

UNE VIE DE CELLULE

FORME ET ESPACE

René MISSLIN

RÉSUMÉ : La « théorie cellulaire », élaborée au XIX^e siècle sous l'impulsion, entre autres chercheurs, de Lorenz Oken, Matthias Schleiden, Theodor Schwann et Rudolf Virchow, a profondément modifié la vision que l'Homme se faisait jusque-là de la vie, puisqu'elle affirmait que la cellule est l'unité organique constitutive de tous les êtres vivants et que tout être vivant est issu d'une cellule. L'observation d'un unicellulaire comme la paramécie montre, en effet, qu'une cellule doit être considérée comme une forme vivante intégrale puisqu'en se nourrissant, en se développant, en se défendant et en se reproduisant elle manifeste le destin commun à tous les êtres vivants. Son espace vital, engendré par ses déplacements, est coextensif à ses besoins et donc à ses comportements.

MOTS-CLÉS : paramécie, cellule, forme, comportements, espace vital, renaissance.

ABSTRACT : The « cellular theory », elaborated during the 19th century by researchers such as Lorenz Oken, Matthias Schleiden, Theodor Schwann and Rudolf Virchow, greatly modified the conception of life that Man had had up to then, since it asserted that the cell is the basic organic unit of all living beings and that every living being stems from a cell. Indeed, the study of the unicellular paramecium shows that a cell must be considered as a complete living form insofar as it illustrates by feeding, growing, defending and reproducing the general fate of all living creatures. Its living-space, generated by its movements, is relative to its needs and therefore to its behaviour.

KEYWORDS : paramecium, cell, form, behaviour, living-space, rebirth.

ZUSAMMENFASSUNG : Die Zelltheorie, die im 19. Jahrhundert vor allem von Lorenz Oken, Matthias Schleiden, Theodor Schwann und Rudolf Virchow entwickelt worden ist, hat die Vorstellungen vom Wesen des Lebens nachhaltig verändert. Nach dieser Theorie ist die Zelle der Grundbaustein aller Lebewesen, und jedes Lebewesen ist aus einer Zelle hervorgegangen. Die Beobachtung eines Einzellers wie z. B. des Parameciums zeigt in der Tat, daß eine Zelle als ein komplettes lebendes System angesehen werden muß, denn da sie sich ernährt, entwickelt, verteidigt und fortpflanzt, besitzt sie sämtliche Merkmale eines Lebewesens. Ihr durch ihre Bewegung vorgegebener Lebensraum entspricht ihren Bedürfnissen und ihrem Verhalten.

STICHWÖRTER : Paramecium, Zelle, Gestalt, Verhalten, Lebensraum, Wiedergeburt.

RIASSUNTO : La « Teoria cellulare », elaborata nel diciannovesimo secolo sotto l'impulso, tra i vari ricercatori, di Lorenz Oken, Matthias Schleiden, Theodor Schwann e Rudolf Virchow, ha modificato profondamente la visione che l'uomo si era fatto fino ad allora della vita, perché ha affermato che la cellula è l'unità organica costitutiva di tutti gli esseri viventi e che tutti i viventi si sono sviluppati da una cellula. L'osservazione di un unicellulare come il paramecio mostra, in effetti, che una cellula deve essere considerata come una forma vivente integrale poiché nutrendosi, sviluppandosi, difendendo e riproducendosi, essa manifesta il destino comune a tutti gli esseri viventi. Il suo spazio vitale, generato dai suoi spostamenti, è coestensivo ai suoi bisogni e dunque ai suoi comportamenti.

PAROLE CHIAVE : paramecio, cellula, forma, comportamento, spazio vitale, rinascita.

René MISSLIN, né en 1934, est professeur émérite de l'université Louis Pasteur de Strasbourg. La pharmacologie comportementale chez la souris constitue son domaine de recherche. Il a soutenu sa thèse « Contribution neuroéthologique à l'étude des conduites néotiques chez la souris », en 1983. Il s'intéresse plus particulièrement à la définition des réseaux neuronaux impliqués dans l'expression du comportement de peur chez la souris.

Adresse : Faculté de psychologie, Université Louis Pasteur, 7 rue de l'Université, F-67000 Strasbourg.

Courrier électronique : rene@misslin.com

Quand on s'aperçoit que l'on croyait encore à la fin du XVIII^e siècle à la génération spontanée et que c'est seulement au début du XIX^e, il y a à peine deux siècles, que l'entomologiste allemand Lorenz Oken avance l'idée, alors singulière, que les organismes sont composés de cellules et naissent de cellules, d'où son adage « *omne vivum e vivo* », on peut être saisi d'un léger vertige en songeant qu'il aura fallu à l'humanité à peu près cent mille ans, puisque c'est l'âge que l'on attribue à *Homo sapiens sapiens*, pour découvrir, n'ayons pas peur des mots, l'origine de toute forme vivante. Encore faut-il ajouter que la version quasi définitive de ce qu'il est convenu aujourd'hui d'appeler la théorie cellulaire ne verra le jour que vers le milieu du XIX^e siècle quand Rudolf Virchow transforme la formule d'Oken en : « *omnis cellula e cellula* ». L'édifice s'achève un quart de siècle plus tard avec une dernière sentence : « *omnis nucleus e nucleo* ». Les trois axiomes qui forment la théorie n'en font à vrai dire qu'un seul, car lors d'une reproduction cellulaire, c'est le noyau qui d'abord se divise, puis la cellule, mais en se reproduisant la cellule reproduit la vie. Peut-être la vie ne s'est-elle inventée qu'une seule fois : elle se perpétue par le mécanisme de la reproduction. Le fait que tous les êtres vivants, uni et pluricellulaires, naissent d'une cellule montre qu'en dépit du foisonnement évolutif des espèces, la vie a conservé depuis plus de trois milliards d'années l'unité fonctionnelle de base pour se reproduire, se développer et se différencier ; la cellule. Mais en faisant de la cellule l'unité vitale par excellence, Virchow avait conscience que la théorie cellulaire « impliquait une violente remise en cause » de la philosophie moderne, celle de René Descartes, comme l'écrit Barbara Stiegler¹. Or, le point central de cette philosophie, c'est l'existence d'un *ego* mental, immatériel et conscient qui dispense à l'être humain la certitude de son unité. En proposant de faire de la cellule « le seul point de départ possible de toute doctrine biologique² », puisque cette forme élémentaire traverse tout le règne vivant, Stiegler montre que Virchow révèle le caractère fantomatique de toute entité mentale et l'illusion de l'unité subjective qu'elle fait naître. La cellule est une unité par elle-même, en tant que totalité fonctionnelle organique. Mais, il y a plus. En faisant de la cellule l'unité de base, celle-là même qui recèle dans sa constitution la mémoire du phénomène vivant dans son ensemble, l'unité des organismes pluricellulaires, celle en particulier de l'être humain, n'apparaît plus comme une unité distinctive et supracellulaire, mais seulement comme un cas particulier du développement cellulaire. Il n'est pas sûr que notre culture ait assimilé, en profondeur, la

