

Modéliser et simuler.**Épistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation**

Franck Varenne, Marc Silberstein, Sébastien Dutreuil, Philippe Huneman (Eds)

Éditions Matériologiques, tome 1 (2013), tome 2 (2014), 1756 p.

Dès à présent, disons-le clairement, voilà un ouvrage impressionnant, utile, bien conçu et bien rédigé. L'état de l'art ou plutôt les tendances nouvelles en la matière sont bien présentés. En effet, malgré son épaisseur (au total 1756 pages), il n'aborde qu'une partie de la question. Ainsi tout ce qui relève de la biométrie ou en a hérité n'est pas présent ou très peu ; de même, et c'est en général mal connu, la contribution de l'automatique n'est presque pas citée, si ce n'est par le biais de la cybernétique. Somme toute, est-ce grave docteur ? Après réflexion, pas très, et pourquoi ?

En premier, parce que cette partie biométrique et ce qui lui est apparenté, comme la génétique quantitative, fait déjà l'objet d'une abondante littérature, même si l'on aurait aimé que le nom de Gustave Malécot apparaisse quelque part. En second, parce qu'il aurait fallu doubler le nombre de pages. Néanmoins, on aurait été intéressé par une approche épistémologique actualisée de ces domaines.

Un apport important concerne la simulation, en distinguant bien ce qui relève du calcul numérique *sensu stricto*, c'est-à-dire la résolution numérique de modèles mathématiques, de la simulation fondée sur les règles logiques ou d'objets au sens large (par exemple, la modélisation individu-centrée ou multi-agents). Dans le premier cas, il s'agit d'une extension des mathématiques, dans le second, nous restons dans le champ de la logique. Pour ces deux domaines, on a des bases théoriques très solides, les questions de cohérence, de consistance, de localité ou de généralité sont bien balisées. Cependant, si la taille des modèles augmente et s'il s'agit de mettre en relation des modèles de phénomènes différents dans une même architecture, on peut se demander si la compatibilité est assurée et si l'ensemble est cohérent. Pour cette troisième catégorie, les fondements théoriques sont moins solides, seule la pratique, une sorte d'expérimentation sur le modèle, peut nous rassurer. Nous créons alors des mondes virtuels qui, à force de complication, peuvent tendre vers « la carte à l'échelle 1 : 1 » et devenir aussi complexes que le territoire lui-même. Quel est alors l'intérêt du modèle ? Y a-t-il des risques à l'utiliser ? On peut déjà dire que quelle que soit la nature du modèle, si l'utilisation qui en est faite est cognitive, le seul risque est de perdre du temps. En revanche, si les objectifs sont normatifs, il faut rester très prudent et les questions liées à l'incertitude des simulations et des prédictions sont très prégnantes. Tous les chapitres n'abordent évidemment pas ces problèmes. En revanche, il est fort intéressant de lire les contributions sur les modèles climatiques : ils sont complexes et divers. Pour ce qui est des composantes

relevant de la physique, ils sont sans doute solides, ce qui est moins vrai pour les autres. La démarche est alors d'examiner les prédictions des divers modèles et d'établir une sorte de consensus aboutissant à un diagnostic global. En fait, tout se passe comme si l'on travaillait sur un métamodèle. On est loin de la maîtrise qu'on peut avoir sur des petits modèles mathématiques, mais on n'a pas le choix. Il s'agit d'une grosse artillerie pour convaincre de limiter les émissions de gaz à effet de serre et donc de brûler des ressources fossiles, notamment d'hydrocarbures, ce qui est une bonne chose. Il est quand même étonnant d'en arriver là, alors qu'une simple logique devrait nous mener à dire que casser, par la combustion, des chaînes carbonées qui pourraient servir à autre chose a quelque chose de bizarre. Mais c'est une autre question. Cela dit, les modèles du climat sont aussi, pour une part importante, de précieux modèles de connaissance. Dans cette logique, que le modèle soit aussi un objet d'étude est passionnant et concerne tous les autres types de modèles. D'ailleurs, les mathématiques, cette science sublimée, pure construction intellectuelle, n'ont-elles pas été élaborées à partir de ce qui était des modèles avant que ce mot n'ait été inventé et utilisé dans le sens principal qu'on lui donne aujourd'hui ?

