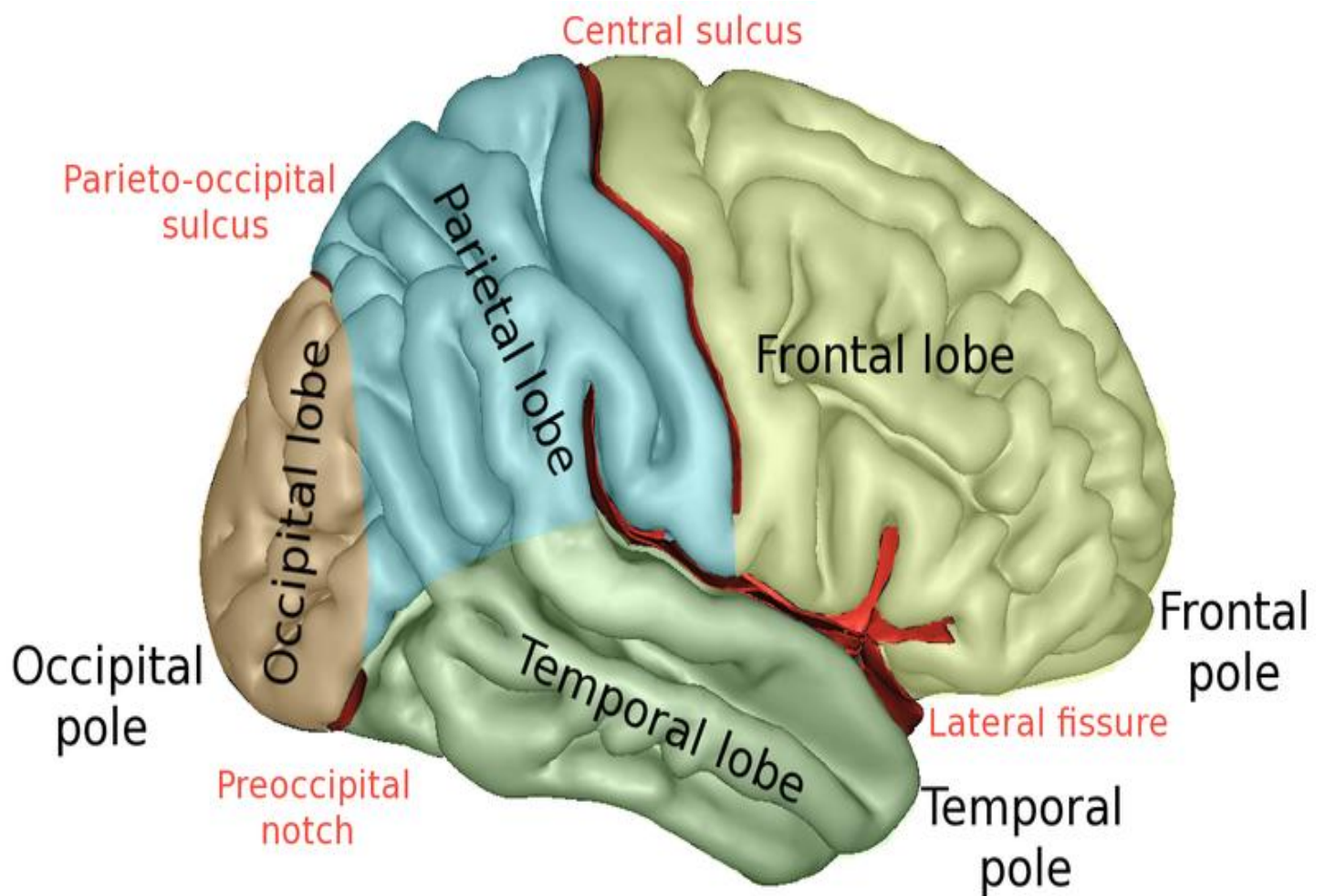


Figure 5 <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LobesCapsLateral.png>

Le cerveau contient environ 100,000 millions (10^{11}). de ces cellules cérébrales nerveuses. Chacune d'entre elles serait connectée à plus ou moins 10 000 autres cellules produisant une possibilité relationnelle de l'ordre de cent milliard de millions (10^{15}). On avance que chaque millimètre cube du cortex cérébral contiendrait, en gros, un milliard de *synapses*, une synapse étant un contact jonctionnel entre une dendrite et un axone, donc entre deux cellules.

