

Modèle et réalité : une perspective épistémologique

Gabriel GANDOLFO

Laboratoire de neurobiologie et psychotraumatologie EA 4321
 Université de Nice-Sophia Antipolis
 28 Ave. Valrose 06108 Nice Cedex 2

L'usage de modèles dans les sciences et les arts est universel et pose un certain nombre de problèmes sur leurs fonctions et leur rapport à la réalité : de ce questionnement, peut-on en dégager leur statut ?

Les glissements épistémologiques du sens terminologique

Le terme de modèle est largement polysémique. Dans le langage général, la première acception venue à l'esprit est peut-être d'ordre technologique : le modèle est l'objet réduit et maniable qui reproduit sous une forme miniaturisée les propriétés d'un objet de grandes dimensions. D'ailleurs, son origine terminologique vient de l'italien du XVI^e siècle *modello*, dérivant du latin *modulus*, lui-même diminutif de *modus* (« manière » ou « mode »), et qui a le sens d'une représentation miniature de ce qui sera construit en grand, ce qui donnera ensuite le *modèle réduit* ou le *prototype* (littéralement « création primitive ») qu'on se propose de réaliser. On pense tout de suite à l'architecture et à ses maquettes (de l'italien *macchietta* : « ébauche », dérivé de *macula* : « petite tache ») de carton, de plâtre, de stuc ou de bois (d'où dériveront le *maquettisme* et le *modélisme*), ainsi qu'à la mécanique : par exemple, les maquettes (dont on n'a plus que les dessins préalables) utilisées par Léonard de Vinci dans ses recherches en ingénierie. Ce n'est d'ailleurs pas pour rien si Paul Valéry a utilisé le terme de modèle dans son *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci* (1894), alors même que ce mot n'émergera dans le vocabulaire technico-scientifique seulement dans les années 1950. Toutes les machines inventées par Léonard étaient avant tout consacrées aux potentialités dynamiques du corps humain, car elles étaient toutes des instruments permettant à un ou plusieurs hommes de créer de l'énergie en utilisant tout ou partie de son corps : en remuant tête, bras et jambes s'il est placé au centre de l'*ornithoptère* ou *vaisseau volant* (1488-89) ; selon un mécanisme de propulsion par pédalier dans la *roue à aube* (1487-89) ; en marchant et en jouant en même temps de la *viola organista* (1493-95), un instrument de musique portatif ; par quatre hommes installés sur une plateforme pour mouvoir la *vis aérienne* (vers 1489), considérée comme l'ancêtre de l'hélicoptère, etc. En réalité, tout le *corpus vincianum* (ainsi désigne-t-on l'ensemble de ses œuvres : peintures, dessins, carnets de notes, manuscrits) n'est guidé que par un unique idéal : comprendre l'Homme et ramener nos connaissances à son sujet au seul support et modèle valable, le dessin. Et si François I^{er} nomma « peintre, ingénieur et architecte du roi » Léonard, cet esprit multiple qui s'intéressa entre autres à l'urbanisme, à la mécanique et à l'anatomie, ce n'était pas le fruit du hasard : son emblématique dessin connu sous le nom d'*homme vitruvien* (par référence à Vitruve, l'architecte romain du I^{er} siècle de notre ère, réputé avoir établi les normes idéales en matière urbanistique en concevant la ville sur le mode des proportions du corps humain, avec un *cœur*, la place centrale, des *artères* pour la circulation à cheval et, pour le passage des piétons seulement, des *veinules*, lesquelles donneront les venelles), qui est donc un modèle de corps humain aux proportions idéales, jette à l'évidence un pont entre l'architecture et l'anatomie. Qu'à ce titre, Léonard soit considéré comme le plus digne représentant de l'anatomie artistique est pleinement justifié : il pratiqua, sans autre guide que lui-même, des dissections

humaines dans les hôpitaux de Santa Maria Nuova à Florence et de Santo Spirito à Rome, malgré l'interdiction papale.