On aura compris, au risque de tomber dans le biais de l'échelle 1 : 1 qui consisterait à réécrire cette œuvre monumentale, qu'on ne peut que relever des traits saillants et de façon évidemment subjective, mais montrant déjà tout l'intérêt de disposer de cet ouvrage. Presque tous les domaines de la science sont couverts, des galaxies aux sociétés humaines, ce qui mène à penser que la méthode est quasi universelle. J'aimerais cependant relever la dimension épistémologique, car elle constitue un autre intérêt de ces livres, d'autant plus qu'elle est présente dans des chapitres spécialisés, mais aussi dans presque tous les autres. C'est une tendance de la science moderne de se poser des questions sur ses propres pratiques, sur ses méthodes, sur ses fondements. Une nécessité qui avait été oubliée ou du moins ignorée pendant une période et qui revient au premier plan aujourd'hui. Sans doute est-ce parce que les choses avancent très vite, que les modes de fonctionnement semblent nous échapper, que la production scientifique devient de la surproduction avec des parts croissantes de déchets ou de futilités que cela entraîne. C'est alors que nous sentons la nécessité de réfléchir sur les fondements, de les consolider et peut-être un jour de refonder. Cet ouvrage en est une illustration. La modélisation a explosé et il est intéressant de constater que la communauté ressent déjà le besoin d'une réflexion épistémologique et philosophique. Bien sûr, on pourra

rétorquer que ce n'est pas nouveau, mais à cette échelle et pour beaucoup, ce n'était pas évident. Peut-être que les modélisateurs, devant manier des langages scientifiques différents, confrontés à la mise en rapport constante avec la réalité, et face aux enjeux de leurs travaux et des espoirs suscités, sont bien placés pour avoir de telles réflexions. Dans ce cadre, les références à Henri Poincaré, l'un des plus grands mathématiciens de l'histoire de l'humanité, sont particulièrement intéressantes et pertinentes, et il convient d'y être attentif. Soucieux du rapport à la réalité, il menait de pair des réflexions épistémologiques. On le redécouvre aujourd'hui. Un chapitre lui est en partie consacré, mais d'autres y font aussi référence. Des points délicats sont soulevés, comme celui du lien implicite souvent fait entre déterministe et prédictif, mis à mal par Poincaré et largement discuté depuis. Ainsi, peut-on disposer d'un excellent modèle d'un phénomène dit « déterministe », par exemple sous la forme d'un système différentiel : s'il est non linéaire et de dimension supérieure ou égale à trois, ses solutions peuvent être très sensibles aux conditions initiales : un très faible écart peut conduire à des divergences importantes entre ces diverses solutions, la prédictibilité n'est pratiquement pas assurée. Il fait ainsi le lien entre ce qu'on appelle aujourd'hui la théorie des systèmes dynamiques et celle des probabilités : une réalité décrite par des équations différentielles issues de la mécanique newtonienne peut produire des résultats qu'on ne peut exactement prévoir. Nous pouvons conseiller la lecture de l'introduction à son ouvrage sur le calcul des probabilités²¹.

Par ailleurs, la question du « sens » des modèles n'est pas bien apparente : les formalismes de modélisation, les mathématiques en premier, sont des langages qui permettent de construire des discours sur la réalité. Les syntaxes sont très contraignantes et les dimensions sémantiques ne sont pas absentes, même si elles sont parfois

ignorées. Par exemple, ces dimensions ne sont pas très présentes dans une part importante de la biométrie où les modèles utilisés, probabilistes ou géométriques, servent à analyser des données presque indépendamment de leur origine. Ce n'est pas le cas, pour une autre part, où les modèles et les termes qui les composent ont un sens. Une linguistique des modèles est peut-être à envisager. Bien d'autres choses pourraient être évoquées, mais le risque est grand de faire inutilement long... Un dernier point cependant, la question du « holisme versus réductionnisme » est évoquée à plusieurs reprises. Il me semble que ce soit un faux débat ! En fait et par nécessité, les sciences de la vie ont été obligées d'introduire la notion de niveau d'organisation. C'est aussi par nécessité que, pour comprendre un phénomène réel, on peut se tenir à un niveau, voire faire appel à un ou plusieurs niveaux inférieurs (réductionnisme classique) ou même supérieurs. Tout cela peut se traduire en termes de modélisation autant que de besoin, sans faire une opposition entre deux conceptions aussi limitatives l'une que l'autre. D'une certaine façon, l'approche systémique, souvent utilisable, évite ce type de débat.

En conclusion, deux ouvrages utiles et même nécessaires non seulement pour les modélisateurs, mais plus généralement pour toute la communauté scientifique. Ayant fait l'expérience, les deux versions, numérique et papier, sont curieusement très complémentaires dans leur utilisation et vu le coût total très raisonnable, on ne peut que recommander l'achat des deux versions. Et pourquoi ne pas espérer, en plus, qu'un ou plusieurs autres tomes viennent compléter la collection.

Alain Pavé

(Université Claude-Bernard-Lyon-1, Lyon, France)

alain.pave@univ-lyon1.fr

21 Poincaré, H., 1912. *Calcul des probabilités*, Paris, Gauthier-Villars. Le livre a été réédité en 1987 aux éditions Jacques Gabay.