



L'intelligence en biologie

JEAN-DIDIER VINCENT

Prétendre, comme je le fais, que l'intelligence est inséparable de l'affect, de la passion, c'est aussi se donner un guide pratique pour l'exercice de la biologie : pour interpréter, comprendre, penser le vivant, vivons et conservons l'idée que le vivant, comme nous, a une histoire.

J'ai la conviction qu'une intelligence purement formelle explorerait mal le vivant, parce que le sens du vivant échappe à une syntaxe intemporelle ; il n'émerge que de l'histoire individuelle des organismes ou de l'histoire évolutive des espèces. Pour révéler les mécanismes du vivant, le biologiste doit sans cesse passer les données au crible de cette double histoire. La nécessité d'interpréter l'histoire individuelle des organismes suffit à justifier la passion que je réclame : les êtres vivants ne se constituent-ils pas par les passions, au sens de la jouissance, du plaisir ou de la souffrance ? Leur histoire n'est-elle pas ainsi toute passion ? Même des phénomènes qui semblent aussi mécaniques que le conditionnement mettent les passions en œuvre : le chien qui salive à l'écoute d'une cloche « sait » qu'il recevra de la nourriture, objet de plaisir. De ce fait, le biologiste qui analyse le vivant gagne à se fonder sur sa propre humanité, à se ramener donc à ses propres passions pour comprendre et interpréter les observations et les expériences qu'il fait.

En ce sens, l'intelligence du biologiste est aussi celle de l'intelligence de sa propre vie, contrairement à celle du mathématicien, du physicien ou du chimiste, qui étudient des objets inaffectés. Le biologiste, lui, a une réflexion incarnée, même quand il étudie des bactéries, car derrière la bactérie, il y a toute la vie de la bactérie : son développement, sa croissance, ses mouvements, les fermentations, les maladies qu'elle subit ou qu'elle fait subir, la mort. Certes une particule subatomique a une stabilité limitée, mais elle n'a pas d'histoire : un électron a des caractéristiques immuables tant qu'il est stable.

La vie est une fable. Le vivant est une histoire, qui s'incarne, et l'intelligence du biologiste est à son mieux

quand le biologiste a une relation avec la souffrance ou avec la vie de l'individu. Un médecin qui devient biologiste a des atouts. D'ailleurs, le mot « biologie », né au début du XIX^e siècle, est venu remplacer celui de « physiologie », laquelle traite du rapport de l'être vivant avec la nature. La physiologie et la médecine sont synonymes.

En pratique, comment le biologiste peut-il se colleter efficacement avec la complexité du réel ? Poser cette question montre bien que la biologie est une science à part : en chimie ou en physique, on peut isoler les systèmes, les simplifier, les réduire. En biologie, on n'a pas souvent ce recours : on ne connaît pas de modèle simplifié de micro-organisme, par exemple. Les résultats d'expériences sont notoirement difficiles à interpréter.

En neurobiologie, par exemple, celui qui étudie la mémoire d'animaux dont il lèse le cerveau ne perturbe pas le système qu'il étudie comme le fait le physicien qui change un seul paramètre. Aussi, lors de l'interprétation des résultats, le biologiste doit-il faire un bilan entre ce qui a été supprimé et ce qui a été gagné lors de la suppression. Il ne peut jamais se contenter de simples soustractions ou additions d'effets ; le système étudié est comme une toile d'araignée qui s'agit de toute part quand on la touche en un point.

Pour s'en tirer, on ne peut, j'y reviens, faire abstraction du sens des phénomènes. Je dis bien sens, et non finalité. Sans la passion qui éclaire le sens, la biologie moléculaire risque de devenir une chimie physique qui ne comprend pas les observations qu'elle fait. Pour interpréter des phénomènes biologiques, le biologiste doit reconnaître que l'organisme est le produit d'une interaction avec son milieu ; il doit savoir que le milieu exerce des contraintes sur l'homme comme sur l'animal, sur la plante ou sur le micro-organisme. Si le milieu exerce, par exemple, des contraintes périodiques, l'organisme se sera adapté à cette périodicité ; un biologiste qui étudierait ainsi une libération d'hormones, telle que la prolactine, ne pourra conduire ses expériences et tirer des conclusions perti-

nentes que s'il tient compte du phénomène de la périodicité de la contrainte exercée par le milieu.