D'autres artistes, parmi les plus grands, comme Michel-Ange, Dürer ou Rubens, cherchèrent également de nouveaux critères esthétiques dans la vérité anatomique en découpant des cadavres : l'art académique a ainsi lié son sort aux progrès de l'anatomie, elle-même tributaire de la modélisation graphique. Rien d'étonnant alors à ce que les modèles schématiques s'apparentèrent à l'usage de mannequins articulés (pour de probables recherches préliminaires d'attitudes) retrouvés dans l'attirail fossile des ateliers d'artistes comme Ghirlandaio, Fra Bartolomeo, Jan Steen ou Vermeer. Les *cahiers de modèles*, outre un but pédagogique avéré, visaient aussi à dévoiler des types idéaux de la perfection plastique, tels les *Vier Bücher von menschlicher Proportion* (Les quatre livres de la proportion humaine, 1528) de Dürer, qui préludèrent à... l'anthropométrie scientifique. Confectionner un modèle éternellement transmissible du corps humain, bien qu'idéalisé, était ainsi un vieux rêve, enfin réalisé par les céroplasticiens italiens des XVI^e et XVII^e siècles (l'abbé Gaetano Zumbo, à l'origine de la fabuleuse collection de cires anatomiques du Museo della Specola de Florence ; les modeleurs Clemente Susini et Francesco Calenzuoli) : sculpteurs-anatomistes ou prosecteurs-artistes, ils sont aujourd'hui les méconnus, sinon les oubliés, de l'histoire de l'art et de la médecine.

Ce glissement entre le modèle artistique et le modèle scientifique en a engendré un autre, entre les objets ou les représentations inanimées et les personnes bien vivantes. En effet, le sens esthétique développé par l'homme vitruvien a également fait du modèle quelqu'un dont toutes les parties du corps sont dans des proportions régulières et élégantes. Le modèle a donc d'abord été un homme ou une femme d'après lequel les artistes dessinent, peignent, sculptent, avant de devenir plus tard un mannequin de mode dans la haute couture : celle-ci emploiera des *modélistes* chargés de créer le patron d'un vêtement. Il y en aura des célèbres : en 1941, le couturier parisien Lucien Lelong en engagera deux dont le renom deviendra mondial, Christian Dior et Pierre Balmain. En littérature, le modèle est une personne dont un écrivain s'inspire pour dépeindre un personnage dans un ouvrage : c'est ainsi que Fontenelle a servi de modèle à La Bruyère pour son portrait satirique de Cydias dans le chapitre V des *Caractères ou les Mœurs de ce siècle* (1688-94). Enfin, le modèle peut relever du domaine de l'éthique en donnant un exemple que l'on doit suivre, comme le héros à la conduite modèle ou encore le *modèle de vertu* qui est devenu un apophtegme. Mais le modèle vivant peut également être un animal : quand il est génétiquement modifié, de la drosophile à la souris, il sert le plus souvent, dans la recherche scientifique, pour l'étude de certaines pathologies.

Dans l'art, la science ou la technique, le modèle, quelle que soit la forme qu'il prend, a toujours une valeur intellectuelle car il se fonde à la fois sur des considérations optiques (l'œil ne distingue pas les lignes pures, comme la ligne de l'horizon) et philosophiques. Revenons donc à Léonard de Vinci, qui mérite bien tant d'insistance : il a subordonné les conclusions de la *filosofia*, originellement la science du monde physique, au rôle privilégié du dessin et de la peinture ; il révolutionna également la distinction aristotélicienne, qui prévalait encore, entre l'*épistémè*, la science théorique, et la *technè*, la pratique des arts et métiers.

