
Degrés d'organisation en Biologie

Marcel Dubuisson

Résumé

Le degré extraordinaire de complexité d'organisation de la cellule vivante rend difficile la représentation simultanée du flux de réactions interdépendantes qui s'entrecroisent à chaque instant. À l'échelle cellulaire, comme à l'échelle atomique, il est possible qu'au déterminisme rigoureux se substituera un probabilisme qui devra se contenter de supputer les éventualités possibles et leurs probabilités respectives.

Citer ce document / Cite this document :

Dubuisson Marcel. Degrés d'organisation en Biologie. In: Bulletin de la Classe des sciences, tome 37, 1951. pp. 1173-1180;

doi : <https://doi.org/10.3406/barb.1951.70778>;

https://www.persee.fr/doc/barb_0001-4141_1951_num_37_1_70778;

Fichier pdf généré le 22/02/2024

LECTURE

Degrés d'organisation en Biologie,

par M. DUBUISSON,
Correspondant de la Classe.

Résumé. — Le degré extraordinaire de complexité d'organisation de la cellule vivante rend difficile la représentation simultanée du flux de réactions interdépendantes qui s'entrecroisent à chaque instant. A l'échelle cellulaire, comme à l'échelle atomique, il est possible qu'au déterminisme rigoureux se substituera un probabilisme qui devra se contenter de supputer les éventualités possibles et leurs probabilités respectives.

Dans sa septième leçon sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux, CHEVREUL dit : « La métaphysique » tient à l'essence même de notre intelligence... Je ne suis donc » pas de ceux qui croient que l'on puisse jamais supprimer la » métaphysique. Je pense seulement qu'il faut bien étudier son » rôle dans nos conceptions des phénomènes du monde extérieur » pour ne pas être dupe des illusions qu'elle pourrait faire naître » dans notre esprit ».

Il y a, je crois, dans ces quelques lignes, beaucoup de vérité. La métaphysique prolonge la Science par un besoin nécessaire de l'Esprit humain ; elle a une évolution qui lui est propre et qui dépend de l'apport quotidien des faits expérimentaux, des hypothèses que les découvertes suggèrent et des grands courants de pensée qui en sont les inévitables et heureuses conséquences.

Basée surtout sur des interprétations, la métaphysique procède du sentimental, de l'humain, et par là même chaque homme de Science, comme chaque philosophe, possède une métaphysique qui se modifie avec l'âge, au fur et à mesure de son expérience et de sa maturité.

Comme beaucoup d'autres biologistes sans doute, je fus, à 18 ans, un fervent disciple de LE DANTEC, un moniste convaincu ; trente ans après, je mesure, par l'évolution de ma propre méta-

physique, l'étendue du chemin parcouru. Voilà un quart de siècle que mon activité est orientée vers l'étude de la contraction musculaire. Cela signifie que j'ai accumulé, dans ce domaine, un nombre considérable d'informations résultant du travail des spécialistes et de ma propre expérience. Et si l'on fait la rétrospective des événements, on constate une évidente évolution dans la façon de comprendre le problème et, par extension, dans la façon d'envisager la biologie en général.

Si j'ai choisi le domaine de la contraction musculaire comme base de cette discussion, c'est pour plusieurs raisons. La première est que je lui consacrai le meilleur de moi : il me tient donc à cœur et je m'y sens plus à l'aise que nulle part ailleurs. La seconde est qu'il n'en est point d'autre que l'on ait pénétré avec autant de profondeur, qui ait suscité autant de recherches effectuées avec des techniques aussi perfectionnées et qui ait sollicité la collaboration de spécialistes appartenant à tant de disciplines diverses. Les origines de cette exceptionnelle rencontre d'efforts sont multiples. Tout d'abord, le tissu musculaire manifeste son activité en produisant du travail mécanique, ce qui se mesure très simplement par le produit d'une force et d'un déplacement, notion entrevue et illustrée déjà par Vésale, en 1543. Ce travail est immédiatement mesurable sans le secours d'aucun instrument compliqué. Point d'autre tissu dont l'activité se révèle à nous de façon aussi perceptible. Ensuite le muscle est un organe que l'on peut priver de ses connections avec le reste de l'organisme sans qu'il perde — du moins pendant le temps d'une expérience — ses propriétés fondamentales. Enfin, un même animal nous permet de disposer d'un poids respectable de ce tissu et tel que l'on a pu déjà, même à l'époque où les techniques microchimiques n'étaient pas au point, s'en servir pour des recherches biochimiques.

