

## PEUT-ON CONSIDERER LA MODELISATION COMME UNE METHODE ?

Hamdi Mlika

(Université de Kairouan)

### Résumé

Je tente dans cet article d'esquisser quelques éléments de réponse à ces questions fondamentales :

La modélisation est-elle une méthode ? Si oui, où situer aujourd'hui la modélisation en tant que méthode, au début ou à la fin de l'expérience scientifique des phénomènes étudiés ? La modélisation apporte-t-elle la méthode ou bien part-elle à sa recherche pour ne la trouver qu'à la fin ? Comment peut-on concilier au sujet de la méthode ces deux exigences qui nous semblent corrélatives : sa nécessité en tant qu'instrument de pensée, et notre liberté de ne pas s'y soumettre ? La modélisation est-elle une méthode parmi d'autres, utile en recherche-action ? Ou bien est-elle l'autre méthode, c'est-à-dire une nouvelle « posture de recherche » bien plus délicate ?

### ملخص

سأحاول في هذه المقالة أن أرسم بعض الخطوط العامة للإجابة على الاسئلة الرئيسية التالية: هل يمكن اعتبار النمذجة منهجا؟ اذا كان الجواب بالاثبات فابن يجب أن نضع اليوم النمذجة كمنهج: هل في بداية الاستكشاف العلمي للظاهرة أم في نهايته؟ هل تحمل النمذجة بين ثناياها منهجا أم أنها تنطلق للبحث عنه حتى لا تعثر عليه الا في نهاية مسارها؟ كيف يكون بوسعنا أن نوفق بين هذين الشرطين المتلازمين: ضرورة النمذجة كأداة للتفكير من جهة وحرّيتنا في ألا نمثل لأوامرها من جهة أخرى؟ هل أن النمذجة منهج ضمن مناهج علمية أخرى ذات فائدة في استراتيجية البحث و الفعل؟ أم أنها المنهج الآخر، بمعنى موقف علمي جديد أكثر حساسية لتعقّد الطبيعة؟

### Abstract

I try in this article to outline some elements of answers to these fundamental questions: is modeling a method? If Yes, where to locate nowadays modeling as a method, at the beginning or end of the scientific experiment of the studied phenomena? Does modeling provide wit itself its own method, or does it search for it and doesn't find it axcept at the end? How can we reconcile these two requirements which seem for us correlatives: its necessity as an instrument

of thinking and our freedom to not be subject to it? Is modeling a sort of method among others that are useful in action-research? Or is it the other method, a new "posture of research" more delicate?

Je voudrais commencer cet article par trois citations, qui vont finalement fusionner. D'abord, une citation d'Edgar Morin, le philosophe de la complexité, tirée du Tome 1 de son livre : *La Méthode* :

Ce qui apprend à apprendre, c'est cela la méthode...Je n'apporte pas la méthode, je pars à la recherche de la méthode. Je ne pars pas avec la méthode, je pars avec le refus, en pleine conscience, de la simplification.

Ensuite, une citation de Nietzsche tirée de *l'Antéchrist*, où il dit :

Les méthodes viennent à la fin.

Enfin, une citation de Jean Ullmo (tirée de son livre *Le profit* :

Les modèles sont indispensables, et il faut les multiplier. Chacun dans son formalisme mathématique rigoureux, permet de délimiter des hypothèses, de préciser des concepts, d'explicitier des conséquences, de reconnaître des convergences ou des incompatibilités. Ils abolissent donc les environnements indécis, les glissements de pensée, les actions contraires aux fins proclamées, les incohérences de projet et d'acte. Leur multiplicité s'oppose à la tentation du mécanisme unique, de la solution parfaite : elle rappelle que l'extraordinaire complexité des actions et réactions économiques ne peut être passible d'un modèle exhaustif ...Les modèles sont donc des instruments de pensée. On ne peut s'en passer, on ne doit pas s'y soumettre.<sup>245</sup>

Où situer dès lors la modélisation en tant que méthode, au début ou à la fin de l'expérience scientifique des phénomènes étudiés ? La modélisation apporte-t-elle la méthode ou bien part-elle à sa recherche pour ne la trouver qu'à la fin ? Comment peut-on concilier, au sujet de la méthode, ces deux exigences qui nous semblent corrélatives : sa nécessité en tant qu'instrument de pensée<sup>246</sup>, et notre liberté de ne pas s'y soumettre ? La modélisation est-elle une « méthode parmi d'autres utile en recherche-action »<sup>247</sup> La modélisation est-elle une

---

<sup>245</sup> Dunod, 1969.

<sup>246</sup> Heinrich Hertz disait : nos pensées sont aux choses dans le même rapport que les modèles sont aux objets qu'ils représentent.