On en arrive alors à ce paradoxe que le modèle technique inverse la situation du modèle platonicien, le paradigme, la forme idéale sur laquelle les existences sont réglées, en ce sens qu'il est la réalisation concrète au lieu d'être l'idée réalisable. Dès lors, on peut concevoir que l'opération qui extrait d'une situation une figure de celle-ci permet en retour de fixer un type idéal et fournit un paradigme pour la reconstruction de cette situation : toute la physique de l'atome s'est ainsi développée autour du modèle de Bohr, lequel avait pour but, à l'origine, de simplement schématiser des propriétés électriques de l'élément physique et d'unifier les effets spectraux des radiations émises. On constate donc que, dans les sciences dites exactes ou dures en tout cas, le modèle sert à fixer les lois sur un objet bien structuré,

fixation qui favorise à son tour la conception et l'expérimentation. Les deux sens terminologiques majeurs du modèle, la figuration et le schéma directeur, se conjuguent ici peu ou prou.

Dans un autre sens, le modèle peut être la transcription abstraite, mais contrôlée par la pensée logique et mathématique, d'une réalité concrète et empirique, dont l'étude directe ne donnerait que des relations approximatives : c'est surtout le cas dans les sciences naturelles et les sciences humaines, où l'on se donne des *modèles théoriques* des faits observés et décrits. Par exemple en paléontologie, où toute considération sur la succession des espèces implique nécessairement un modèle théorique de l'évolution et de la sélection naturelle. Ou dans la psychanalyse freudienne, où le modèle de la personnalité est basé sur trois instances : le ça (côté pulsionnel de la personnalité), le moi (qui gère les intérêts de l'ensemble de la personnalité en se trouvant investi de libido narcissique) et le surmoi (instance critique et juridictionnelle née de la reprise des préceptes et interdits parentaux). Ou bien encore en linguistique, où, selon Noam Chomsky dans ses *Structures syntaxiques* (1979), le modèle est synonyme de « *théorie générale formalisée de la structure linguistique* » : ils doivent donc être construits avec précision et avec une formulation rigoureuse ; la grammaire étant ainsi représentée sous la forme d'un algorithme, d'un ensemble d'instructions explicites et applicables mécaniquement avec ses archétypes et ses paradigmes (modèles de déclinaison, de conjugaison...).

Enfin, si la modélisation entre en jeu dans les sciences de faits, elle s'installe aussi dans le registre des symboles, autrement dit en mathématique où le modèle est la représentation simplifiée d'un système complexe au moyen d'équations et de relations. On distingue alors les *modèles prédictifs* utilisés pour anticiper des événements ou des situations (prévoir le temps météorologique, estimer les prix potentiels des actifs financiers, prévenir les épidémies...) et les *modèles descriptifs* servant à représenter des données historiques de façon interprétable, à décrire de manière simplifiée des événements réels ou une masse d'informations très importante. Le progrès technologique aidant, dans les années 1970 se sont développés les modèles informatiques qui ont pour objectif de structurer les données, les traitements et les flux d'informations entre entités (ou réseaux) et se basent essentiellement sur trois niveaux de préoccupation : conceptuel, logique ou organisationnel, et physique. Ce qui ne les empêche pas d'être limités (par exemple les modèles de la mémoire dans Gandolfo et Miquel, 2008, p.122 à 125). L'application dans notre vie quotidienne des modèles mathématiques et informatiques est pourtant bien concrète et permanente, même si on ne s'en rend pas toujours compte : cartes bancaires, cartes IGN (Institut géographique national), navigateur GPS (*global positioning system*), TNT (télévision numérique terrestre), procédés de téléchargement, logiciels de toutes sortes, etc.