Jadis, on employait le plus souvent des méthodes d'étude relativement simples qui consistaient à suspendre le muscle à un levier inscripteur, à le stimuler et à enregistrer, sur papier enfumé, la forme de la réponse en fonction de l'une ou l'autre modification du milieu. Nous avons tous commencé par là et nos jeunes élèves le font encore aujourd'hui. Ce qui frappe immédiatement l'observateur qui se livre à ce genre d'investigations, c'est l'extra-

ordinaire variété des réponses selon le type de muscle utilisé et selon la composition du milieu liquide dans lequel baigne le tissu. Il prend conscience qu'il est en présence d'un système dont les possibilités d'intégration sont considérables.

Bien que ces recherches aient conduit à l'établissement d'un certain nombre de lois, l'on s'est vite rendu compte que cette technique ne pouvait pas nous apprendre grand chose sur le mécanisme fondamental du processus de la contraction musculaire. Il fallait varier les méthodes d'investigation. On sentait que l'on était un peu comme celui qui, cherchant à connaître comment fonctionne un moteur à explosion, se contenterait d'en étudier les régimes en fonction de la qualité du carburant. Pour comprendre, il faut aussi démonter la machine et pénétrer l'agencement de ses parties.

Morphologistes, biochimistes et biophysiciens se mirent à la besogne.

Ainsi sont nées, petit à petit, une foule de techniques devenues aujourd'hui d'une très grande complexité et d'une extraordinaire précision. On utilise les rayons infra-rouges pour faire vibrer certains groupements de molécules situées dans le muscle, ce qui permet d'en déterminer la nature et souvent même la position spatiale ; les rayons X pour l'étude de la disposition de structures ordonnées et leurs modifications au cours du cycle de la contraction ; les rayons U. V. à repérer l'emplacement d'autres groupements moléculaires ; des thermo-couples ultra-sensibles et de réponse ultra-rapide pour mesurer des variations de température du muscle de l'ordre du millionième en quelques millièmes de seconde ; les techniques électroniques les plus diverses pour les mesures de concentration d'ions, des changements de perméabilité de membranes, de constantes diélectriques, etc.

L'ingéniosité technique et la collaboration d'autant de disciplines n'ont nulle part ailleurs que dans les recherches sur le muscle, atteint ce niveau. Il serait donc naturel d'espérer que nous soyons proche de comprendre ce phénomène fondamental qui fait du muscle une machine qui transforme l'énergie chimique en travail mécanique.

En fait, plus d'une fois depuis trente ans, il apparut qu'un mécanisme fondamental put être proposé. On en suggérait même

plusieurs et chaque hypothèse avait ses partisans. Mais, au fur et à mesure que nos connaissances devenaient plus étendues et, surtout, plus profondes, ces hypothèses trop imparfaites étaient abandonnées. Quelle est celle qui prévaut aujourd'hui ? Hélas, il n'y en a plus. Découragés d'avoir laborieusement construit des théories dont la durée de vie s'avérait de plus en plus éphémère, les investigateurs actuels deviennent de plus en plus prudents. Il y a vingt ans, si l'on m'avait demandé d'exposer le mécanisme fondamental de la contraction musculaire, j'aurais pu, en quelques minutes, proposer une explication. Aujourd'hui, il me faudrait des heures pour montrer que nous cheminons dans un labyrinthe d'une complexité inouïe.

Ainsi donc tant de sagacité, de patience, d'ingéniosité, tant de faits et de connaissances accumulés ont conduit à cette extrême confusion où se débat l'esprit de moins en moins satisfait. Il semble qu'un problème résolu en pose dix autres et, de proche en proche, on découvre que plus on sait, plus il reste de choses à savoir.

Je ne puis cacher combien j'ai connu d'amertume de constater qu'au fur et à mesure que l'on rassemblait des faits incontestables, il devenait de moins en moins certain que l'on comprît l'ensemble de l'édifice. Toutes les idées qui jadis paraissaient presque évidentes, se sont toutes révélées trop simples pour être vraies. Ce n'est même pas seulement de l'amertume que l'on éprouve, c'est de l'angoisse, l'angoisse devant cette éclipse de l'espoir de comprendre. Pourtant, on ne peut se résoudre à trouver son bonheur à rechercher simplement des faits, il faut aussi s'efforcer de les introduire dans un concept plus général. C'est fort bien d'être des fervents de la Science, mais il convient aussi de rester des serviteurs de l'Esprit.