1. STIEGLER, 2001, p. 22-23.

2. STIEGLER, 2001, p. 27.

vision que la théorie cellulaire a commencé à promouvoir il y a plus d'un siècle maintenant. Pour preuve, on peut citer l'évolution de la psychologie au xx^e siècle. Le courant behavioriste, illustré en particulier par John Watson et Burrhus Skinner, a tenté de surmonter les difficultés inhérentes au mentalisme de la psychologie traditionnelle, issu du dualisme platonicien et revigoré par Descartes, en préconisant de limiter les observations au comportement des êtres vivants ; la seule voie qui paraissait possible pour donner à la psychologie une chance de devenir une science. Il a eu un succès important durant plusieurs décennies. Mais le mentalisme semble avoir la vie dure puisqu'il a resurgi il y a environ trente ans avec le courant cognitiviste : loin de se limiter à la relation *stimulus*/réponse préconisée par les behavioristes, la psychologie cognitive prétend que les êtres vivants ont des représentations ou des images mentales qui déterminent, de manière causale, les comportements. La forme actuelle du mentalisme, il est vrai, n'est pas un retour pur et simple à la tradition dualiste. D'un point de vue philosophique, les cognitivistes se réclament souvent du monisme matérialiste antique (Démocrite, Épicure, Lucrèce) selon lequel il n'existe qu'une seule substance, la matière, composée d'atomes. Ils sauvent cependant les fonctions dites mentales, héritées de la tradition dualiste, en considérant que ces fonctions sont des propriétés émergentes du fonctionnement matériel du cerveau. On comprend le sentiment de ceux qui ont l'impression d'assister ici à une sorte de tour de prestidigitation, le lapin, en l'occurrence les fonctions mentales, surgissant on ne sait comment du « chapeau-cerveau ». Comment ne pas éprouver de la perplexité quand on essaie de s'orienter dans un paysage aussi paradoxal où s'entremêlent, de manière inextricable, des croyances séculaires, à caractères mythique et métaphysique évidents, et des approches qui se veulent scientifiques et objectives ? Quelle cohérence y a-t-il à attribuer à des insectes, des rongeurs ou des primates humains et non humains l'aptitude de former des représentations mentales quand, en même temps, on se réclame du matérialisme antique qui dénonçait, en son temps, avec vigueur et cohérence, l'illusion qui consiste à ajouter à l'organisme matériel une âme pneumatique puisqu'aux yeux de ces philosophes toute forme réelle était constituée d'atomes et de rien d'autre ? Plus fondamentalement, on peut remarquer à quel point notre société est imprégnée de philosophie dualiste : nous avons les thérapeutes qui soignent notre corps, d'autres qui s'occupent de notre psychisme. Non seulement les progrès de la médecine et de la biologie n'ont pas réussi à rapprocher ces pratiques, mais on a même vu se produire en 1970 une scission entre la neurologie et la psychiatrie, alors qu'à la même date, on soignait déjà depuis vingt ans les personnes schizo-phrènes avec des substances neurotropes, c'est-à-dire des molécules qui modifient le fonctionnement du système nerveux. Chose impensable, on a fini par appeler ces médicaments des psychotropes ! Certains pratiquent la médecine psychosomatique en soignant des troubles physiques dont l'étiologie serait psychique. Sigmund Freud pensait que les personnes souffrant d'hystérie

exprimaient par leur corps des tourments mentaux inconscients, car refoulés, et comme la théorie freudienne a beaucoup plu, on parle couramment maintenant de somatisation. Il est vrai que Freud trouvait tout cela fort énigmatique puisqu'il parlait du saut mystérieux de la psyché dans le soma. Mais même Descartes s'étonnait de cet étrange dualisme d'après lequel le corps est un automate matériel, l'âme une chose qui pense. Il note que l'âme n'est pas dans le corps ainsi qu'un pilote dans un navire, car :

« Lorsque mon corps est blessé, je ne sentirais pas pour cela de la douleur, moi qui ne suis qu'une chose qui pense, mais j'apercevrais cette blessure par le seul entendement, comme un pilote aperçoit par la vue si quelque chose se rompt en son vaisseau³. »

Ainsi, c'est l'épreuve affective de la douleur qui le réveille de son songe dogmatique et qui le contraint à reconnaître l'unité organique de l'être humain. Aussi fera-t-il à la princesse Élisabeth cet étonnant aveu : il convient « en usant seulement de la vie et des conversations ordinaires et en s'abstenant de méditer et d'étudier aux choses qui exercent l'imagination qu'on apprend à concevoir l'union de l'âme et du corps⁴ ». On ne saurait donner meilleur conseil pour échapper aux sortilèges du dualisme.