<sup>247</sup> Pour utiliser les mots de Gilles Le Cardinal et Jean-François Guyonnet dans leur étude : « Le modélisateur, la modélisation, le modèle dans la recherche-action en sciences humaines »

méthode parmi d'autres, ou bien est-elle l'autre méthode, c'est-à-dire une nouvelle « posture de recherche » bien plus délicate ?

Nous tenons pour vraisemblable depuis Hans Reichenbach dans *The Rise of Scientific Discovery*, en 1951, livre écrit deux ans avant sa mort, qu'il faudrait distinguer, pour ce qui concerne la méthode scientifique, entre deux contextes de son utilisation : Le contexte de la découverte et celui de la justification.

Pour ce positiviste logique, qui a fui le nazisme en allant se réfugier en Turquie, avant de voyager en Amérique où il s'est laissé imprégné des idées de Hilary Putnam (un des sommets de la philosophie analytique post-quinéenne toujours en vie), la méthode se divise en deux types : (1) celles qui servent à découvrir des vérités scientifiques, et (2) celles qui servent à les défendre et les justifier.

Le contexte de découverte concerne la façon avec laquelle un résultat scientifique donné a été obtenu. Les méthodes qui s'inscrivent dans un tel contexte sont celles qui se rapportent surtout à l'observation et à l'expérimentation. Quelques épistémologues ajoutent la modélisation, qui est à ce titre une méthode de découverte au même titre que l'expérimentation. Le premier point que je voudrais défendre dans cet exposé consiste à dire que la modélisation, sans la restreindre à sa forme mathématique, ne doit pas être mise sur le même standard méthodologique que l'expérimentation. Ce point de vue a été excellemment démontré par Daniel Parocchia lorsqu'il a mis à jour l'échec de la méthode expérimentale de Claude Bernard par rapport au rôle central que joue la modélisation en sciences.

D'un autre côté, le contexte de justification concerne plutôt la façon avec laquelle un résultat scientifique donné est défendu et présenté, en d'autres termes, justifié. Les méthodes qui sont impliquées dans ce contexte, sont, en général, les méthodes déductives (du général au particulier), axiomatiques, inductives (du particulier au général), méthodes hypothético-déductives, etc.

Cette distinction instaurée pour la première fois par un positiviste logique a été longuement discutée en philosophie des sciences, et a alimenté tout le débat au sujet de la question de la méthode scientifique.

Beaucoup sont allés jusqu'à n'accepter de parler sur cette question que par rapport au contexte dans lequel il s'agit de justifier, de présenter et de défendre des résultats scientifiques donnés et nulle part ailleurs. Pourquoi ? Tout simplement parce que la façon de découvrir ces résultats est une affaire strictement scientifique et ne tolère en aucun cas le recours à une réflexion philosophique générale. C'est la position historique du Cercle de Vienne, basée sur une certaine lecture erronée (il faut le dire) des idées nouvelles et pertinentes de Wittgenstein dans le *Tractatus*.

C'est à cette conclusion que semble aller la majorité des épistémologues et des philosophes qui méditent sur le sens de la méthode scientifique et sur son statut.

En effet, écrit Alain Voizard dans l'article : « Méthode », du *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, édité par Dominique Lecourt :

Seul le contexte de justification peut faire l'objet de la réflexion méthodologique. En ce sens, la méthode concerne l'analyse de la relation entre une théorie donnée et l'ensemble des faits. Mais, conclut-il, pas plus qu'il n'y a d'algorithme de la découverte, il n'y a d'algorithme de la justification.

Nous voyons, par le biais de cette courte citation, que la question de la méthode est non seulement problématique, mais que la réflexion à son sujet engage d'autres concepts et d'autres problèmes qui se rapportent à la science.

Comme je viens de le signaler, parmi les méthodes qui se rapportent à la science, et qui sont utilisées dans le contexte de ce que Reichenbach appelle sa découverte, certains épistémologues placent la manière d'obtenir des modèles ou modélisation. La question que je voudrais poser ici consiste à réfléchir sur le sens méthodologique de la méthode dite de modélisation.

Nombreux sont ceux qui doutent d'un tel sens, ou du moins, qui le comprennent autrement que dans les termes de la méthode dite traditionnelle. Parmi les illustres défenseurs de ce point de vue nous trouvons Edgar Morin dans *Méthode*, ouvrage en 6 Tomes, publié entre 1977 et 2006.