Quelle est donc la raison pour laquelle il nous est de plus en plus difficile de comprendre le fond des problèmes biologiques que l'on se donne tant de peine à résoudre ?

Les difficultés sont de deux degrés : un degré *statique* et un degré *dynamique*.

Il ne peut exister de doute sur ce point que le mécanisme fondamental de la contraction musculaire tient dans des interactions, à un moment donné, d'un certain nombre de consti-

tuants chimiques entraînant la déformation de molécules de structure. L'addition algébrique de toutes les déformations moléculaires élémentaires simultanées, qu'accompagnent nécessairement des échanges d'énergies chimique, calorifique et mécanique, produit le raccourcissement macroscopique que tout le monde connaît. Le problème revient donc à analyser (a) la nature des molécules de structure : problème *statique* et (b) les interactions moléculaires qui sont la cause du changement de forme de ces molécules de structure : problème *dynamique*.

Voyons d'abord le point de vue *statique* :

Ces molécules de structure sont indubitablement des protéines, c'est-à-dire des systèmes extraordinairement organisés.

Que toutes les cellules contiennent environ 16 % de protéines appartenant à au moins 50 types différents, chacune possédant un rôle spécifique déterminé, — les protéines de structure du muscle n'étant qu'un cas parmi d'autres — montre tout de suite que l'étude de ces constituants est un problème biologique fondamental.

Que dans la plus petite molécule de protéine connue (albumine), il y a environ 4.000 atomes conférant à l'édifice un poids moléculaire 36.000 fois plus grand que celui de l'Hydrogène ; que dans la plus complexe, il y a environ 300.000 atomes avec un poids moléculaire de 20.000.000 (virus) et que les protéines de structure du muscle occupent une position qui est intermédiaire entre ces deux extrêmes, montre que l'étude de semblables édifices est un travail de Titan.

Bien sûr, nous savons que les protéines ne sont en somme que des assemblages de corps assez simples : des acides aminés. Il n'y a que 21 acides aminés différents connus à l'heure actuelle. Dans une molécule de structure du muscle, il existe quelque 2.000 de ces 21 ac. aminés soudés les uns aux autres. Mais dans quel ordre, nous n'en savons rien, parce qu'aucune méthode ne permet actuellement de déterminer cette ordonnance spatiale. Nous n'avons d'autre part aucune chance de pouvoir supposer quel est cet ordre : le nombre de solutions possible est trop élevé. Il y a 3.900.000 façons de placer 10 ac. aminés bout à bout pour faire une molécule et toutes ces molécules auront évidemment des propriétés différentes. S'il y a 20 ac. aminés, le nombre

de possibilités atteint 1 suivi de 18 zéros. Avec 2.000 ac. aminés, le nombre de possibilités est astronomique.

On est ici en présence de molécules extraordinaires, de véritables bijoux de la cellule, dont l'ordonnance et la complexité dépassent nos possibilités de représentation actuelles. Comment un mécanisme cellulaire pourrait-il être simple s'il comporte l'intervention d'architectures aussi organisées ?

L'aspect *dynamique* du problème pose de nouvelles complications.

Dans un muscle, il y a au moins 50 protéines-enzymes, c'est-à-dire des protéines, non pas de structure, mais des protéines qui sont apparemment librement dissoutes dans le suc cellulaire. Leur rôle est de *piloter* des réactions chimiques, chaque protéine-enzyme étant un catalyseur spécifique. Ces 50 pilotes n'entrent pas tous en jeu à l'instant où le muscle se contracte, c'est certain ; mais nous savons qu'un bon nombre d'entre eux interviennent successivement, même dans un ordre bien déterminé, entre le moment où commence le raccourcissement du muscle et le moment où le relâchement est terminé. La machine contractile, avec son cortège de protéines de structure d'une complication inimaginable, se trouve donc prise dans le flux d'une cascade de réactions, toutes ordonnées les unes par rapport aux autres, et ayant chacune son pilote.