Rien n'est plus instructif, pour saisir sur le vif à quel point une cellule est un organisme vivant, que d'étudier la structure et le comportement d'un unicellulaire tel que la paramécie. C'est un hôte familier des eaux douces dans lesquelles elle nage gracieusement en se propulsant au moyen de ses 2 500 cils qui tapissent sa membrane plasmique appelée pellicule. La forme bien définie de l'animalcule, dont la taille ne dépasse pas 0,3 mm, est hydrodynamique, ce qui lui permet de fendre la résistance de l'eau grâce aux mouvements des cils qui l'animent comme une vrille. Il convient de bien souligner que la forme est l'aspect superficiel qui fait partie intégrante de la structure de l'animalcule. Cette structure est définie par un cytosquelette comprenant plus particulièrement des microtubules et des filaments d'actine. Les microtubules se disposent en une configuration rayonnante à partir de la région péricentriolaire. Le cytosquelette assure trois fonctions importantes : il maintient la forme de la cellule, il en assure les mouvements et il permet les transports moléculaires internes. Longtemps, on a ignoré la présence de cette structure, l'attention des chercheurs s'étant d'abord portée sur le noyau et les organites cytoplasmiques telles les mitochondries. Mais il est clair aujourd'hui que le cytosquelette porte bien son nom : il préfigure l'ossature squeletto-musculaire des vertébrés. Cette ossature, qui définit la forme des êtres vivants, est une des caractéristiques fondamentales des organismes. Aristote y était éminemment sensible parce

3. DESCARTES, 1996, p. 92.

4. DESCARTES, 1996, p. 152.

qu'elle lui apparaissait comme le symbole même de l'âme, c'est-à-dire, dans son langage, celui d'un ordre dynamique, vivant en un mot. Le vitalisme aristotélicien sera perdu pour des siècles au bénéfice de l'intellectualisme platonicien. Pour survivre, la paramécie, à l'instar de tous les êtres vivants, prélève dans son environnement des éléments énergétiques sous la forme de microscopiques algues qu'elle capture avec ses cils, avale et digère pour synthétiser la forme de l'énergie cellulaire immédiatement disponible, commune à toutes les formes vivantes : l'adénosine 5'-triphosphate ou ATP. Or, pour attraper ses proies, la paramécie émet des mouvements orientés en direction des algues qu'elle détecte au moyen de certains des cils à compétence sensitive. De pareils mouvements constituent ce qu'en éthologie on appelle des comportements. Tout comportement résulte de la mise en jeu de l'intégration sensori-motrice au niveau le plus global d'un organisme. De façon schématique, on peut dire qu'un comportement s'effectue selon l'une des deux modalités affectives communes à tous les êtres vivants : appétitive ou aversive. Les comportements d'appétition les plus courants sont les comportements alimentaires, sexuels, parentaux, territoriaux et sociaux. Les comportements aversifs sont ceux qui permettent aux êtres vivants de se défendre contre tous les facteurs environnementaux susceptibles de menacer leur intégrité : l'évitement, la fuite et la contre-attaque. Outre le comportement alimentaire, une paramécie est capable d'émettre à l'occasion le comportement appétitif sexuel. On sait que la vie, pour se pérenniser, n'a pas pu immortaliser les individus, mais dispose de deux processus pour conserver l'espèce : la division des cellules, ou reproduction asexuée, et l'union de deux cellules, ou reproduction sexuée. De nombreuses espèces unicellulaires possèdent les deux modes de reproduction et les exécutent alternativement. Quand une paramécie se reproduit selon le mode sexuel, elle exprime un comportement élaboré appelé conjugaison. Au cours de cette étrange parade sexuelle, deux paramécies fusionnent au niveau de leurs ouvertures buccales ou péristomes. Elles échangent par ce moyen l'un des deux noyaux haploïdes (noyaux à un jeu de chromosomes) issus d'une méiose ou division d'un noyau diploïde (noyau à deux jeux de chromosomes). Comme les noyaux contiennent le matériel génétique, on en conclut que les deux paramécies, comme cela se fait au cours de toute forme de reproduction sexuée, échangent les gènes situés sur la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN). En fait, la conjugaison n'est pas à proprement parler un mode de reproduction puisque les deux paramécies ne se divisent pas immédiatement après l'échange des noyaux. Cependant, quand elles se scinderont ultérieurement selon le mode de division nucléaire appelé mitose, elles transmettront aux cellules filles l'ensemble de leur matériel génétique, en particulier le noyau diploïde qui se sera recomposé à la suite de la conjugaison précédente. Le résultat d'une conjugaison, au niveau du brassage du matériel génétique, est comparable à ce qui se passe lors d'une fécondation. Enfin, la paramécie, comme tout vivant, est confrontée à un environnement qui

peut se révéler dangereux puisqu'il comporte, entre autres menaces, des prédateurs. L'ennemi de la paramécie est un autre unicellulaire cilié qui porte le nom de *didinium*. Elle est capable de lui échapper en exprimant le comportement de défense le plus universel, à savoir la fuite. Celle-ci s'accompagne d'une sorte d'explosion qui permet à la paramécie d'émettre des dizaines de bâtonnets appelés trichocystes qui tapissent la paroi interne de sa membrane : ils ressemblent, agrandis par le microscope, à de véritables lances qui se terminent par une pointe acérée. Souvent, la paramécie présente le comportement défensif sous une forme atténuée, évitant certaines stimulations aversives : des obstacles mécaniques, une température de l'eau trop élevée, un milieu concentré en oxygène ou en gaz carbonique ou encore trop acide. Dans ces cas, elle arrête ses mouvements d'exploration, recule ou change de direction. Ainsi, une paramécie naît, se nourrit, se développe, se défend et se reproduit comme n'importe quel autre être vivant. Comment un unicellulaire, dépourvu de système nerveux, peut-il accomplir des activités coordonnées, adaptatives et « intelligentes » comme le sont les comportements ?

