

Démocrite et le sous-marin

Dans le foisonnement de réflexions qui suivit les débuts du miracle grec initié par Thalés, Leucippe et Démocrite, penseurs plus ou moins mythiques, comme Thalès d'Ionie, se distinguèrent par une conception atomistique du monde : celui-ci est réductible en atomes insécables dont la combinaison explique à elle seule, la variation de tous les objets perçus.

C'est Démocrite, semble-t-il, qui formule le premier, l'idée que les objets perçus associent des qualités premières, dites objectives, et des qualités secondes dites subjectives, qui n'apparaissent qu'au travers de l'activité perceptive. Les qualités premières incluent principalement l'étendue, l'inertie, la densité, la dureté. Les qualités secondes incluent notamment la couleur, le goût, l'odeur.

Il y a donc chez Démocrite, deux idées distinctes et tout aussi essentielles, celle de l'atome et celle de la construction subjective de certaines des qualités que nous attribuons au Monde environnant.

Ces conclusions remarquables ne doivent rien à une approche expérimentale, et tout à une « réflexion » sur l'activité réductionniste de la pensée. Quoiqu'il en soit, cette réflexion de Démocrite a attiré l'attention et provoqué l'admiration d'Erwin Schrödinger, l'un des papes de la mécanique quantique, notamment dans « Mind and Matter » (1958, soit trois ans avant sa mort), affirmant en introduction que le monde est une construction subjective de nos sensations, perception, mémoires.

Il me semble intéressant de confronter Démocrite et Schrödinger, à la notion de « clôture organisationnelle », formulée à ma connaissance pour la première fois par Francisco Varela, en 1979 (Principles of Biological Autonomy, North Holland), et précédés de quelques articles depuis 1975, notamment une publication conjointe avec Humberto Maturana. Varela cite de nombreux travaux d'autres auteurs, tous postérieurs au décès de Schrödinger. Varela présente la notion de clôture organisationnelle comme un guide heuristique basé sur des évidences empiriques : tout système autonome, dont l'esprit humain dans une évaluation de son environnement, est nécessairement un système clos sur le plan de l'organisation. La parabole du sous-marin, accessible sur le même site, résume cette idée de clôture organisationnelle sur le plan de quelques applications pratiques.

Les bases neurofonctionnelles.

Elles constituent un point de départ essentiel, et se situent à deux échelons de l'organisation biologique. L'échelon neuronique a été proposé le premier par Johannès Müller aux environs de 1830. Le second échelon, à l'échelle de la membrane cellulaire, ne s'est vraiment développé que dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, et se poursuit actuellement comme l'indique le Prix Nobel de chimie attribué cette année à Robert Lefkowitz et Brian Kobilka, pour leurs travaux sur les récepteurs membranaires couplés avec les protéines G. Fait exceptionnel, la publication essentielle pour l'attribution du Nobel datait d'à peine un an.

A) L'atome de connaissance à l'échelon du neurone.

Johannès Muller, très connu en Allemagne mais très peu connu en France, est un personnage fascinant. Né en 1801, issu d'un milieu social extrêmement modeste, sa très

brillante intelligence fut heureusement notée très précocement par son entourage extra-familial, lui permettant des études plus qu'élémentaires. Müller put se tourner vers la physiologie à l'âge de 18 ans, et très curieux, il fut intéressé par la découverte toute récente de Bell et Magendie émise en 1822 sur les racines motrices et sensorielles des nerfs rachidiens.

C'est dans cette optique que Müller aborda l'étude de l'influx nerveux en réponse à une excitation de l'œil complexe de crustacés, bien qu'en l'occurrence, les crustacés n'aient pas de moelle épinière. On peut penser que Müller découvrit que cet influx était constant, quel que soit l'excitant qui le provoquait. Quoiqu'il en soit, Müller se posa la question fondamentale, opposant deux hypothèses :

- la réponse sensorielle à une excitation inclut-elle des renseignements sur les particularités physiques de l'excitant à l'origine de l'excitation du récepteur ?
- au contraire, la réponse sensorielle est-elle toujours identique à elle-même, et donc indépendante des particularités physiques de l'excitant ? En ce cas, la variation des sensations exige que tous les récepteurs sensoriels ne donnent pas une réponse identique devant un même événement. Müller a négligé les conséquences d'un emplacement différent à la surface du corps, pourtant essentielles pour toutes les sensations en dehors de celles qui relèvent de l'odorat et du goût. Il s'est concentré sur la différence de sensibilité des différents récepteurs sensoriels, face à l'énergie physique variée des différents excitants.