De même, un médecin qui veut déclencher une ovulation chez une femme stérile en lui administrant l'hormone GnRH (la gonastimuline, libérée par l'hypothalamus, qui stimule l'hypophyse) doit avoir l'intelligence du vivant pour être efficace : d'une part, le terrain doit être préparé (l'ovulation ne peut se faire à n'importe quel moment), et, d'autre part, l'injection doit être accordée sur le rythme de l'organisme, qui est, d'ailleurs, aussi celui du milieu, en raison de la longue adaptation des organismes à leur milieu. L'injection d'une dose massive n'a aucun effet. Le temps fait l'action, et l'on doit avoir l'idée que le cerveau est comme une horloge. Tout le vivant est le produit de l'évolution ; il n'existe pas d'organisme qui ne soit le produit d'une histoire. Au total, le biologiste aura l'intelligence de son objet s'il rapporte les phénomènes à l'aune de la sélection naturelle, s'il donne aux modèles un cadre spatial et temporel.

Comment s'exercer à la biologie ? Comment devenir ce fouineur à l'intelligence globale ? Comment apprendre à intégrer, tel Sherlock Holmes, les indices de l'enquête ? Comment devenir capable d'intégrer ? Les observations précédentes montrent que le biologiste doit apprendre à réunir les fils : le fil chimique tout comme le fil psychologique. Toutefois il doit également vivre, et vivre passionnément, puisque l'analyse des passions sera la clef du monde vivant.

Jeunes biologistes, vivez fort, expérimentez, discutez de vos résultats, faites vivre les expériences, soyez rigoureux lors de leur conduite, mais, ensuite, revivez-les dans le schéma, l'interprétation, le projet... Méfiez-vous de l'enfermement dans le quotidien expérimental. La virtuosité technique est un risque : le biologiste, s'il s'intéresse à l'instrumentation pour elle-même, perd la possibilité de se passionner pour l'objet qui doit être celui de son étude : le vivant.

Jean-Didier VINCENT est professeur à l'Institut universitaire de France et directeur de l'Institut Alfred Fessard (CNRS).



L'intelligence en physique

PIERRE-GILLES DE GENNES

Comment devenir un bon physicien? Chaque nouveau problème apporte son lot de difficultés. Le physicien théoricien a besoin d'intuition et de chance pour naviguer entre le Charybde du formalisme excessif et le Scylla de l'expérimental inextricable.

La préoccupation centrale est la recherche de modèles simples qui décrivent les phénomènes. Attention : le modèle utile n'est pas nécessairement unique. Ainsi, dans les années 1950 s'est posée la question du comportement des noyaux atomiques dans un champ magnétique. Le groupe d'Edward Purcell, à l'Université de l'Illinois, a tout fondé sur les niveaux d'énergie du proton dans un champ magnétique : leur position, leur largeur, etc. À l'Université Stanford, Felix Bloch procéda très différemment : il assimila le spin (ou moment magnétique) des atomes à un petit gyroscope soumis à des couples qui le faisaient précesser (la précession d'une toupie est la rotation de son axe de rotation) et retrouva les résultats de Purcell. Toutefois son modèle lui donnait beaucoup plus : il décrivait les mécanismes transitoires, qui ont ensuite été utilisés pour la mise au point des techniques de résonance magnétique nucléaire. Au total, deux modèles très différents d'une même réalité.

L'étude des polymères nous a montré, aussi, que le bon choix des modèles est parfois conjoncturel. Les polymères sont composés de très longues molécules ; un matériau composé de polymères à l'état fondu, ressemble à un plat de spaghettis enchevêtrés. Comment calculer son comportement? Samuel Edwards, à l'Université de Cambridge, avait remarqué que les polymères faisaient des nœuds, et il avait utilisé la théorie mathématique des nœuds pour déterminer les propriétés physiques des polymères fondus. Bien qu'intéressante, cette approche fut peu féconde.