On arrive à préciser un certain nombre de « *centres* » cérébraux comme étant le siège ou à tout le moins comme étant particulièrement impliqués dans certaines activités ou certaines fonctions. On peut ainsi déterminer pour chaque lobe cérébral une fonction majeure qui le caractérise. Nous avons vu que le cortex occipital était le centre de l'élaboration de la vision. Le temporal gère l'audition. La portion postérieure du cortex frontal est prioritairement responsable des mouvements volontaires des membres alors que l'antérieur est impliqué dans les émotions. Le lobe pariétal tout en recevant les influx tactiles est principalement responsable des influx somato-sensoriels, c'est-à-dire de la position des membres, du sens de position spatiale et autres influx musculo-squelettiques du même ordre.

Mais au-delà de ces fonctions primaires, les lobes cérébraux sont également le siège d'activités beaucoup plus complexes. La localisation de ces nouvelles fonctions est moins bien définie car leur activité se répartit dans plus d'un lobe. Ainsi, le lobe frontal est impliqué dans l'écriture et la parole. Une autre portion est le siège de fonctions complexes comme celles déterminant la personnalité ainsi que la capacité de compréhension et celle de prévision. Le lobe pariétal gère l'orientation spatiale et le langage parlé. Le lobe temporal comprend une zone responsable de la compréhension du langage et sert au traitement des fonctions visuelles supérieures ainsi qu'à l'apprentissage de l'acquisition des connaissances. Il est également le siège de la mémoire et d'une partie du système limbique dont nous parlerons plus loin. Enfin, comme nous l'avons mentionné plus tôt en étudiant la vision, le cortex occipital intègre les données fournies par le système visuel.

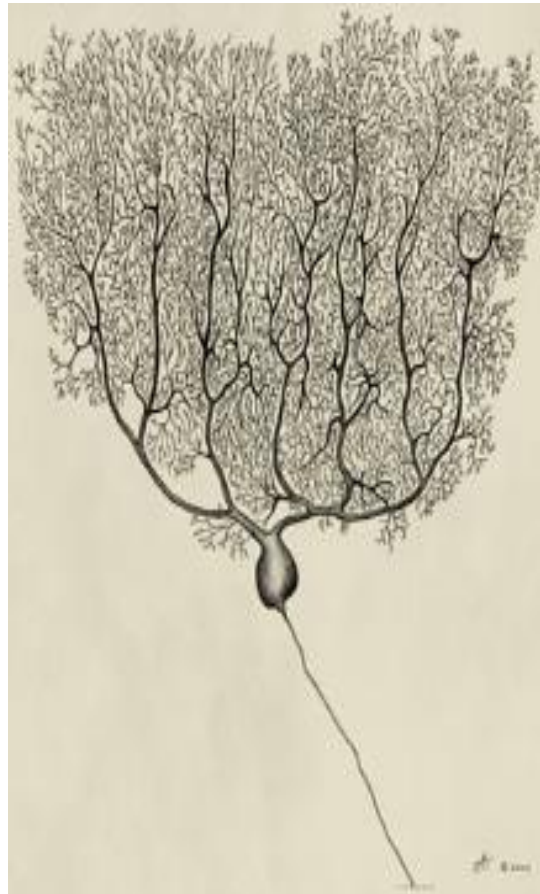


Figure 6 Cellule cérébrale de Purkinge (Espagne XIXe siècle) . Les influx arrivent au corps globuleux de la cellule par une fine fibre unique, l'axone, pour se distribuer dans les centaines de fibres, les dendrites qui mettent cette cellule en communication avec d'autres cellules. Dessn de Santiago Ramon de

Le système limbique

On identifie dans le cerveau un système assez particulier et extrêmement important, le *système limbique*. Sa base anatomique est diffuse. Elle comprend, sans entrer dans les détails, des portions des lobes frontal, pariétal et temporal ainsi qu'un ensemble de centres et de noyaux répartis

dans le tronc cérébral supérieur. En regroupant toutes les fonctions rapportées à ce système on peut définir quatre secteurs principaux d'activité. Le système limbique constitue le *cerveau émotionnel*, ce qui en soi représente déjà un vaste univers. On définit une des structures du système limbique, *l'hippocampe*, comme étant la grande porte d'entrée et de gestion de la mémoire. Cette région convertit les mémoires de courte durée en mémoires plus ou moins permanentes. Il en gère à la fois leur stockage et leur recouvrement. Enfin le système limbique emmagasine des patterns d'associations spatiales acquis, comme les paysages, les environnements, ainsi que des mémoires réflexes d'alimentation, de défense et de peur. Il est également le lieu de la gestion des comportements sexuels. On reconnaît finalement au système limbique deux autres fonctions majeures. Il serait le centre du dynamisme comportemental, de l'énergie et de la motivation du «*drive*». On lui attribue une responsabilité dans l'acquisition des connaissances. À lire cette science on a l'impression que le système limbique est une centrale de gestion et de communication des fonctions cérébrales supérieures

Cette science en mouvement

La science, dans toute cette complexité, continue *d'expliquer* en ajustant, en ajoutant encore, au rythme de chaque nouvelle découverte. Plus la science évolue, plus on s'éloigne des concepts de jadis de *centres* spécialisés dans une fonction particulière. L'importance des *centres* est remplacée par les concepts de grandes voies de communications; on parle maintenant de théories de *l'intégration fonctionnelle* des régions du cerveau. On identifie en particulier un «Parieto-Frontal Integration Theory of intelligence (PFIT)». Le cerveau serait, grâce à ces autoroutes de communication, soumis à un scan global permanent.