Le rapport à la réalité

Laissons de côté la légende de Pygmalion selon laquelle le sculpteur de Chypre, qui était tombé amoureux de sa statue, obtint d'Aphrodite de la rendre vivante : il n'y a guère que dans la mythologie où le modèle de perfection se confond avec la réalité. Encore faudrait-il dans un premier temps savoir ce que l'on entend par réalité. Si la réalité (du latin *realis* : relatif aux *res*, aux choses matérielles) consiste dans le caractère lié de l'expérience physique et de l'immédiateté, elle est celle d'un objet, d'une chose, d'un sujet au temps présent ; elle est ce qui est donné, actuel et qui existe. Elle désigne alors les éléments effectifs qui constituent le monde dans son ensemble (les *monades* de Leibniz, les *choses en soi* de Kant, le *monde* selon Merleau-Ponty...), donc tout ce qui est accessible et compréhensible par la science, la philosophie, la théologie ou tout autre système d'analyse. Cette réalité physique est

longtemps demeurée intangible jusqu'à ce que les physiciens, justement, aient dépassé la vision du sens commun par les progrès conceptuels dus d'une part à la théorie de la relativité, dont les lois ont déterminé la structure cinématique de l'espace-temps qui cessa d'être cette arène fixée *a priori* et où se déroulent les mouvements des systèmes matériels, et d'autre part à la mécanique quantique, les relations d'incertitude de Heisenberg, selon lesquelles la connaissance de l'état d'un système à un moment donné suppose la méconnaissance des quantités de mouvement ou des vitesses, ce qui empêche toute prévision rigoureuse, ruinant ainsi le déterminisme régissant la mécanique classique (les forces s'exerçant sur un système détermine de façon unique son état à tout instant donné).

Si, plutôt que désigner le donné tout entier, le mot réalité renvoie au caractère de ce donné, le réel n'est dans ce contexte que le produit de notre imagination : et c'est là que le modèle prend tout son sens d'*idéal à imiter* puisque l'idéal n'existe que dans l'entendement, dans l'imagination. L'image mentale est alors une réalité psychologique ne représentant cependant rien d'existant en sorte que nulle réalité objective ne lui répond, car elle émane de notre conscience et de ses désirs, au lieu d'être reçue comme venant des choses.

Contrairement aux images, les sensations paraissent exprimer la réalité dans la mesure où elles sont subies, le réel devenant ainsi tout ce avec quoi il faut compter et qu'on ne peut changer. Mais nos organes des sens sont limités dans la réception du réel par le fait même de leur structure : bande passante audible, spectre visible. Le point aveugle sur la rétine (point de départ du nerf optique, il est dépourvu de photorécepteurs) devrait ainsi donner une tache noire dans chacune de nos images visuelles, mais elle est éliminée de notre perception par le cerveau. De même, la vision est programmée pour voir la permanence d'un objet : si ce dernier est projeté très rapidement sur un point A puis sur un point B, immobiles, le cerveau nous donne à voir le déplacement de l'objet de A vers B ; le mouvement est ici illusoire. La réalité du sensible serait-elle une illusion générée par le cerveau ? En tout cas, pour Wolf Singer (2008), le cerveau construit sa propre image du monde, qui n'est donc pas tel qu'on croit le percevoir. Ainsi, l'interprétation du sensible par le cerveau, laquelle dépend étroitement du bagage culturel historique, engendre-t-elle une perception de la réalité différente d'un individu à un autre culturellement éloigné du premier. L'imagerie cérébrale a par exemple permis de montrer une perte du contrôle et du filtrage du lobe frontal sur les structures limbiques des émotions chez le bouddhiste de tradition mystique en méditation, si bien que ce dernier perçoit la réalité tout autrement qu'un esprit occidental et terre à terre. La réalité du neuroscientifique est ainsi au moins tout aussi relative que celle du physicien.

Dans notre conscience existe donc le *principe de réalité*, qui nous amène à reconnaître la solidité des choses et qui substitue, à la pseudo-réalité du sensible, la réalité des structures du monde et de l'ensemble des lois immuables qui le gouvernent. Ce principe de réalité est au fondement même de notre adaptation à la vie : tenir une chose pour réelle, c'est adopter certaines conduites comportementales, spontanées et adaptatives. Il s'oppose à d'autres principes, comme celui de plaisir qui, selon Freud, nous invite à transformer le réel tel qu'on l'imagine : ce dernier est à la source du rêve, de l'art, de la créativité et, en cas d'abolition de toute possibilité de critique, de la folie. Le principe de réalité est donc ce que l'on peut tenir pour constitutif de tout esprit sain, Pierre Janet, l'un des promoteurs de la psychologie expérimentale en France, ayant montré que les troubles du comportement sont toujours liés à la perte pathologique du sentiment du réel.