Plus tard est apparue une description différente, qui considère que chaque chaîne est un serpent qui ondule dans un tube étroit, autour de sa position initiale ; c'est la théorie de la reptation. On comprend aujourd'hui que la description en termes de nœuds était limitée pour plusieurs raisons : premièrement le problème

de la classification des nœuds est un problème mathématiquement inachevé ; deuxièmement les nœuds mathématiques exigent des fils infiniment longs ou refermés sur eux-mêmes, contrairement aux molécules de polymères, qui sont de longueur finie ; enfin c'est la façon de défaire les nœuds qui détermine la dynamique des matériaux polymères.

Au total, le physicien passe une bonne partie de son temps à tester des représentations. Il fait souvent de mauvais choix, mais, parfois, ceux-ci lui donnent des idées pour progresser : on modélise avec les bonnes idées, mais les brouillons sont utiles.

Dans la physique que je rencontre, les idées viennent rarement comme des éclairs divins. Les nuits de Pascal sont exceptionnelles, et les maturations sont lentes. Voici un exemple : la description des solutions de polymères au contact d'une surface solide. Ce problème est important, car les solutions de polymères contenant des particules solides sont omniprésentes : le blanc d'œuf est une solution de polymères ; un pot de peinture contient des pigments et des polymères.

Les physico-chimistes avaient lentement déterminé les particularités de l'absorption des polymères sur les surfaces, et les physiciens théoriciens avaient modélisé l'ensemble des données. Toutefois il fallut encore dix ans de réflexion pour qu'apparaisse le modèle qui éclaire vraiment le problème : on assimile le polymère à une grille dont la maille est de plus en plus serrée quand on se rapproche de la surface. Ce modèle permet l'explication quantitative d'une foule de phénomènes. Il a permis d'obtenir une vision simple. Nous avons eu de la chance.

Le formalisme est parfois un danger (aggravé par l'informatique) : il permet de décrire les phénomènes dans trop de détails, au détriment de la compréhension profonde. Le physicien doit ignorer certains détails. Dans le cas des polymères au contact des surfaces, par exemple, on cherche une représentation qui ne fasse pas intervenir les particularités chimiques des molécules de polymère et des surfaces ; on regarde seulement les formes globales. En revanche, si l'on veut cor-

rectement résoudre le problème technique de recouvrir une surface solide d'une couche de polymères isolants, par exemple, on devra se préoccuper de la structure tridimensionnelle des chaînes et de leurs liaisons éventuelles avec les molécules de la paroi : ces propriétés dépendront de la constitution chimique précise des chaînes.

Je tiens à insister sur le travail à effectuer : le physicien ne se contente pas de rêver à une solution jusqu'à ce qu'elle vienne. Pour obtenir une description simple des phénomènes physiques, il doit avoir une solide culture : celle-ci s'acquiert lentement, laborieusement. Bloch, par exemple, n'a comparé le spin atomique à un gyroscope que grâce à sa connaissance fine de la mécanique quantique et, notamment, du travail de Julian Schwinger, de l'Université Harvard. On ne trouve pas de bonne analogie quand on n'est pas guidé par des mathématiques puissantes.

C'est notamment pour cette raison que je recommande souvent aux étudiants français d'utiliser le cours de Lev Landau, assez mathématique, plutôt que le cours de Richard Feynman. Ce dernier est plus profond que le texte de Landau, mais il s'adresse à des personnes qui ont déjà assimilé le formalisme.

Peut-on devenir «intelligent»? Il ne s'agit pas d'être malin : la rapidité d'esprit à la française, la «pointe» de Cyrano de Bergerac, me semble nuire à nos étudiants, qui oublient alors parfois de creuser les sujets. Je crois beaucoup à l'échange d'idées, mais cet échange ne doit pas se transformer en duel intellectuel ; il n'est fructueux que s'il est une invitation à une réflexion ultérieure. Personnellement, je dois beaucoup à Feynman que je n'ai jamais rencontré, mais dont j'ai lu très tôt deux articles sur la superfluidité de l'hélium. Ces articles qui contenaient peu d'équations, m'ont plus appris, par leur style, que des années d'étude. Les enseignants ne devraient-ils pas faire lire des articles de ce genre à tous les étudiants?

Ce serait en tout cas une contribution à l'élaboration de cette culture. L'inculture est redoutable : il est naïf de croire que n'importe qui peut trouver