Quelques soient les objections faites à cette question, nous pouvons dire qu'elle est recevable, car nous trouvons dans certaines approches épistémologiques contemporaines, surtout celles qui ont trait à la modélisation dans son rapport

avec la théorie scientifique (dans le cadre de la pensée de la complexité chez E. Morin et J-L Le Moigne, ou ailleurs), une tendance à séparer et à dissocier méthode et modélisation, ou pour le dire plus clairement, à établir une distinction nette entre le concept de méthode et celui de modèle tels qu'ils peuvent être unis et mis en système dans un esprit analytique.

Nous rencontrons, d'autre part, des approches qui, au contraire, considèrent la modélisation comme unie avec les réquisits de toute méthode scientifique possible, où la valeur méthodologique de la modélisation est incontestable. Un tel point de vue demeure néanmoins basé sur une séparation devenue explicite entre la théorie scientifique et la modélisation.

Pour une partie de ceux qui tolèrent cette séparation, leur thèse se constitue de l'idée suivante : Ce n'est pas que la modélisation n'a rien à voir avec toute méthode possible, mais qu'elle est d'ores et déjà une méthode, (nouvelle certes), et que toute distinction entre les deux serait une chose absurde. Il ne serait plus surprenant dès lors, d'entendre parler désormais de la modélisation qui déploie de nouveaux traits ne figurant point dans le champ de l'épistémologie avant son avènement en tant que nouvelle méthode scientifique dans les années 60 et 70. En effet, Suzanne Bachelard fait remonter l'usage premier du concept de modèle à Boltzmann.

Je vais donc tenter de questionner la légitimité de l'une et de l'autre de ces deux positions en épistémologie contemporaine: A quel point peut-on justifier une position au détriment de l'autre ?

Tout ceci revient à poser la question suivante qui est en vérité le titre de cet exposé : Peut-on considérer la modélisation comme une méthode ?

Il est nécessaire tout d'abord, pour répondre à cette question, de tenter de comprendre le sens profond de la modélisation par rapport à ce qui est convenu de désigner comme étant une méthode scientifique.

Si nous regardons de plus près la définition de la méthode, nous trouverons qu'elle est donnée dans un sens qui insiste sur la différence entre sa théorie, c'est-à-dire la Méthodologie, et l'épistémologie. Si « la méthodologie, selon *The*

*Dictionary of The History of science*, par Bynum, Browne, et Roy Poter<sup>248</sup>, est la théorie de la méthode, des règles et des évaluations qui devraient gouverner ou qui gouvernent l'interaction entre évidence, argument, et hypothèses, surtout concernant la réalité empirique. (Et si) elle veut dire parfois le système des règles lui-même, Methodology is not the same as epistemology. »

En effet, l'épistémologie nous dit ce que nous pouvons connaître, alors que la méthode met au clair les moyens et les chemins qui mènent au savoir.

Mais comment pouvons-nous séparer la tâche du « méthodologiste » et le choix d'une méthode, de la mission de donner du sens aux règles que nous utilisons ou que nous défendons, et de leurs rôles à expliciter la structure rationnelle de la science ?

Il faut distinguer, me semble-t-il, entre la méthode et sa théorie. La Méthodologie serait en vérité inséparable de l'épistémologie à condition d'accepter d'élaborer de façon continue des passerelles entre l'approche épistémologique et la philosophie des sciences. C'est mon cas. L'épistémologie est non seulement inséparable de la méthodologie des sciences en vertu de sa structure philosophique, mais elle ne réalise sa véritable activité qu'en étroite collaboration avec l'histoire des sciences.

L'intérêt de la question soulevée dans cet exposé vient du fait qu'il nous est possible d'extraire le concept de méthode et de ne pas le tenir pour entièrement et nécessairement dépendant de sa théorie. Le divorce entre méthode et épistémologie serait donc dans ce cas précis et sous cette condition déterminée, assez justifié.

C'est en posant un concept de méthode indépendant de l'épistémologie qu'il devient légitime de nous interroger sur son identité modélistique ou modèle-théorique ou pas.

Or, la question a été inversée : En effet, il ne s'agit point de cerner le fond « modélistique » de la méthode, c'est-à-dire, de chercher à savoir si la méthode est une forme de modélisation, mais plutôt de chercher à savoir si nous pouvons parler de, si nous pouvons considérer la modélisation comme une méthode.

<sup>248</sup> Princeton University Press, 1981, p. 267.

Un grand nombre de scientifiques parlent de la modélisation comme d'une méthode. Dans plusieurs domaines de la recherche scientifique, il est assez difficile de parler de modélisation autrement que dans les termes d'une méthode : nous disons souvent méthode de modélisation, etc., de sorte qu'il serait déraisonnable d'évoquer la modélisation sans faire allusion à sa souche méthodique, sans la rattacher automatiquement à ce qui relève d'une véritable méthode au sens cartésien du terme, qui consiste à simplifier, analyser et décomposer.