Quant à la réflexion philosophique, elle n'a jamais cessé d'être alimentée par l'approche de la réalité. Contentons-nous de Descartes qui, dans ses *Principia Philosophiae* (1644 pour la version latine, 1647 pour la française), rangeait la réalité parmi « *les notions qui sont d'elles-mêmes si claires qu'on les obscurcit en les voulant définir* » et refusait de croire que, au sein de ses lecteurs, « *il s'en rencontre de si stupides qu'ils ne puissent entendre d'eux-mêmes* » ce que le terme signifie.

Modéliser, c'est concevoir, élaborer un modèle permettant de comprendre, d'agir, d'atteindre un but, c'est mettre en relation le domaine empirique des faits et des observations avec celui des idées interprétatives ou explicatives de la théorie. Dans *La statue intérieure* (1987), François Jacob met ainsi en garde : « *la démarche scientifique ne consiste pas (...) à accumuler des données expérimentales pour en déduire une théorie, mais à articuler ce qu'on observe avec ce qu'on imagine* ». A la description première ou *phénoménographique* doit succéder la description seconde ou *phénoménologique*, où le modèle peut servir à expliquer ou à interpréter le réel. Dans les sciences empiriques, on comprend d'ailleurs souvent mieux le modèle que le réel, par trop complexe. Le processus de modélisation se fait donc naturellement dans le cerveau ou de façon élaborée dans les entreprises et les unités de recherche. Le rapport des modèles à la réalité peut alors revêtir cinq formes possibles.

La première est celle de la *figuration* et concerne essentiellement le domaine des arts. Il s'agit de représenter ou de symboliser le réel par la peinture, la sculpture et le dessin. Le célèbre tableau *La Trahison des images* (1929), accroché aux cimaises du Musée d'art du comté de Los Angeles, dans lequel René Magritte a peint une pipe accompagnée de la légende *ceci n'est pas une pipe*, est à cet égard un formidable clin d'œil à une mise en dialectique entre la réalité et son modèle, qui semble ici s'opposer radicalement à l'objet. Figuration et symbolisation remontent à la préhistoire, comme l'attestent les pétroglyphes de la Vallée des Merveilles du massif du Mercantour : les figures corniformes symbolisent ainsi le bœuf de l'abondance ou le taurobole sanctificateur ; les figures anthropomorphes, stylisées de manière quasi géométrique au point que leur interprétation fait toujours couler beaucoup d'encre, illustrent la caractéristique primitive du modèle, à savoir la simplification systématique et la structuration des possibles.

Vient ensuite la *normalisation*, c'est-à-dire l'établissement de règles techniques visant à spécifier, unifier et simplifier le réel. C'est le modèle technologique qui l'illustre au mieux. En sont exemplaires les automates de Vaucanson, lequel proposait une version mécaniste du matérialisme des Lumières. Son *Canard digérateur* (1739) artificiel en cuivre doré qui couasse, barbote dans l'eau, bat des ailes, boit, mange des graines, les digère et rejette des excréments, est le digne représentant de ces *anatomies mouvantes* qui avaient avant tout un but didactique : comprendre, en mettant en évidence la plupart des fonctions biologiques, le fonctionnement de la machinerie animale (mais aussi humaine) sans en posséder toutefois les mécanismes internes. Les machines-outils de la Révolution industrielle ne seront tout compte fait que la traduction directe de ces modèles mécaniques.