On admet aujourd'hui que le rôle d'intégration sensorimotrice dans la genèse des comportements, dévolu chez les pluricellulaires au système nerveux, est assuré chez les unicellulaires par des circuits de protéines. La reconnaissance de la fonction d'intégration des protéines chez les unicellulaires a été facilitée par la compréhension de la régulation enzymatique, en général, et des processus d'amplification des signaux lors des phénomènes de transduction. On sait que les vitesses des réactions dans une chaîne métabolique dépendent de la quantité d'enzymes synthétisée par une cellule. Or, comme les enzymes sont des protéines, l'activité enzymatique dépend du niveau d'expression des gènes, puisque c'est l'agencement des nucléotides sur les gènes qui détermine la structure primaire en acides aminés des protéines. Un exemple classique de la forme en cascade des réactions métaboliques est la production de glucose par phosphorylation de sa molécule de stockage, le glycogène hépatique ou musculaire. La réaction initiale se déclenche lorsque la molécule d'adrénaline se lie à une protéine réceptrice située dans la membrane plasmique des cellules hépatiques ou musculaires. L'extrémité intracellulaire du récepteur comprend des sites de liaison à d'autres protéines appelées protéines G. Quand le ligand externe se fixe sur la protéine, cela déclenche une série de phosphorylations qui activent des milliers de kinases lesquelles, l'instant suivant, catalysent des milliers de molécules de glycogène phosphorylases, ce qui provoque une brutale libération de glucose dont la catalyse fournit de l'ATP.

Cet exemple permet de tirer plusieurs leçons. Ces réactions biochimiques s'effectuent à des vitesses inférieures à la seconde. Par ailleurs, alors même que le signal de départ est faible, les réactions en chaînes qui résultent de la liaison du ligand externe à son récepteur amplifient de façon remarquable le signal initial au point que les réactions terminales peuvent être foudroyantes

comme c'est le cas dans la libération du glucose. Il arrive souvent que la phase terminale d'une transduction se situe au niveau du génome et qu'elle aboutisse à la transcription, puis à la traduction d'un gène, enfin à la synthèse d'une protéine. Les processus de transduction sont universels. Sachant qu'une cellule possède sur sa membrane plasmique plusieurs centaines de récepteurs protéiques et dans son cytoplasme des dizaines d'espèces de protéines G et des centaines de protéines kinases, l'ensemble de ces éléments contrôlant l'activité de milliers de protéines cibles, on peut se faire une idée au moins générale de la capacité des protéines à assumer de multiples fonctions cellulaires à des vitesses qui défient l'entendement. Ces milliers de réactions en chaîne reposent sur la capacité des protéines à interagir les unes avec les autres. Par exemple, le produit d'une réaction catalysée par une enzyme peut devenir le substrat d'une autre enzyme et ainsi de suite. Du fait de cette interconnection réactive, sa mise en jeu aboutit à la réalisation de circuits moléculaires qui, du point de vue fonctionnel, ressemblent étrangement à des réseaux neuronaux. Les mécanismes moléculaires impliqués dans le traitement des informations qui assurent le fonctionnement des unicellulaires préfigurent indéniablement les mécanismes nerveux des métazoaires. Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que cette auto-organisation est rendue possible par le caractère hétérogène du milieu cellulaire interne. On avait longtemps imaginé que le cytoplasme était une espèce de milieu visqueux homogène, et tant que cette image avait été vivace, il n'était pas même envisageable qu'on pût jamais concevoir qu'une cellule était un organisme vivant à l'instar d'un métazoaire. Or, on sait aujourd'hui que la cellule ne possède pas seulement une forme externe, mais que l'intérieur est également structuré de manière incroyablement dense et complexe grâce à la présence de multiples organites qui constituent des compartiments clos délimités par des membranes semi-perméables : réticulum, appareil de Golgi, mitochondries, sans parler des innombrables structures filamenteuses. La présence des membranes est fondamentale puisque, comme la membrane plasmique, elles déterminent des zones d'échanges, des interfaces dynamiques qui forment de véritables réseaux fonctionnels « informatifs ». On a tendance à sublimer la membrane nucléaire sous prétexte qu'elle assure les échanges génome/cytoplasme. Mais, il ne faut privilégier ici aucun de ces sous-systèmes, car chacun contribue à sa façon à la synthèse de molécules, à leur éventuel stockage et à la dynamique des échanges intracellulaires. Encore une fois, nous retrouvons aussi à ce niveau le concept de formes : le principe fondamental de ces formes organiques est bien de générer les flux informatifs qui constituent les différentes fonctions de la cellule selon un mode immanent et d'assurer par-là la coordination des constituants de l'organisation interne.

Bien qu'aucun formalisme mathématique ni aucun programme informatique ne soit, actuellement, en mesure de modéliser les innombrables réactions moléculaires impliquées dans le fonctionnement d'une cellule, on doit s'appuyer sur quelques systèmes réactionnels connus pour tenter d'imaginer la vie de

l'ensemble. On sait que les cils sont les organes moteurs de la paramécie et que leurs battements sont assurés par un mécanisme situé dans ces organes mêmes et activé par l'ATP. Cependant, bien que les mouvements ciliaires soient réalisés de façon autogène grâce au glissement des microtubules les uns par rapport aux autres, on admet que le battement synchrone des cils est obtenu au moyen des signaux moléculaires émis et transmis par la membrane plasmique au réseau complexe de fibres qui relie les cils entre eux au niveau de leur région d'implantation. Enfin, comme les cils servent, entre autres, aux déplacements de la paramécie, on doit supposer que les variations des mouvements de cils au cours des activités d'approche, d'évitement, de recul, de réorientation sont contrôlées par un système de coordination global capable d'intégrer les signaux d'entrée, de les traiter, en les amplifiant, et de produire les conduites adaptées aux circonstances externes et à l'état interne de l'animalcule. Certains chercheurs présumant que l'effet des stimulations de l'environnement sur la concentration et l'activité des milliers de protéines de la cellule peut se prolonger bien au-delà des réactions métaboliques sous la forme de « traces mnésiques » susceptibles de faciliter le déclenchement de ces réactions lors des prochaines confrontations de l'organisme avec des stimulations environnementales analogues.