Müller a fait le choix heureux de la seconde hypothèse. La valeur de ce choix fut confirmé par les travaux de son élève Herman von Helmholtz, et n'apparaît pas discutable aujourd'hui.

Une précision a cependant été apportée. La plupart des récepteurs répondent à des excitants de nature variée, mais le seuil nécessaire pour provoquer une réponse est beaucoup plus bas pour une forme particulière d'énergie physique. Ainsi, un coup de poing dans l'œil provoque la décharge des récepteurs visuels et fait voir 36 chandelles, mais l'énergie dépensée par le coup de poing est des milliards de fois plus élevée que le rayonnement lumineux permettant d'obtenir la même réponse.

Dans le détail et la loi du tout ou rien :

Les progrès considérables dans l'analyse de la réponse des récepteurs à un excitant physique affinent l'immense portée du choix de Müller.

Lorsque les effets d'un excitant quelconque sur un récepteur sensoriel sont étudiés, il apparaît que de très nombreux excitants, d'énergie variée, provoquent une variation de potentiel électrique entre le récepteur et son environnement. Mais cette variation se dissipe rapidement et est définitivement perdue, lorsque elle est inférieure à un certain seuil.

En revanche, lorsque ce seuil est atteint, le récepteur considéré génère un influx nerveux, et cet influx est totalement identique à lui-même, quel que soit l'excitant qui l'a fait naître. **Autrement dit, un récepteur fournit une réponse toujours identique ou il ne répond pas, c'est une loi de tout ou rien qui devrait être à la base de toute approche épistémologique, puisqu'elle substitue à l'arrivée de l'excitant externe, une modification ponctuelle de l'état interne.**

Un exemple concret a une énorme valeur d'explication, permettant d'accepter plus facilement un transfert épistémologique radical d'un événement sensé appartenir à une

réalité extérieure en une pure modification interne à l'organisme, et c'est l'exemple du clavier d'ordinateur et de la frappe sur l'une de ses touches.

En ce cas, toutes les variables existentielles concernant l'auteur de la frappe et son geste, sont perdues et négligées. Seule est retenu le fait que la frappe d'une touche a franchi un seuil de réponse. Le résultat utile de cette frappe est limité à un changement d'équilibre local dans le fonctionnement global de l'ordinateur.

Les conséquences philosophiques :

Reprenons ce dernier exemple. La réponse des récepteurs visuels est qualitativement identique, que cette réponse traduise l'énergie considérable du coup de poing ou l'énergie minimale d'un rayonnement lumineux. Autrement dit, si la question du seuil différent est mise à part, **la réponse à l'excitation dépend uniquement de la nature du récepteur, et est indépendante des caractères de l'excitant.**

De ce fait, la sensation est réductible à une modification ponctuelle d'état dans propre organisation, et le principe de la clôture organisationnelle est totalement respecté. Helmholtz avait parfaitement intégré cette révolution épistémologique essentielle lorsqu'il a écrit : « Nous appelons *sensation* les impressions produites sur nos sens, en tant qu'elles nous apparaissent seulement comme **des états particuliers de notre corps (surtout de nos appareils nerveux)** ; nous leur donnons au contraire le nom de *perception* lorsqu'elles nous servent à nous former des représentations des objets extérieurs » (Théorie physiologique de la musique). Il faudrait pour bien faire y associer cette citation d'Erwin Schrödinger par Paul Watzlawick : « Every man's world picture is and always remain a construct of his mind and cannot be proved to have any other existence. » (in *Mind and Matter* 1958) (*La conception que tout individu a du monde est et reste une construction de son esprit, et on ne peut jamais prouver qu'elle ait une quelconque autre existence*).

Il est à noter que ce changement d'optique devrait recouvrir la totalité des théories de l'information et de la communication. Tout signal quel qu'il soit ne peut être qualifié que par la modification interne du système récepteur qu'il a provoqué. Comme je le verrai plus loin, le récepteur membranaire illustre tout particulièrement cette évolution épistémologique.

L'atome, grain de réalité ou grain de connaissance de la réalité ?