La *régularisation* consiste, de son côté, à rendre conforme aux formules et aux lois les modèles mathématiques ou physiques. La théorie des modèles en mathématique, développée par les logiciens, s'enracine en fait dans celle des ensembles, avec la notion de valeur d'une formule de calcul des prédicats dans une réalisation d'un langage possédant à la fois sa sémantique (puisqu'elle fait intervenir le concept de vérité d'une proposition ; autrement dit, la réalité s'apparente ici à la vérité) et sa syntaxe (description des propositions et des règles du raisonnement). Ainsi, un nombre réel, une fonction analytique, une probabilité dont les axiomes affirment l'existence ne sont-ils en fait que des objets particuliers appelés *ensembles*. Curieusement, l'expression *modèle mathématique* provient plutôt de l'usage qu'en fait le physicien pour réduire, décrire, étudier le monde sensible ou celui conceptualisé dans le langage naturel.

Si on considère la *reproduction*, non pas dans le sens d'un modèle de fabrication ou d'un prototype servant à une fabrication industrielle, mais plutôt dans celui d'une *imitation* la plus fidèle possible du réel, le modèle peut prendre parfois l'allure de la réalité. C'est le cas, grâce au fantastique progrès technologique qu'a représenté l'imagerie biomédicale, de toutes ces images du cerveau qui fleurissent un peu de partout dans les manuels ou les revues de

vulgarisation, au point que le lecteur profane serait presque tenté d'y voir de simples photographies instantanées d'un cerveau en activité, alors que le clinicien et le chercheur savent pertinemment qu'elles sont des images numériques visualisant des différences de débit local de vascularisation ou d'oxygénation par un code de couleurs.

La *simulation*, enfin, a pour objectif de faire apparaître comme réel une chose qui ne l'est point. Prendre ainsi l'apparence du réel, c'est le rôle des *modèles pédagogiques*, qui ont pour objectif une tentative fonctionnelle d'appropriation du monde qui entoure les élèves, soit par la description, soit par l'explication, et faisant appel soit à la familiarisation pratique dans le cas des maquettes, soit à l'élaboration intellectuelle dans celui des logiciels (voir les exemples dans Darley, 2005, p.273 à 275 ; et Coquidé, 2008, p.91 à 94). La puissance de calcul et de traitement des données des ordinateurs a en effet accéléré la mathématisation de la biologie et des modèles physiques qu'elle utilisait jusqu'alors pour ses analogies géométriques ou mécaniques. Les modèles électriques ont ensuite ajouté aux critères de similitude physique des similitudes de fonctionnement, sur lesquelles, justement, s'est basé le principe des simulateurs analogiques. D'où le concept de *modèle par simulation par ordinateur assistée*. De très nombreux logiciels pédagogiques sont depuis utilisés, rendant le modèle hypothétique, modifiable et pertinent pour certains problèmes et dans certains contextes. En différeront les *modèles cybernétiques*, où les critères de similitude portent plutôt sur la comparaison des performances. Illustrons le propos par la neurobionique, une théorie cybernétique des fonctions nerveuses à mi-chemin entre biologie et technique, et qui sert à la modélisation de l'événement neuronal : le *modèle rythmique* où la conduction électrique de l'axone est simulée par un circuit comportant une batterie, un condensateur, deux résistances et un instrument de mesure (l'allure du potentiel de la décharge technique ainsi obtenu se rapproche d'ailleurs de celle du potentiel d'action dans le trajet nerveux) ; le *modèle figural* où la figuration synaptique est un processus de courants chimiques variables simulés par des courants atmosphériques. Plus complexe à mettre en oeuvre est la psychocybernétique où il existe une correspondance fixe entre processus nerveux, leur modèle physique et leur signification psychique : les sonogrammes, par exemple, sont des modèles individuels d'excitation rythmique, la voix pouvant trahir les émotions du sujet. Les modèles sont alors dits *arbitraires* quand le processus physiologique fournit la base pour des modèles qui sont transférables et restent ouverts quant à leur signification : à signification égale, l'écriture cunéiforme peut ainsi être transférée en idéogrammes chinois, en hiéroglyphes égyptiens ou encore dans une écriture alphabétique, dans la mesure où le psychisme, s'il est certes dépendant de supports physiologiques, comporte aussi un contenu de signification arbitraire et indépendant. En cas de changement de signification, c'est encore plus net : que le modèle demeure ou non le même, il est possible de modifier les significations. C'est ainsi que l'alphabet a pu être transformé en morse dans le fameux système de télégraphie électromagnétique utilisant un code de signaux combinant traits et points. Si un tel transfert de modèle a pu être réalisé, c'est parce que les modèles neuronaux et les modèles psychiques ont une base commune : l'analyse mathématique est alors en mesure de recenser les fréquences et les amplitudes à l'aide de systèmes numériques d'identification de modèles ; l'analyse phénoménologique permet de son côté d'enregistrer le vécu psychique et d'établir, par identification formelle de modèles, un lien avec les modèles neuronaux.