La recherche traite maintenant de *plasticité cérébrale* c'est-à-dire de déplacements de fonctions d'un endroit à un autre, d'acquisition par les structures de nouvelles fonctions; la rééducation des cas pathologiques redonnant la fonction à partir d'une autre structure cérébrale. La répétition d'exercices simples mobilisant d'autres structures ou d'autres voies de communication est impressionnante. Cela laisse entendre que le lavage de cerveau, de quelle que nature que ce soit, irait jusqu'à modifier la structure

du cerveau! Cela en confirmerait le fait que la répétition des mémoires, modifie la matière cérébrale. Rappelons- que la création d'une mémoire crée aussi un changement synaptique et chimique matériel permanent, d'autant plus qu'on la valorise par l'évocation répétée. Cela équivaut à l'introduction d'un « chip » dans le programme cérébral que l'on peut activer sur simple évocation; le chip du croyant est tourné de « off » à « on » sur un simple « clic », dans le cas, une évocation de la mémoire. On peut penser à l'enrégimentement de pauvres gens simples, dans les *croisades*, fussent-elles prêchées par saint Bernard de Clairvaux à Chatre qui mobilise les chrétiens ou encore les imams prêchant le jihad terroriste aujourd'hui.

La figure 6 nous montre un exemple d'image tridimensionnelle de réseaux de connections cérébrales, un instantané de son activité. Ces images furent générées par la technique de résonance magnétique (IMR). Elles mettent en évidence le trajet des molécules d'eau se déplaçant dans les fibres de l'a matière blanche du cerveau. Dans le même article ⁵ Science rapporte les travaux d'une équipe d'IBM sur des ordinateurs capables de détecter des patterns, planifier des réponses et apprendre de ses erreurs. Assez étonnamment, cette fois la technologie n'essaie pas *d'expliquer* le fonctionnement du cerveau mais étudie le fonctionnement du cerveau pour concevoir des ordinateurs.

⁵ <https://www.sciencemag.org/content/339/6119/512.full>



Figure 7 Montage de Résonnance magnétique montrant des trajets fonctionnels de la circuiterie neurale des cellules de la matière blanche du cerveau. D'après Maxime Chamberland, David Fortin, and Maxime Descoteaux, Sherbrooke Connectivity Imaging Lab
 Sci Rep. 2019; 9(1):1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51051-0>

FONCTIONS VIRTUELLES DU CERVEAU [tdm](#)

Des centaines et des centaines de savants dans toutes les disciplines imaginables et depuis des siècles ont consacré leurs carrières entières à tenter de percer les mystères du processus cérébral de la connaissance et surtout de la pensée. Est-il nécessaire de dire que dans le cadre du présent survol nous ne faisons qu'effleurer la question. Nous avons décrit, logés dans les divers lobes du cerveau des zones concentrant un certain type d'activités. Certaines gèrent l'apprentissage de la connaissance, d'autres l'univers des émotions ou encore le dynamisme comportemental, la motivation et la personnalité. Nous avons mentionné cette capacité de positionnement et d'associations spatiales qui nous permettent de nous situer dans le paysage extérieur. Mais au-delà encore de ces prodigieuses capacités, le cerveau nous offre ce que nous aimons appeler deux ouvertures particulièrement importantes vers la connaissance virtuelle; ce sont la mémoire et celle du langage.

La mémoire

La capacité de mémoriser des choses est un des phénomènes fondamentaux permettant l'activité intellectuelle de notre cerveau. Sans la mémoire, le cerveau ne pourrait tout simplement pas fonctionner. Bien que les recherches se poursuivent depuis longtemps dans ce domaine, la science est loin de pouvoir nous donner une explication exhaustive de sa complexe physiologie. C'est la psychologie expérimentale qui nous a fourni le plus de documentation objective. On décrit, dans le cadre de cette discipline, trois aspects fondamentaux aux activités de mémoire. Le premier est celui de *l'encodage*; comment le cerveau imprime-t-il dans ses structures le message. La seconde étape consiste à savoir quels sont les modes de stockage. Enfin, comment récupérons-nous par la suite ces mémoires pour les utiliser.