En nous efforçant, autant que possible, de ne faire appel qu'à des entités strictement nécessaires pour tenter de comprendre le fonctionnement de la paramécie, nous n'avons eu recours à aucun moment au concept de programme génétique pourtant largement utilisé en biologie et même au-delà. Lorsque l'on veut signifier aujourd'hui que tel ou tel trait est hérité, on dit couramment qu'il est génétiquement programmé. Henri Atlan⁵ a noté que l'expression programme génétique était initialement utilisée avec des guillemets, ce qui avait l'avantage d'en souligner le caractère métaphorique. Puis, cette expression imagée, importée du langage informatique, a fini par prendre une consistance remarquable jusqu'à se fossiliser en un véritable dogme : elle désigne l'ensemble des processus par lesquels les algorithmes du génome sont censés diriger, telle une équipe de pilotage, le développement des organismes, le métabolisme cellulaire et, aux yeux de certains, le comportement, tout cela selon les règles de l'espèce dont ils constitueraient la mémoire héréditaire. Ce glissement sémantique adopté massivement fait irrésistiblement penser à une réflexion de Ludwig Wittgenstein : « Philosopher, dans le sens où nous employons ce terme, c'est d'abord lutter contre la fascination qu'exercent sur nous certaines formes d'expression⁶. » Philosophons donc.

Précisons que, dans ce qui suit, il ne s'agit en aucun cas de minimiser ou d'escamoter la fonction des gènes. Il est incontestable que leur découverte a

5. ATLAN, 2000, p. 8.

6. WITTEGENSTEIN, 1965, p. 84.

été un des plus beaux moments de l'histoire de la biologie. Ce qui est en cause, c'est l'usage que l'on a fini par faire de la métaphore de programme génétique. Comment se fait-il que la macromolécule d'ADN, aussi prestigieuse soit-elle, s'est vu attribuer le rôle écrasant de détenir les secrets mêmes de la vie ? Sans doute la réponse à cette question se situe-t-elle à notre niveau bien plus qu'à celui de l'ADN. L'histoire des Hommes montre que toutes les cultures, à toutes les époques, engendrent ce que nous appelons, depuis les philosophes ioniens du VI^e siècle avant J.-C., des mythes (*muthoi*) dont le rôle est de fournir, à travers des récits, une explication du monde, des êtres et des Hommes. Le caractère universel et récurrent de ce comportement que l'on pourrait appeler, avec un grain de sel, « mythogène » correspond sans doute à l'expression d'un besoin apparemment robuste, celui d'avoir à notre disposition des vade-mecum nous permettant de nous orienter dans notre vie, de réduire le degré de notre incertitude et par là-même celui de notre anxiété existentielle.

Ce qui est intéressant dans l'évolution de notre culture occidentale, c'est que nous avons imité, depuis la Renaissance, les penseurs ioniens du VI^e siècle avant notre ère qui étaient fiers d'avoir révélé le caractère mythique de leurs croyances traditionnelles et de pouvoir surmonter les aspects légendaires des mythes en adoptant une posture rationnelle et naturaliste, « physique » comme on disait alors, du nom de *phusis* que l'on traduit habituellement par nature. Le passage du *muthos* au *logos* a été ressenti par ces penseurs comme une conquête de l'intelligence humaine. On ne discutera pas ici du bien-fondé ou non de ce sentiment. L'usage que nous faisons de la métaphore de programme génétique révèle qu'elle fonctionne moins comme une entité « logique » que comme une image mythique, même, et peut-être surtout, parce que son allure est technique. Alors que la biologie est loin de pouvoir « modéliser » de façon satisfaisante le fonctionnement d'une cellule, en raison de la multiplicité vertigineuse des processus dont elle est le siège, la notion de programme génétique vient heureusement remplir les interstices du tissu creux de nos savoirs positifs. Il n'est pas question, encore une fois, de dénigrer qui que ce soit. L'activité scientifique ressemble à une forme sophistiquée du comportement d'exploration qui, pour sa part, est commun au monde animal ; or ce comportement adopte le plus souvent ce qu'on appelle la démarche par essais et erreurs. Il peut sembler judicieux d'utiliser ici la notion d'erreur dans son sens originel tant il est vrai que la recherche scientifique, comme toute recherche, n'échappe pas à l'errance, aux tâtonnements, aux croyances, voire à certaines illusions. La croyance à la rupture radicale entre la posture mythologisante et la posture rationalisante correspond plus à notre besoin de nous donner du courage pour avancer qu'à ce qui se passe en réalité. Les hommes ont sans doute toujours eu recours aux deux postures, c'est nous qui nous imaginons qu'en accordant du crédit aux mythes on est forcément incapable de rationalisation. L'image du programme génétique a été un facteur étonnamment dynamique pour la recherche. Or, il se trouve que ce sont justement les fruits de la recherche