Plaidoyer pour un statut des modèles

Les fonctions multiples des modèles que nous avons vues expliquent les divergences épistémologiques au sujet de leur statut.

L'épistémologie positiviste insiste sur l'aspect d'artifice utile ou d'instrument provisoire. La modélisation est le procédé de transcription des données sensibles de l'expérience dans les figures accessibles à l'imagination et dans les formules du langage déductif. Les modèles se succèdent et se remplacent les uns les autres selon les suggestions de l'expérience et les commodités de l'expression. La théorie elle-même est ici incluse dans le processus de modélisation.

Au contraire, pour l'épistémologie rationaliste, la théorie n'est pas confondue avec les modèles dans lesquels elle se fixe provisoirement et dont elle se dégage progressivement pour poursuivre son objectif de détermination : c'est par exemple le cas de la mécanique rationnelle qui, depuis ses débuts, demeure l'étude du mouvement d'entités réparties dans l'espace sous l'influence de forces provoquant et orientant ce mouvement, son analyse objective s'étant effectuée au moyen de modèles de plus en plus adéquats (modèle cartésien des collisions enchaînées ; modèle newtonien des forces centrales, attractives et répulsives ; modèles de champs structurant l'espace et le temps entre les événements...). De même, les modèles ne se juxtaposent pas ni se succèdent, mais sont enchaînés par le dynamisme du savoir se complétant les uns les autres en se transmettant une part de leurs représentations et de leurs formulations. Cette complémentarité est évidente en sciences humaines, telle la psychologie de l'apprentissage qui a abordé les faits sous le signe des modèles mécaniques, cybernétiques et des champs de forces, en les corrigeant les uns par les autres : à la théorie du filtre de Broadbent, basée sur le modèle du tamis qui garde des matériaux (les informations) alors que d'autres traversent les mailles, succéderont ainsi la théorie de l'association où les faits sensoriels filtrés et transmis sont rassemblés selon certains critères (de similitude, contraste, contiguïté, cohérence) comme dans le foyer d'un miroir ardent, puis la théorie des trois phases qui récapitulera les deux précédentes et où l'information passe successivement d'un module tampon sensoriel (mémoire à très court terme) à un module de mémoire primaire (mémoire immédiate) par un filtre intermédiaire, puis à un module de mémoire secondaire (mémoire à long terme) par le biais d'une lentille convergente. Enfin, si l'on pense le modèle comme une figure complète, sa valeur conventionnelle est certes accrue, bien qu'il puisse acquérir une nouvelle dimension en même temps que la théorie se développe : le modèle structural de l'atome, que j'ai déjà évoqué, a ainsi d'abord été une figuration géométrique des orbites (Niels Bohr assurait d'ailleurs l'avoir rêvé une nuit en voyant en songe tourner un système planétaire relié au soleil par de minces filaments), avant de servir à condenser les nombres caractéristiques des états de l'électron, qui seront ordonnés par les matrices abstraites de la théorie des quanta ; l'image géométrique a ici perdu sa valeur explicative et ne sert plus qu'à figurer des rapports énergétiques.