Pour ce qui est de l'encodage, deux écoles principales se partagent entre les théories moléculaires et synaptiques, selon qu'ils situent le processus dans la structure biochimique de la cellule ou bien, dans celle des synapses des neurones, ces jonctions qui permettent la transmission des

messages d'une cellule à une autre. La position contemporaine semble, rien d'étonnant, s'orienter vers un concept mixte; des modifications biochimiques cellulaires entraîneraient une altération des synapses. Les mémoires seraient dans ces conditions, constituées de réseaux complexes d'interactions entre cellules corticales, centres et autres structures.

Quoi qu'il en soit, les études de psychologie expérimentale nous fournissent de précieuses données. Il semble que l'attention portée aux stimuli soit un facteur essentiel de la mémoire. On décrit, dans ce contexte, le «*cocktail party phenomenon*». Dans de telles conditions de rencontres sociales, tous les messages sensoriels sont enregistrés temporairement mais seulement ceux qui sont signifiants quant à l'objet d'intérêt sont véritablement mis en mémoire. En somme, bien que l'on entende le bruit de plusieurs conversations, seulement une d'entre elles, parce que l'attention est fixée sur celle-ci, sera mémorisée. Le tri des mémoires procéderait selon la valorisation qu'on leur impute ou en définitive l'intérêt qu'on leur porte.

On distingue, selon leur stockage plusieurs types de mémoires. En première instance on trouve la mémoire sensorielle à court terme, Cette mémoire permet d'accumuler un certain nombre de données provenant des sens avant de transmettre l'expérience aux niveaux supérieurs. En fait toutes les pauses, tous les délais requis pour transmettre l'image rétinienne au cerveau par exemple et produire une expérience visuelle, nécessitent de courtes mémoires tampon d'une durée d'une fraction de seconde, avant d'arriver à développer une perception. Les véritables mémoires se forment par la suite. On accepte donc ainsi généralement qu'il y ait deux types principaux de mémoire, la mémoire à court terme, «short term memory» (STM) et les mémoires à long terme, «long term memory» (LTM).

La STM constitue une sorte de mémoire de travail. Ces mémoires sont de courte durée, soit environ de 20 à 30 secondes, après quoi elles sont effacées. La capacité de la STM est aussi quantitativement limitée; elle ne peut recevoir à la fois qu'environ sept items. Pour ce qui est de la LTM, certains pensent qu'elle soit permanente; seule l'aptitude à les récupérer pourrait être perdue. On voit d'ici surgir l'intérêt des psychanalystes! Les mémoires retrouvées sous hypnose en seraient un exemple. Pourtant, on leur reconnaît une certaine altération avec le temps; les mémoires anciennes ne seraient plus aussi précises mettant en doute une véritable totale permanence, sans pour autant négliger leur importance.

Un des aspects majeurs de la mémoire consiste dans la possibilité de récupération de celles-ci; c'est avec l'encodage et le stockage, la troisième étape de son fonctionnement. La récupération n'est pas le résultat d'un simple déclic. La perception d'un objet, un indice, une émotion ou bien encore une simple évocation mettent sur la piste. Par la suite la mémoire est progressivement reconstituée, refaisant vraisemblablement à rebours le cheminement de son acquisition.

Les mémoires sont *reconstituées*. à partir d'un influx particulier que l'on pourrait appeler la souche d'une mémoire, un *quantum* de mémoire particulier capable d'initier le balayage original. Par la suite, lors d'un rappel, toutes les connections déclenchées à la perception initiale sont redéveloppées à nouveau spontanément. Cette mémoire initiale agit en somme à nouveau comme la tête de file, la souche d'un réseau de connections. La réinitialisation de cette mémoire reproduit l'expérience initiale de la prise de connaissance; le cerveau réagit à la mémoire comme si c'était l'objet, cette fois, un objet virtuel. Il faut donc comprendre que l'expérience globale nouvelle pourra possiblement être atténuée par l'affaiblissement de la récupération mais aussi être enrichie par les connaissances acquises depuis l'expérience originale. Ces nouvelles acquisitions participeront ainsi au filtrage de la récupération.