Ce qui définit l'atome, et comme son nom l'indique, est son caractère insécable. Même le couteau le plus fin ne peut pas le diviser en partie, précise Démocrite. En revanche, une question essentielle apparaît à laquelle il n'est pas immédiat de répondre : l'atome est-il un grain plus ou moins insécable de la réalité, ou un grain insécable de la connaissance que nous avons de cette réalité. Dans l'un de ses ouvrages, Werner Heisenberg s'esbaudit sur la description de la liaison atomique en termes de bouton pression. Mais comment Heisenberg peut-il être certain que sa propre description de l'atome n'égayera pas tout autant dans quelques dizaines d'années ?

Toute difficulté disparaît si nous acceptons l'idée que la notion d'atome concerne, non la réalité mais la représentation que nous en construisons. Ainsi, l'atome de Dalton en 1808 est pratiquement identique à celui de Démocrite. En revanche, toutes les descriptions modernes font disparaître le caractère insécable de ce qui ne mérite plus le nom « d'atome ». Je reprends la richissime métaphore d'Alfred Korzybski, opposant « la carte » et « le territoire ». « A map is not the territory it represents, but, if correct, it has a similar structure to the territory, which accounts for its usefulness. » (*Une carte n'est pas le territoire qu'elle représente, mais si elle est correcte, elle a une structure semblable qui rend compte de son utilité*). Autrement dit, la carte est une façon d'être du cerveau qui

résume correctement toute la connaissance acquise sur le territoire, sans aucunement être ce territoire.

En revanche, la notion d' « atome » peut être attribué à l'influx né de la décharge d'un neurone sensoriel puisque cet influx, répondant à une loi de tout ou rien, est insécable, et qu'inversement toute représentation de la réalité repose sur une combinaison de sensations élémentaires à l'échelon neuronique.

Il est à noter que tout cela ne signifie nullement que la réalité n'existe pas, et le solipsisme est dénué de tout fondement. En revanche, il importe de distinguer la réalité et la construction épistémologique subjective la plus « utile » possible de cette réalité, « utile » au sens de William James et d'Alfred Korzybski.

Selon ce même critère d'utilité, il est intéressant de voir si la réponse unitaire du neurone sensoriel n'est pas fractionnable, et en tirer sur le plan épistémologique, un bénéfice comparable à celui qu'a apporté le fractionnement de l'atome de Démocrite et Dalton.

B) L'atome de connaissance à l'échelon subneuronique.

Même dans une perspective très lointaine, il y a toutes chances pour que la décharge explosive d'un neurone sensoriel demeure l'unité « atomique » de toute sensation, et donc de toute construction épistémologique d'une connaissance de la réalité. En revanche, il y a place pour un développement concernant les mécanismes qui permettent au neurone de générer cette décharge. Une question essentielle qui se pose alors sur un plan systémique est celle de savoir doit être considéré lui-même comme un système autonome complet au sein de systèmes autonomes plus complexes dont il constitue un rouage. Arthur Koestler notamment a beaucoup insisté sur cet aspect hiérarchisé des systèmes, et l'aspect « janus » de tout système autonome, associant une fonction autopoïétique propre tournée vers l'intérieur, et une fonction extérieure de participation au fonctionnement d'un système plus large auquel il appartient. Anatomiquement, cette disposition est évidente : le neurone semble bien avoir un fonctionnement autonome, mais toute sa signification fonctionnelle est liée à son rôle dans des organisations multineuroniques. Mais si le neurone sensoriel est réellement un système autonome, il doit en avoir l'architecture. Il doit obéir à principe de clôture organisationnelle, et avoir parallèlement des échanges régulés avec son environnement. Qu'en est-il dans la pratique ? Les découvertes effectuées, notamment durant le dernier demi-siècle, démontrent à l'évidence que le neurone sensoriel, comme toute cellule de l'organisme, présente bien toutes les caractéristiques d'un système autonome :