Elucider la fonction des modèles revient ainsi à s'interroger sur leur pouvoir de simulation, de figuration, de reproduction, de régularisation et de normalisation : on s'oriente donc vers une doctrine métalinguistique des figures et des signes. Au-delà de leur diversité, les modèles présentent effectivement une caractéristique commune : ils sont des représentations d'un point de vue (conception, théorie...) particulier sur un système sujet d'études et sont écrits dans un code, un langage, un formalisme appropriés à l'expression et à l'usage des connaissances qu'ils véhiculent. Il n'existe cependant pas de code ultime ou absolu de la reproduction du réel, fût-il logique, mais plutôt un procédé de liaison ou de repérage rectifiant les modèles sur leurs applications. La réflexion métalinguistique sert ici à assouplir les fonctions régulatrices du langage : traduire le sens dans des expressions patentes, construire une infinité d'expressions sur une base réduite, s'adapter aux besoins renouvelés de la communication des messages. Ce métalangage est proche, par son statut, de celui du modèle ou plutôt, devrait-on dire, d'un *métamodèle*, qui est donc le modèle de langage de description de modèles. Ces métamodèles sont essentiellement utilisés dans les méthodes de conception d'application et d'architecture informatiques, dans leurs représentations formelles

et dans les logiciels associés, mais d'autres disciplines en sont aussi pourvoyeuses : l'histoire des sciences, l'épistémologie bien sûr, et la *versionologie*, un néologisme qui désigne la science théorique moderne de la reformulation des modèles.

Nous avons beau essayer, nous ne parvenons pas à atteindre la réalité qui se cache derrière les choses. Et la terrible raison en est peut-être que les choses n'ont pas de réalité autre que leur apparence.

Oscar Wilde

Références

- Benesch H. (1995). *Atlas de la psychologie*. Collection La Pochothèque. Librairie Générale Française (Paris).
- Chomsky N. (1979). *Structures syntaxiques*. Seuil (Paris).
- Coquidé M. (2008). Réel, modélisation et simulation dans l'enseignement des sciences de la vie. *Biologie Géologie*, 2 : 85-95.
- Darley, B. (2005). Tentative de définition de quelques mots usuels en usage dans l'enseignement des sciences expérimentales. *Biologie Géologie*, 2 : 265-277.
- De Lumley H. (1992). *Le Mont Bégo*. Imprimerie Nationale (Paris).
- Drouin, A-M. (1988). Le modèle en question. *Aster*, 7 : 1-20.
- Florès C. (1974). *La mémoire*. Presses Universitaires de France (Paris).
- Gandolfo G. et Miquel P-A. (2008). La mémoire : une approche interdisciplinaire. *Biologie Géologie*, 2 : 97-130.
- Herzog W. (1984). *Modell und Theorie in der Psychologie*. Hogrefe (Göttingen, Allemagne).
- Houdé O. et Miéville D. (1993). *Pensée logicomathématique : nouveaux objets interdisciplinaires*. Presses Universitaires de France (Paris).
- Jacob F. (1987). *La statue intérieure*. Odile Jacob (Paris).
- Laurenza D., Taddei M. et Zanon E. (2006). *Les machines de Léonard de Vinci : secrets et inventions des codex*. Gründ (Paris).
- Mathé J. (1978). *Léonard de Vinci : dessins anatomiques*. Productions Liber (Fribourg, Suisse).
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Presses Universitaires de France (Paris).
- Rumelhard, G. (1988). Statut et rôle des modèles dans le travail scientifique dans l'enseignement de la biologie. *Aster*, 7 : 21-51.
- Singer W. und Ricard M. (2008). *Hirnforschung und meditation*. Collection Edition Unseld, Suhrkamp Verlag (Francfort sur Main, Allemagne).
- Watson J. (1968). *La double hélice*. Robert Laffont (Paris).