La psychologie expérimentale rapporte une observation extrêmement intéressante. La mémorisation conserve un certain nombre de données qui situent les circonstances d'acquisition de cette connaissance. On décrit cette capacité comme correspondant à l'établissement d'un *indice de réalité*, c'est le terme accepté, attaché à cette mémoire. On peut considérer cette caractéristique comme un positionnement « topo-circonstanciel » situant cette connaissance dans le contexte culturel, le bagage de connaissances de l'individu aussi bien que dans le contexte physique. Cet événement reconstitué qui est remémoré est-il le fruit de mon imagination, de ma pensée, d'une lecture ou bien celui d'une observation effectivement perçue dans le monde extérieur; où et quand ai-je connu cet objet? Nous connaissons tous l'expérience de la récupération d'une référence en lisant; où ai-je lu cela, et l'image du texte nous revient; dans tel chapitre, page de gauche vers le bas! Le tout étant jusqu'à un certain point documenté par le rappel d'une image mémorisée de cette page de lecture. Cet aspect a été particulièrement étudié dans le contexte de l'évaluation de l'objectivité des

réponses des témoins questionnés en cour sous pression; la part de suggestion proposée par la formulation des questions ne serait pas négligeable.

Mais nous ne retenons pas tout avec la même acuité. L'importance, la valorisation attachée au contenu favorisent la permanence alors que des objets sans pertinence ou insignifiants seront plus rapidement oubliés. La valorisation peut être augmentée par la syntonisation d'autres mémoires très actives lors de l'acquisition, par exemple, des principes moraux, ou religieux. Un aspect important du maintien de la permanence des mémoires est le *rappel*. Une consultation fréquente ou mieux encore, une incitation périodique sur le même sujet assurera une meilleure imprégnation. Les religions avec leurs prêches hebdomadaires, du vendredi pour les musulmans, du samedi pour les juifs et les dimanches pour les chrétiens, l'ont compris depuis des siècles. Cette répétition insistante, souvent subconsciente, est l'arme de la publicité, une forme de lavage de cerveau. Mais au-delà de tout cela, chaque phase de la mémoire, encodage, stockage ou récupération ou n'importe quel jeu des trois peut être en cause dans l'oubli. Il est probablement superflu de rappeler que le vieillissement ou certaines maladies qui l'accompagnent montrent des lésions nt spécifiques de l'hippocampe, que nous venons de mentionné comme précisément impliqué dans les processus de mémoire.

Le langage

Le langage représente, après la mémoire, une seconde source virtuelle de connaissance. Il s'agit d'une capacité du cerveau humain reposant sur l'apprentissage d'une convention socioculturelle, d'un code, celui du vocabulaire. Cette expérience est opérée et gérée par le cerveau. Les mots sont perçus par les sens, lus ou entendus, et stockés en mémoire selon le même processus que toutes les autres mémoires. La clinique illustre bien la complexité de cette fonction du langage. On voit des patients incapables de comprendre le langage parlé, les mots; ils souffrent d'*aphasie sensorielle*. D'autres comprennent les mots mais sont incapables de les dire, de parler; il s'agit dans ce cas d'une *aphasie motrice*. Les structures cérébrales impliquées sont multiples. Le langage parvient au cerveau par la lecture donc la vision aussi bien que par la parole, l'ouïe. Ce contenu sera donc

dirigé en conséquence vers le lobe occipital pour la vision ou le lobe pariétal pour l'audition. Mais la fonction *compréhension* de la signification des mots est assurée dans le lobe temporal. Le langage n'est cependant pas que lu ou entendu, il est aussi parlé. Les centres du langage parlé relèvent du cortex frontal moteur car pour communiquer le langage il faut parler ou écrire, soit, activer le pharynx et la respiration ou la main; autant d'activités musculaires motrices hautement spécialisées.

L'univers virtuel

Le cerveau gère donc indifféremment les connaissances objectives sensorielles de l'univers extérieur et celles de l'univers virtuel de la mémoire, du langage, de l'imagination ou du raisonnement. Dans une opération cognitive active, il introduit aussi bien les unes que les autres dans la confrontation intellectuelle des idées. Nous vivons dans un «*mix*» réaliste-virtuel. Nous façonnons par les mécanismes même de notre connaissance notre univers extérieur en utilisant toute la richesse de nos connaissances acquises, toutes d'ailleurs, finalement, d'ordre virtuel.

Il faut évoquer ici la notion de la vitesse de l'activité cérébrale pour en saisir toute l'ampleur. On peut tenter de s'en faire une idée, à seul titre de support à l'imagination, en faisant un rapprochement avec l'activité informatique. Ainsi en un clic une recherche Google sur les mots-clés « American Civil War » traite 48 millions de références en 39 centièmes de secondes avec les résultats classés selon la pertinence et en sous-chapitres. Un second clic sur « Time line (chronologie) » rapporte 22 millions de références en 28 centièmes de secondes. On ne peut comparer directement les résultats du fonctionnement du cerveau avec que celui de l'informatique. Il est probable que le fonctionnement du cerveau soit plus lent. ¹ Il faut cependant retenir que l'informatique gère des connaissances déjà stockées alors que le cerveau fonctionne en réagissant à chacune de ces données au moment de la récupération. la science informatique utilise dans certains secteurs le modèle du cerveau pour élaborer de nouvelles théories et de nouveaux concepts.