1) La clôture

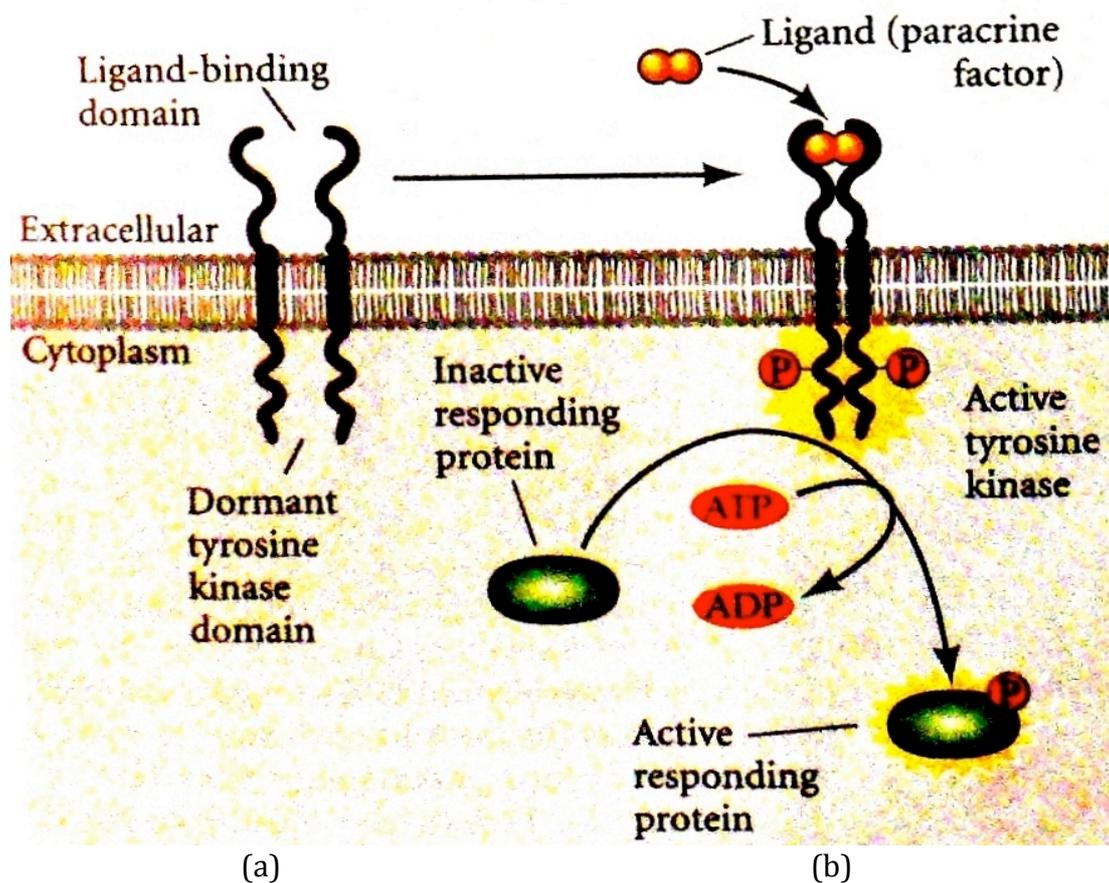
Elle se définit uniquement par rapport à l'environnement extra-neuronique immédiat. Elle est assurée par une membrane complexe en quatre couches, deux couches protéiniques et deux couches phospholipidiques. Elle vise fondamentalement la clôture chimique.

Cette clôture est continue mais elle présente des « portes » permettant un passage « contrôlé » de produits essentiels et d'informations.

2) Le recueil d'information

Il est assuré par les différents types de récepteurs membranaires, notamment ceux rattachés aux protéines G qui ont été l'objet du prix Nobel de chimie de 2012. Il existe de nombreux types distincts de récepteurs, mais du point de vue systémique et épistémologique, ils sont équivalents. Ils traversent la membrane et présentent deux pôles, l'un extracellulaire prêt à recevoir un signal, l'autre intracellulaire prêt à agir sur une protéine « répondante », ce qui assure la réponse au signal. En (a) de l'illustration sous-jacente, le récepteur est en attente, la protéine répondante est inactive. En (b) de l'illustration, le même récepteur a intégré le signal qui se présente comme un « ligand » venant se fixer sur le « domaine » qui lui est réservé. Il en résulte une modification de la configuration tridimensionnelle du récepteur. Cette modification agit à son tour sur la protéine « répondante » qui passe de l'état inactif à l'état actif. Une cascade de réactions chimiques complexe s'en suit.

(Pour qui souhaiterait le savoir, la réaction, comme toute transmission d'information, consomme de l'énergie. Celle-ci était tenue en réserve par la formation préalable d'une molécule ATP à partir d'une molécule ADP, et se trouve libérée par la transformation d'ATD en ADP)



in Scott F. Gilbert, 2006 et 2009

Ce processus est le premier temps obligatoire de la genèse de toute sensation et résume l'intégration de tout signal externe par un organisme biologique, de l'amibe à l'homme.