On le voit, on se trouve ici en présence de systèmes possédant un degré extraordinaire de complexité d'organisation, qui correspond en somme à un minimum d'entropie qui ne peut évidemment être maintenu que par une dépense d'énergie continuelle. Que le fonctionnement d'un tel système doive en outre pouvoir dépendre, dans une certaine mesure, des facteurs extérieurs (certaines modalités du déroulement du cycle contractile dépendent du milieu extérieur) ; qu'il soit en quelque sorte rigoureusement spécifique non pas des muscles, mais du muscle de l'individu considéré (car son fonctionnement n'échappe pas, du moins en certains de ces aspects, au patrimoine héréditaire de la cellule) ; qu'il puisse se perfectionner au cours de la croissance de l'être, et vieillir... voilà bien de quoi ne plus s'étonner que plus on sait, plus on est conduit à se rendre compte que pour comprendre, il faudrait pouvoir se représenter simultanément une

foule de structures et un flux de réactions interdépendantes.

Je ne suis pas certain que notre cerveau puisse jamais un jour intégrer tout ce mécanisme pour nous permettre d'en avoir une conception, disons sensorielle. La solution se trouve peut-être entre les mains des mathématiciens, mais rien n'est moins certain si l'on songe aux difficultés que les mathématiciens ont rencontrées dans un domaine infiniment plus simple : celui de l'atome. Il y a beau temps en effet que l'atome n'est plus pour les physiciens la particule insécable des atomistes de l'antiquité ou même la bille élastique qu'imaginaient, vers 1875, les fondateurs de la théorie cinétique des gaz. A la notion pas si lointaine de noyau central portant une charge positive maintenant les électrons sur leur orbite — image qui nous était si familière il y a 25 ans —, il y avait quelque chose de rassurant dans le fait qu'il n'existait qu'un élément ultime commun à la matière et à l'électricité. Aujourd'hui, les électrons n'ont plus dans l'atome de localisations bien définies ; ils ne sont plus que l'expression de la probabilité pour que les propriétés que nous attribuons à l'électron se trouvent en un certain point de l'espace. Les notions de temps et d'espace ne s'appliquent plus : les électrons évoluent dans un espace polydimensionnel non euclidien. La physique classique est maintenant sous-tendue par un monde où la discontinuité exprimée par l'existence du quantum d'Action joue le rôle essentiel. Quand LAPLACE écrit : « Une intelligence » qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont » la nature est animée et la situation respective des êtres qui la » composent, si, d'ailleurs, elle était assez vaste pour soumettre » ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule » les mouvements des plus grands corps de l'Univers et ceux » du plus léger atome, rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé serait présent à ses yeux », il formule magnifiquement la doctrine du déterminisme universel. Mais à ce déterminisme rigoureux est substitué, dans le cas de l'atome, « un probabilisme » dans lequel il devient impossible de suivre constamment, au cours du temps, l'individualité de plusieurs particules de même nature. Et l'on ne peut plus se représenter les interactions entre ces particules dans notre cadre spatiotemporel usuel. On est ici dans un espace mathématique, suprasensoriel,

dans lequel hormis un petit nombre de spécialistes — dont on peut difficilement suivre les conceptions quand on n'est pas des leurs —, on perd pied.

Je crains bien que nous connaissions un jour une crise analogue en biologie, d'autant plus grave que la complexité des molécules spécifiques de la matière vivante est fantastique et que leurs interactions dynamiques atteignent un degré d'organisation supérieur à tout ce qu'il est possible d'imaginer. Je crois qu'à l'échelle cellulaire aussi, le déterminisme rigoureux fera place, de plus en plus, à un probabilisme qui devra se contenter de supputer les éventualités possibles et leurs probabilités respectives. On se trouvera devant une crise qui n'est pas sans analogie avec celle des Physiciens.

Dans les deux cas, notre conception de la causalité rigoureuse deviendra de moins en moins précise.

Tout ceci ne doit pas nous décourager ; mais, dans l'enthousiasme des expériences de chaque jour, il convient, de temps en temps, de faire le point et de se donner à soi-même une leçon d'humilité. Et quand CHEVREUL dit : « qu'il faut bien étudier » le rôle de la métaphysique dans nos conceptions du monde » extérieur pour ne pas être dupe des illusions qu'elle pourra » faire naître dans notre esprit... », il donne là un conseil aussi précieux pour l'expérimentateur que pour le philosophe.