Un organe essentiellement interactif

Il faut comprendre la connaissance comme étant la fonction d'un organe essentiellement interactif, c'est-à-dire toujours prêt à capter une nouvelle stimulation et également d'emblée toujours prêt à riposter à celle-ci avec tous ses moyens. À cela il faut rajouter que le cerveau répond avec tout son bagage de connaissances déjà acquises, sa mémoire sous toutes ses formes, connaissances, expertise, métier, toute sa culture et ses croyances. Si un objet réel peut évoquer la mémoire d'une personne, son nom, un souvenir par exemple, peuvent en faire autant; et pourtant ce sont des objets virtuels.

Le cerveau ne cesse jamais de fonctionner. Bien que nous soyons à discuter des mécanismes neurologiques qui sous-tendent la connaissance, on ne peut que rappeler qu'à un niveau encore plus profond, le cerveau gère pendant ce temps toute la vie physique, tout l'équilibre physiologique, et cela en continu. Il gère les niveaux hormonaux. La respiration, le cœur, maintiennent un niveau d'activité essentielle à la vie. Sans que nous ne portions une attention spéciale à quoique ce soit de particulier, nos sens fournissent en permanence un état du milieu où nous nous trouvons. Ce bilan est analysé et détermine, sans effort particulier de notre part, un certain nombre de réactions. Notre champ visuel détermine l'horizon et maintient avec les données de l'oreille interne notre équilibre et notre position debout. D'autres structures en font autant pour gérer la position des membres et nos mouvements. Le cerveau nous positionne dans le temps et l'espace. La connaissance aidée de la reconnaissance d'expériences antérieures nous fixe topographiquement sur notre position.

Et tout cela s'ajoute à l'activité fondamentale de la connaissance. Rappelons-nous l'avalanche de données que dirige au cerveau en permanence la vision. Mais que nos yeux soient ouverts ou fermés, l'ouïe est attentive, notre sensibilité cutanée nous fixe sur une foule de détails concernant le milieu ambiant, température, courants d'air. Toute une gamme de sensations nous informe sur la douceur, la sensualité du toucher. Tout cet afflux sensoriel qui nous informe sur le monde extérieur est évalué et le cerveau réagit en conséquence par des désirs, des émotions, nos mémoires ou une confrontation intellectuelle.

On comprendra que le cerveau est en activité intense de tous les instants, sans arrêt. Cette activité neurologique s'enregistre. Des potentiels électrophysiologiques en témoignent; nous avons tous entendu parler de l'électroencéphalogramme, l'EEG, avec ses ondes alpha, bêta et gamma. Cette activité persiste même durant le sommeil profond. Le cerveau est l'organe du corps humain qui présente l'activité la plus élevée, mesurée en consommation d'oxygène. Simple détail en passant, c'est la rétine qui est le tissu nerveux le plus actif de l'organisme.

AUX LIMITES DE LA SCIENCE [tdm](#)

L'attention

Dans cet environnement spontanément perçu, tout à coup, un élément quelconque du milieu extérieur attire notre attention et provoque le ciblage de tous nos sens. L'objet a provoqué notre attention, la concentration de nos moyens de connaissance. Il s'agit d'un phénomène physiologiquement insaisissable caractérisé par ses relations synaptiques globales, une résonance cérébrale conduisant à provoquer l'attention. L'éveil de l'attention déclenche une activité conséquente. C'est un phénomène fondamental pour ne pas dire primordial, de l'ordre de la survie animale. Nous avons rencontré un phénomène de cet ordre en étudiant la fonction de la macula de l'œil. Le mouvement d'un objet dans le champ visuel périphérique déclenche une réaction de fixation qui amène à bouger les yeux de façon à fixer l'objet avec la macula pour à en former une image précise. Un tel réflexe de fixation est du même ordre que le déclenchement de l'attention. Nous avons rencontré ce phénomène de l'attention avec le «cocktail party phenomenon» au cours duquel une seule conversation parmi plusieurs concentre l'attention. En fait, il semble que le cerveau se concentre sur l'influx dominant ou *perçu comme tel*; une douleur aiguë subite

dominera sur toute autre activité de la même façon que l'animal assume la défensive face à l'agression.