Fait tout aussi capital, il apparaît nettement que ce n'est pas le signal lui-même qui est physiquement intégré, mais bien la transformation de l'état d'une protéine propre à l'organisme, passant de l'état inactif à l'état actif. On pourrait dire en quelque sorte, que l'organisme « ne voit pas ou ne ressent pas » le ligand, pas plus que l'ordinateur « ne voit » l'informaticien qui a appuyé sur une touche de son clavier.

Bien entendu, tout ce que je rapporte là, concerne la « carte » et pas « le territoire ». Tous les concepts utilisés, les produits, réactions ou fonctions décrits, concernent la carte et pas le territoire lui-même qui demeure directement inaccessible.

Conclusion

Cet article doit être abordé dans la continuité de la parabole du sous-marin, et est destiné à étoffer cette parabole, autour de cette notion qu'il ne faut pas confondre la carte et le territoire, l'invention d'une réalité et cette réalité elle-même. Lorsque Schrödinger affirme la relativité d'une conception du monde à une construction de l'esprit humain, il n'affirme pas pour autant la relativité de la réalité elle-même, cette dernière s'affirmant grâce aux relevés croisés, chers à Winston Churchill, Karl Popper et bien d'autres. En revanche, la recherche d'une meilleure cohérence dans l'invention nous paraît essentielle. C'est en ce sens que la reprise de la notion d'atome caractérisant, non la réalité, mais la connaissance de cette réalité, nous semble très positive.

1) L'influx nerveux né de la décharge d'un neurone sensoriel est le véritable atome, non de la réalité mais de la connaissance de cette réalité. Les différentes qualités premières ou secondes de Démocrite sont liés à l'existence de différents types de neurones sensoriels, sans qu'il y ait lieu du reste d'établir cette distinction, les qualités premières apparaissant aujourd'hui également comme des créations de l'esprit.

Toute connaissance doit donc bien en fin de compte réduite à une combinaison particulière d'influx neuronique. Ce n'est du reste qu'un pas de plus après Saint Thomas d'Acquin qui affirmait que toute connaissance naît historiquement des sensations. « Gestalts d'accord, mais gestalts qui ont une histoire humaine » écrivait Jean Piaget dans « Logique et connaissance » en 1967.

Cette approche « atomistique » est importante, pour aborder des aspects complémentaires sur les mécanismes de la connaissance.

2) L'esprit humain est un système autonome au sens donné par Pierre Vendryès, c'est à dire que cet esprit n'obéit qu'à ses propres lois (Déterminisme et autonomie, 1956). La description de Vendryès est elle-même, comme Vendryès lui-même y insiste, empruntée à Claude Bernard (Leçons sur les phénomènes de la vie, 1878). Le point de vue atomistique demeure donc tout au long du développement de l'esprit et de l'invention d'une réalité.

La conception atomistique aide à comprendre la constitution de l'esprit humain, système autonome fait de l'emboîtement hiérarchique de systèmes plus simples, tous également autonomes avec une double face de janus, l'une tournée vers une équilibration interne propre, l'autre tournée vers l'équilibration du système autonome plus large dont le premier constitue une partie. L'influx neuronique est l'échelon le plus élémentaire sur le plan des significations, mais pas sur celui du fonctionnement biologique. Une comparaison utile peut être faite avec l'atome matériel, évoluant depuis

l'aspect insécable de Démocrite et Dalton jusqu'à sa partition dans le cadre de la physique moderne.

3) Le principe de clôture organisationnelle s'impose absolument à l'échelon du neurone sensoriel, et cela conduit à redéfinir la transmission de l'information à tous les niveaux. A la conception d'un signal pénétrant dans le système considéré, il faut substituer une modification ponctuelle de l'organisation interne dont il n'y a pas à se préoccuper outre mesure comme elle s'est produite, mais qui retentit sur tout le système et exige une rééquilibration. Ainsi se trouve justifiée une fois de plus la parabole du sous-marin, où la modification ponctuelle d'un récepteur est première, à la fois en importance et chronologiquement, dans la construction (Jean Piaget) ou l'invention (Watzlawick) d'une réalité.