qu'elle a suscitée qui montrent aujourd'hui les limites heuristiques de cette image. Cela se traduit actuellement par le fait que les biologistes ont tendance à moins parler de génome et utilisent de plus en plus le concept de protéome, ce néologisme définissant l'ensemble des protéines contenues dans une cellule. Atlan⁷ avait déjà eu l'occasion de signaler à quel point la notion de programme génétique n'était pas très heureuse dans la mesure où la molécule d'ADN, en raison de sa structure fixe, inerte et statique, ne lui paraissait pas de nature à assumer l'écrasant rôle de chef d'orchestre de la machinerie cellulaire parcourue incessamment d'une multitude inouïe de flux moléculaires. Il avait suggéré que les protéines lui semblaient des candidats autrement plus probables pour remplir les fonctions dynamiques de la vie, en raison de leur extrême mobilité, de leur flexibilité et de leur réactivité. C'est ce que semblent bien confirmer les chercheurs qui considèrent que ce sont les protéines qui, chez les unicellulaires, jouent le rôle d'intégration sensorimotrice. Mais sans doute convient-il de ne pas retomber une fois de plus dans l'erreur de privilégier certains éléments de la cellule par rapport à d'autres. Le point de vue holistique selon lequel une cellule est un organisme vivant est préférable à n'importe quel point de vue réducteur. Du reste, puisque la théorie cellulaire affirme qu'une cellule est un être vivant et que toute cellule provient d'une autre, cela ne signifie-t-il pas que ce qui se transmet d'une génération à l'autre, c'est bien une totalité vivante ? La question ne se pose plus aujourd'hui en termes de choix entre une vision vitaliste et une option mécaniste, comme cela a pu être le cas à un moment donné de l'histoire de la biologie. La découverte des mécanismes de régulation des gènes par des protéines avait montré qu'une cellule est un système d'autorégulation qui fonctionne grâce à l'interaction permanente des composantes que l'analyse nous permet d'individualiser, mais dont les fonctions n'ont de sens que rapportées au fonctionnement global.

Sans doute nous heurtons-nous ici à ce que les philosophes appellent notre finitude. Notre intuition du vivant nous donne le sentiment que les organismes sont des individualités agissantes, non des sacs de molécules. Nos techniques d'investigation, elles, reposent sur l'analyse et nous fournissent des éléments, non un fonctionnement d'ensemble. Celui-ci, nous ne pouvons que tenter de le reconstruire après coup, sous forme de modèles. Mais nous sentons bien que nos modèles sont des artefacts, dans le sens étymologique du mot, des œuvres de notre art. Georges Canguilhem a exprimé ce sentiment d'une manière à la fois remarquable et drôle :

« Connaître c'est analyser [...]. Il est normal qu'une analyse ne puisse jamais rendre compte d'une formation et qu'on perde de vue l'originalité des formes quand on n'y voit que des résultats dont on cherche à déterminer les

7. ATLAN, 2000, p. 13.

composantes. Les formes vivantes étant des totalités dont le sens réside dans leur tendance à se réaliser comme telles au cours de leur confrontation avec leur milieu, elles peuvent être saisies dans une vision, jamais dans une division [...]. Nous soupçonnons que, pour faire des mathématiques, il nous suffirait d'être anges, mais pour faire de la biologie, même avec l'aide de l'intelligence, nous avons besoin parfois de nous sentir bêtes⁸. »

Quel scientifique voudrait passer pour un visionnaire ?

Quand nous voyons nager une paramécie, nous n'avons aucune peine à l'identifier, naïvement, comme un être vivant. Les données de la biologie nous ont permis de confirmer cette intuition en découvrant la complexité anatomique et fonctionnelle de cet unicellulaire. Comme tous les animaux, elle a une individualité définie par sa forme, son monde, son comportement et son mode de reproduction. Sa complexité fonctionnelle n'est pas moins redoutable à appréhender que celle de n'importe quel autre être vivant. Le passage de l'état protozoaire à l'état métazoaire s'est certes accompagné d'innovations structurales et fonctionnelles considérables, mais il n'est pas certain du tout que le qualificatif de « supérieur » qui est souvent utilisé pour désigner des animaux « neuronaux » par rapport à ceux dépourvus de système nerveux corresponde à autre chose qu'à une vue assez superficielle, surtout si l'on se rappelle que le système nerveux lui-même est constitué de cellules. Quand on réalise qu'un unicellulaire comme la paramécie manifeste, à son niveau de complexité, le destin général de tous les êtres vivants, à savoir survivre assez longtemps pour renaître en reproduisant la mémoire vitale de son espèce, on ne peut pas s'empêcher de se demander si notre destin humain est si différent, *mutatis mutandis*, de celui d'une paramécie. La vie a certes multiplié à l'infini ses formes d'existence. Mais comment résister au sentiment que ce sont là de géniales variations sur un thème unique, celui de la renaissance ? Friedrich Nietzsche a exprimé cela à sa façon : « Pour comprendre la nature de la vie organique, il faut éviter d'en prendre la forme la plus réduite pour la forme la plus primitive ; au contraire, la plus petite cellule est à présent l'héritière de tout le passé organique⁹. »

À bien y réfléchir, c'est cette auto-organisation à la fois structurelle et fonctionnelle que toutes les formes de dualisme ont du mal à percevoir, sans doute en partie parce que nous avons souvent spontanément recours, pour décrire la réalité des êtres et des choses, à des modèles fonctionnels tirés de nos pratiques. Or, qu'enseignent nos arts et nos techniques sinon que tout objet fabriqué nécessite un fabricant. Mais, dans le cas de la genèse d'un être vivant, il n'y a pas de fabricant, pas plus que dans l'exécution d'un comportement on n'a besoin d'une entité pilote – âme, esprit, psyché, volonté – dont le rôle serait

8. CANGUILHEM, 1998, p. 11.

9. NIETZSCHE, 1995, p. 251.

d'animer, de diriger, de déclencher les réponses motrices de l'organisme, à partir d'une position centrale. C'est en luttant contre la tendance à introduire dans un organisme vivant une instance directrice, qui est la source même de toutes les formes de dualisme, que Virchow en arriva à proposer le point de vue organiciste selon lequel un être vivant fonctionne comme un tout. La cellule isolée et autonome s'imposera à lui comme le paradigme de l'organisme vivant qui effectue les fonctions vitales, sans conscience, grâce à l'unité coordonnée que définit le fonctionnement même de sa structure. C'est l'organisme qui se développe et se détermine par lui-même. Cela ne signifie pas qu'il s'agit d'un système clos, mais qu'il fonctionne selon les règles immanentes à sa constitution à laquelle il s'identifie absolument. Ses multiples dépendances à l'égard de l'environnement n'empêchent pas sa radicale individualité. Ce qui est remarquable, et seuls les progrès de la biologie ont permis cette prise de conscience, c'est que cette individualité organique est d'une complexité telle que malgré les progrès accomplis, le fonctionnement d'un unicellulaire représente encore aujourd'hui un défi à notre compréhension.