Il n'est pas inutile de rappeler que le cerveau, dans son fonctionnement entourant l'attention, agit tout aussi bien sur les apports de l'univers virtuel des mémoires que sur les apports venant des sens. Nous savons que le monde virtuel s'étend aux émotions, à l'imagination, au langage, aux raisonnements, en somme à tout l'univers virtuel des idées. Le cerveau sait donc concentrer son attention sur le contenu virtuel du monde intellectuel,

L'appétit

L'attention ne peut être soutenue que tant que dure l'intérêt ou l'appétit; cette constatation repousse l'analyse encore d'un cran. Qu'est-ce que l'appétit? Il semble bien que la connaissance évalue en termes d'appétit positif ou négatif tout objet entrant dans son champ. L'organisme évalue en désir ou en rejet. Cette approche évaluative est tient du réflexe fondamental de survie. Le concept d'appétit est facile à admettre lorsqu'il s'agit de réflexes physiologiques de base comme la faim ou la soif. On parle couramment d'appétit sexuel, de désir. Mais cela s'étend à tout objet dont l'évaluation se définit en positif ou en négatif. Ce qui provoque des émotions agréables attire. Un souvenir plait par ce qu'il évoque d'agréable. Les phantasmes de l'imagination meublent les pensées érotiques. Une idée, un concept lu ou entendu plait; une belle formule de biologie cellulaire moléculaire, une formule mathématique sont de purs plaisirs intellectuels pour certains comme une poésie pour d'autres. Une idée, une philosophie de la vie, un système social ou une religion peuvent combler un besoin de comprendre. En résumé, la faim, le désir, l'émotion qui réchauffe, les souvenirs, nos phantasmes, une explication, un raisonnement peuvent tous être désirables, combler un appétit qui nous sollicite ou rejetés. On peut donc parler d'appétit intellectuel au même titre que de la faim ou de la soif

L'élaboration du moi

Le simple fonctionnement de base du processus de l'appétit de connaître fait en sorte que l'individu développe un chapitre crucial d'expériences sensorielles. Il enregistre depuis les premiers moments de sa vie un ensemble de connaissances et d'expériences, donc de mémoires, qui connotent un *indice de réalité commun*; C'est le *moi*. Cet orteil qu'il suce bébé, la sensation du lait chaud qu'il avale sont traités comme tout autre objet du monde extérieur. Ces expériences produisent une syntonisation commune, elles créent un réseau de communication et d'évaluation communs. Ce réseau a tôt fait de choisir ce qui plait, le positif au cours des nouvelles expériences; le moi devient un centre d'évaluation de la réalité incontournable. Au cours de l'existence ce moi prendra des proportions uniques qui feront de lui le centre de la connaissance, le centre de l'univers. L'objet *moi* syntonisera donc non seulement un ensemble de mémoires et leurs ripostes cérébrales mais aussi un *indice de réalité*, un *positionnement topo-culturel* bien particuliers. Cet ensemble produit la conscience du *moi*.

Le carrefour de la confrontation; la conscience du moment

Il semble donc bien qu'au niveau biologique, le moteur foncier de toute activité soit centré autour de la gratification d'un appétit, manifestée sous la forme de désir, de plaisir ou d'intérêt. On parle de dynamisme comportemental agissant dans des structures cérébrales particulières. Cette recherche de gratification peut tout aussi bien se révéler une frustration qu'une gratification. Plus simplement on peut parler d'appétits comme pouvant être positifs ou négatifs.

Il faut donc bien réaliser et garder à l'esprit que le cerveau traite sur un pied d'égalité les perceptions du monde extérieur et l'univers intérieur des connaissances acquises, des pensées. Il dispose, tel que décrit, d'un moyen d'en connaître l'origine, l'indice de réalité. Physiologiquement, dans l'action de connaître, l'objet autour duquel l'opération de scan cérébral est lancée peut aussi bien être un objet sensoriel qu'un objet virtuel fourni par la récupération d'une mémoire. Ce sont ces multiples sources que mobilise le scan cérébral des se concentrent autour du point central de l'attention. Cette

explosion de relations synaptiques qui en résulte sera d'autant plus intense et vaste que l'attention sera soutenue.

Ce moment, cette durée de confrontation de connaissances diverses, une sorte d'entrée en résonance cérébrale, constitue vraisemblablement comme un moment de conscience; ce moment de conscience permet ainsi de percevoir un ensemble de relations entre les objets. De ces relations naissent des objets de connaissance nouveaux, des idées nouvelles. Encore ici les appétits entreront en jeu pour évaluer ces relations, ces idées nées de la confrontation. Ce scénario cognitif constitue la *conscience du moment présent*.

Penser

Aristote et tous les penseurs qui ont suivi n'ont pas attendu que la science introduise une microélectrode dans les cellules du cerveau pour réfléchir sur cette étonnante faculté de penser. Je n'ai aucune raison de douter de la démarche ni des philosophes ni des humanistes ni des scientifiques contemporains. Au contraire ce qui frappe c'est un étonnant parallèle entre ces approches d'un même phénomène.

Tout au long du processus de la connaissance les deux versions humaniste et scientifique décrivent les mêmes étapes, les mêmes exigences et formulent en des termes différents les mêmes conclusions. Il est, je crois, essentiel de faire ressortir de ces démarches la portion commune qu'elles partagent. Bien que même à ce point, nous ne puissions arriver à saisir la vraie nature de ce qu'est la connaissance, le parallèle permet une conclusion aux vastes conséquences. Cette conclusion concilie ce qui peut être perçu de prime abord comme essentiellement incompatible. Repassons un à un les rapprochements plausibles.

La connaissance sensorielle du monde extérieur est *traduite* en une connaissance d'un ordre nouveau, un ordre virtuel. L'acquisition de cette connaissance est *progressive* et met un *temps* mesurable pour examiner cet univers extérieur. Cette connaissance est essentiellement tributaire de la *mémoire*. Encore ici, il faut du temps pour *collecter* et ensuite *stocker* ces données afin de pouvoir les *recupérer*. Les nouvelles connaissances sont

évaluées par ce qu'une version appelle des *registres* et l'autre des *centres* et des *réseaux*; le «cerveau» réagit! Les *connaissances antérieures*, les mémoires d'ordre moral ou religieux, par exemple, servent dans l'évaluation des nouvelles acquisitions. L'expérience se poursuit en fixant *l'attention* sur un objet donné suivant *l'intérêt* qu'elle évoque. Une attention soutenue permet un moment de conscience.

L'objet de connaissance peut être *devant moi* ou un *souveni*, une *mémoire*. L'individu *se perçoit* comme n'importe quel autre objet qu'il peut observer. Il rassemble autour de cet objet un complexe d' connaissances qui constitue *le moi*. Elles admettent dans les mêmes conditions l'existence d'un *positionnement topographique et culturel* propre à chacun. Le monde du *langage*, de la parole écrite ou parlée est un développement reconnu par les deux versions scientifique et humaniste,. Les connaissances s'enrichissent par l'établissement de *relations* entre celles-ci et c'est la voie de l'élaboration de la *pensée*. Pour le scientifique l'essentiel du fonctionnement du cerveau se situe dans les communications qu'établit le *cortex relationnel* entre les cellules depositaires des mémoires et d'une capacité de réagir. Et nous atteignons le niveau de la pensée qui en résulte encore reconnu dans chacune des versions.

Le passage de la connaissance objective et virtuelle à la pensée nous transporte d'emblée encore plus loin dans notre quête sur l'origine de la faculté de penser. Nous n'avons fait que repousser plus loin notre questionnement.

Cause à effet

Les deux systèmes expliquent chacun à leur façon et avec chacun leur langage, un phénomène identique. À date rien ne permet de définir une relation de cause à effet entre les deux. Rien ne permet de préciser une antériorité d'un des systèmes sur l'autre. On ne peut définir aucune relation de cause à effet si ce n'est que si l'un ou l'autre est activé, l'autre l'est forcément aussi simultanément. Il est impossible d'y voir l'œuvre de quelque force agissante extérieure particulière qui serait causale. L'acquisition de la connaissance se produit en respectant aussi bien les conclusions de la réflexion des humanistes que celles des scientifiques. Les

deux phénomènes «*se produisent simultanément*»; «*they happen* ». *Ils constituent l'acte de connaître*. Ce sont des faits; ; on peut les observer selon la discipline que l'on veut, cela ne change rien au fait que l'on observe.

Les yeux extérieurs, les yeux intérieurs

En fin de compte, on peut voir se dessiner une analogie profonde entre certaines fonctions cérébrales et les fonctions sensorielles. Fixation et attention semble avoir des fonctions similaires pour des activités différentes. Dans ce cas il s'agit de manœuvrer la position physique des yeux et dans l'autre de concentrer les capacités intellectuelles du cerveau sur l'activité en cours. On n'en vient à considérer l'essence comme étant des organes dont l'activité s'adresse au monde extérieur. Si on considère par ailleurs le fonctionnement de la l'activité de la connaissance on peut considérer celle-ci comme l'équivalent d'un sens cérébrale qui s'applique à concentrer par l'attention toutes les fonctions impliquées dans l'activité de connaître. L'humain serait donc muni à la fois de sens à fonctions extérieures fonctions de la fixation des yeux et d'un sens intérieur fonctions de l'attention.

Avec les considérations de cette dernière partie, nous sommes déjà amenés aux portes de ce que nous appellerons la métascience, c'est-à-dire d'une démarche qui a comme point de départ les connaissances que nous fournisse les sciences élaboration d'une pensée au-delà de cette science, l'équivalent de la métaphysique.