Qu'une paramécie soit capable de produire des réponses appropriées par rapport à certaines stimulations de l'environnement suggère l'existence d'une continuité qui s'établit entre des événements situés à trois niveaux : la réception de signaux à la périphérie, leur transformation par des processus internes aboutissant à la mise en jeu des programmes moteurs d'exécution et l'exécution des comportements orientés vers les sources environnementales déclenchantes. Comme le montre ce schéma, il s'agit d'une configuration qui intègre l'environnement, l'organisme et les séquences comportementales. Ces relations ne sont pas linéaires, fondées sur les principes du modèle empiriste *stimulus*/réponse (S/R). Le type de fonctionnement suggéré est plus proche d'un modèle en boucle quasi fermée qu'il serait assez vain de vouloir décrire selon le schéma causaliste classique où il suffirait de trouver des antécédents, ou causes, pour rendre compte des subséquents ou effets. En fait, ces boucles sont largement prédéterminées de manière phylogénétique et perfectionnées par des apprentissages ontogénétiques, c'est pourquoi ce que nous appelons environnement peut être conçu comme coextensif à l'organisme qui le spécifie. Les chercheurs qui ont le mieux saisi le caractère prédéterminé des relations d'un être vivant avec son milieu sont ceux qu'on appelle les phénoménologues existentiels comme le psychiatre d'origine autrichienne Erwin Straus, le physiologiste allemand Jacob von Uexküll et le psychologue hollandais Frédéric Buytendijk. Uexküll, par exemple, distinguait radicalement les aspects « objectifs » de l'environnement, inintéressants pour l'animal, des aspects « subjectifs », les seuls auxquels sa constitution le rend sensible. Pour illustrer ce propos, Uexküll a décrit le monde de la tique dans le passage suivant, devenu célèbre :

« Après s'être accouplée, la tique grimpe dans un buisson au sommet d'une brindille. Elle parvient à une hauteur d'où il lui sera possible de se laisser

tomber sur un petit mammifère ou de se laisser emporter par un mammifère plus gros qui se frotera au buisson. La tique aveugle est guidée vers son poste d'observation par la photosensibilité de sa peau. Cette voleuse des grands chemins aveugle et sourde reconnaît grâce à un odorat bien développé la proie qui s'approche. L'odeur de l'acide butyrique qui émane des glandes cutanées des mammifères agit sur elle comme le signal du départ. Elle s'élance et si elle a atterri sur une surface chaude c'est qu'elle a atteint son but : l'animal à sang chaud. Il ne lui reste plus qu'à trouver un endroit dépourvu de poils. Des expériences utilisant des membranes artificielles et des fluides autres que le sang ont montré que la tique ne possède aucun sens du goût. Une fois la membrane perforée elle peut avaler n'importe quel liquide amené à la bonne température¹⁰. »

Quand son abdomen est rempli de sang, la tique peut mourir, car sa future progéniture a de quoi se nourrir et se développer. On sait qu'une tique peut attendre plusieurs années avant de rencontrer le stimulus de l'acide butyrique qu'elle est prédestinée à percevoir. Certes, le monde d'une tique peut nous paraître bien « pauvre », mais les limites intrinsèques de son appareil perceptif sont compensées par la précision du couplage monde/organisme. Nous avons tendance à concevoir notre « monde » en le figurant *more geometrico*, partiellement en raison du caractère dominant de la modalité visuelle propre à la plupart des primates. Mais, il faut bien se rendre compte que ce qu'intuitivement nous appelons espace est véritablement un prolongement perceptif de notre organisme conçu comme une forme à la fois conditionnée par la mémoire phylogénétique et déterminante. Or, comme l'évolution a engendré des formes innombrables, avec des organes sensorimoteurs et des besoins variés, il va de soi que chacune de ces formes détermine un espace idiosyncratique. La pluralité des mondes n'est pas une invention propre à la science-fiction ou aux imaginaires mathématiques. Ce sont, à la lettre, les mondes propres aux êtres vivants. De même que les organismes sont des « corps propres », pour employer une expression de Nietzsche, ou – pour parler comme Husserl – des « *Leibkörper* » que l'on pourrait traduire par corps de vie, de même il convient de parler d'espaces de vie au sens plein de ce terme : des espaces définis par la forme des êtres vivants, c'est-à-dire par leurs modes d'existence. De ce point de vue, un espace vital n'est pas foncièrement « une étendue indéfinie qui contient et entoure tous les objets », comme le définit *Le Petit Robert*. Les termes « étendue » et « objets » paraissent ici particulièrement égarants. Que pourrait bien signifier l'étendue du monde de la paramécie ? Ce serait en fait un espace anthropomorphique en ce sens que c'est nous qui concevons notre relation à notre monde selon le principe de la dichotomie sujet/objet. La dualité sujet/objet n'est sans doute pas autre chose que la vision

10. UEXKÜLL, 1956, p. 17.

propre à notre corps de vie. Mais, il est clair qu'en ce qui concerne la paramécie, parler d'étendue est en soi une application des plus trompeuses car elle nous conduit, automatiquement, en raison de nos contraintes grammaticales, dans le sens wittgensteinien, à concevoir la notion d'espace comme objective, absolue, universelle, abstraite en un mot. Mais pour un vivant, le monde n'est pas une abstraction, il est ce dont il a vitalement besoin. Cela explique probablement notre tendance à prêter aux autres formes vivantes notre propre mode de fonctionnement, en particulier notre capacité à conceptualiser les êtres et les choses. Sinon, comment en arriverait-on à l'idée que les animaux ont aussi des « représentations mentales » ? L'aphorisme suivant de Wittgenstein exprime de manière remarquable notre prédisposition à calquer la réalité sur nos modèles conceptuels : « On croit suivre sans cesse le cours de la nature, alors qu'on ne fait que longer la forme au travers de laquelle nous la contemplons¹¹. » La querelle des Universaux, au Moyen Âge, apparaît comme un des moments les plus importants dans l'histoire de la capacité des hommes à interroger leur mode de représentation, le langage. Il est bon de se rappeler que le formalisme langagier ne renvoie pas, en tant que tel, à des réalités, mais bel et bien à des fictions symboliques. Nietzsche a parfaitement repéré les dangers des glissades sémantiques :

« Soyons plus prudents que Descartes qui est resté pris au piège des mots [...]. Penser conformément à la définition des théoriciens de la connaissance, c'est une chose qui n'arrive jamais : c'est une fiction tout arbitraire [...], un arrangement artificiel destiné à rendre les faits intelligibles [...]. Notre plus vieux fonds métaphysique est celui dont nous nous débarrasserons en dernier lieu, à supposer que nous réussissions à nous en débarrasser – ce fond qui s'est incorporé à la langue et aux catégories grammaticales et s'est rendu à ce point indispensable qu'il semble que nous devrions cesser de penser, si nous renoncions à la métaphysique [...]. C'est par la croyance à la grammaire qu'on suppose des "choses" et leurs "activités", et nous voilà bien loin de la certitude immédiate¹². »

Pour tenter de comprendre la paramécie, il faut essayer de se mettre à sa place ! En raison des limites de sa compétence perceptive, son espace vital est celui qu'elle engendre en bougeant. Son espace, c'est proprement ses déplacements ; en d'autres mots, son espace est coextensif à ses comportements.

Bien qu'il ne s'agisse en aucune façon de nier le rôle de l'expérience au cours de l'ontogenèse, faire de celle-ci la clé de l'individuation, comme le voudrait un certain empirisme dont se réclamait, en particulier, le béhaviorisme, se heurte à ce fait massif mis précisément en évidence par la théorie cellulaire

11. WITTGENSTEIN, 1961, p. 165.

12. NIETZSCHE, 1995, p. 43.

à savoir que toute vie est, et ne peut être qu'une renaissance. Le zoologiste allemand, Ernst Haeckel, a été un des premiers à souligner cette évidence que toute forme vivante est essentiellement une mémoire vive. Il existe au moins deux façons de l'exprimer.

Tout d'abord, si l'on se réfère à ce qui frappa si fortement Virchow, à savoir que tous les êtres vivants naissent d'une cellule, même s'il faut insister sur l'extraordinaire variété des cellules, on peut néanmoins être sensible au fait que la cellule soit demeurée depuis l'origine la forme de référence du phénomène vivant. La conséquence qui en découle, c'est que la vie s'est montrée extrêmement conservatrice puisque le fonctionnement cellulaire, à la base des processus métaboliques et reproductifs de tous les organismes, repose sur des mécanismes qui présentent un extraordinaire degré de ressemblance fonctionnelle, qu'il s'agisse du traitement des signaux environnementaux par la membrane et de leur transduction intracellulaire, de la régulation enzymatique, de la chaîne respiratoire, du code génétique ou de la division cellulaire. Ce fait a tellement frappé le zoologiste allemand, William Rolph, qu'il s'est livré, à la fin du XIX^e siècle, à une étonnante méditation. Alors que l'on a tendance à considérer tout organisme vivant comme une individualité qui naît, se développe et meurt, pour Rolph, la mort est une illusion, car la vie lui apparaissait fondamentalement comme un phénomène continu, transindividuel – chaque individu n'étant qu'une renaissance du phénomène dont il est le support. Il ne niait bien sûr pas la mort, mais comme le montre Stiegler, elle était à ses yeux « un phénomène tardif et marginal, limité aux organismes complexes capables de disparaître sans laisser de descendance¹³ ». Pour une cellule, la division, qui donne naissance à deux cellules filles, ne conduit pas à une disparition, mais à une renaissance et à un accroissement de la vie.

Une autre façon de souligner avec force le rôle de la mémoire dans la continuité de la vie, c'est d'en faire le constat cette fois au niveau des espèces. L'apparition d'une nouvelle espèce introduit certes de la discontinuité, mais celle-ci n'est pas une rupture, puisque pour se maintenir dans son nouvel équilibre ponctué elle se reproduira selon les principes généraux de la division cellulaire. L'individuation, loin d'être la finalité de la tendance vitale, apparaît comme le moyen pour la vie non de naître et de mourir, mais de toujours renaître.

René MISSLIN
(novembre 2002).

13. STIEGLER, 2001, p. 80.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- ATLAN (Henri), 2000, « Information génétique », in *Encyclopaedia universalis*, Paris, Encyclopaedia universalis, CD-Rom pour PC, 6^e version.
- CANGUILHEM (Georges), 1998, *La Connaissance de la vie*, Paris, Vrin.
- DESCARTES (René), 1996, *Méditations métaphysiques*, Paris, Hachette.
- NIETZSCHE (Friedrich), 1995, *La Volonté de puissance*, Paris, Gallimard, t. I.
- STIEGLER (Barbara), 2001, *Nietzsche et la biologie*, Paris, Presses universitaires de France.
- UEKKÜLL (Jacob von), 1956, *Mondes animaux et monde humain*, Paris, Denoël.
- WITTGENSTEIN (Ludwig), 1961, *Investigations philosophiques*, Paris, Gallimard.
- WITTGENSTEIN (L.), 1965, *Le Cahier bleu et le cahier brun*, Paris, Gallimard.