C'est ce rapport intrinsèque entre modélisation et méthode et la légitimité de toute démarche qui vise à le mettre en doute/ ou en cause, que je voudrais questionner ici.

Pour bien mener à bien ce questionnement et arriver, par son , à des résultats tangibles, nous devons préalablement revenir sur le concept de modélisation lui-même, et voir comment il se situe par rapport à la théorie scientifique et à l'épistémologie.

Je pense, et c'est l'hypothèse de ce travail, que la réponse à la question posée est sous-déterminée par la nature des rapports entre méthode, théorie et épistémologie, d'un côté, et entre modélisation, théorie et épistémologie, de l'autre. Une réponse satisfaisante à la question générale présuppose une réponse cohérente à la double sous-question posée : et c'est ce que je vais entreprendre, très brièvement, dans cet exposé.

1. Qu'est-ce que la modélisation ?
2. Quel est le statut épistémologique de la modélisation ?
3. Qu'est-ce que la méthode ?
4. Quel est le statut épistémologique de la méthode ?
5. Peut-on considérer la modélisation comme une méthode ?

### 1. Qu'est-ce que la modélisation ?

Dans son *Enquête sur le concept de modèle* (Ouvrage collectif publié chez PUF en 2002), Pascal Nouvel écrit ce qui suit :

« La question du modèle et de la manière de l'obtenir- la modélisation- est centrale en science. (et il ajoute) Le fait de chercher à aborder un problème en le modélisant est parfois même

considéré comme la marque distinctive de l'esprit scientifique. A l'inverse, continue-t-il, une étude qui ne peut déboucher sur un modèle est parfois regardée comme non scientifique, un problème qui ne prête à aucune modélisation comme un problème qui échappe à la science....Cependant, conclut-il, ces notions centrales demeurent obscures..(et il se demande) s'il n'est pas « possible d'identifier quelques traits caractéristiques de ces notions et de préciser leurs rapports à la science ? »

Il est sûr que quelques soient les résultats de cette enquête menée par pascal Nouvel, la modélisation ne s'est imposée réellement en sciences que lorsqu'elle a pu s'affranchir d'un certain « carcan méthodologique », pour reprendre l'expression de Jean-Louis Le Moigne (« Qu'est-ce qu'un modèle ? »). Avant d'en arriver là, essayons tout d'abord de donner une définition claire de la modélisation.

Dans S. Bachelard (1979), nous trouvons une mention du concept de modèle au début du XXème siècle, par un article dû à Boltzmann publié en 1902 dans l'Eyclopaedia Britanica intitulé : « Model ». Selon Le Moigne, les encyclopédistes du XVIIIème siècle utilisaient le mot système pour désigner ce que nous entendons aujourd'hui par modèle scientifique (ou technique). (Qu'est-ce qu'un modèle ?). En effet, nous dit Le Moigne, dans un autre texte intitulé : «La Modélisation est désormais notre Mot Clé » :

« Si le mot Modélisation se diffuse relativement rapidement...ce sera souvent dans un sens réduit à celui du mot Modèle: Modélisation aura une allure plus scientifique...Modélisation voudra de plus en plus dire 'programmation à fin de simulation'...d'un modèle présumé 'donné.... »<sup>249</sup>

En tout état de cause, la modélisation est loin d'être une méthode classique de recherche, telle que la méthode expérimentale par exemple. Essayons en effet de comparer la modélisation avec cette méthode. Selon G. Le cardinal et J-F Guyonnet, « la méthode expérimentale consiste à construire un contexte susceptible de poser la question dont on souhaite obtenir la réponse, à l'objet lui-même, en mettant en place les conditions du questionnement et de recueil de l'information, délivré par l'objet sous un stimuli précis qu'on a décidé de lui appliquer. On utilisera pour ce recueil un appareil de mesure ou une observation directe ou indirecte. L'expérimentateur interprétera en termes intelligibles les

<sup>249</sup> Le Moigne: "La modélisation est désormais notre Mot Clé", p. 2.



réponses de l'objet à l'aide des traces ainsi obtenues, dans le cadre d'une théorie, elle-même insérée dans un paradigme...Le plus souvent, la théorie elle-même sert à imaginer les conditions expérimentales qui favoriseront la théorie en même temps que l'émergence de la réponse à la question posée. »

Le modélisateur ou l'épistémologue de la modélisation, tel J-L Le Moigne va rejeter cette méthode, car à ses yeux les données expérimentales ne sont en vérité des constructions dans lesquelles une théorie déterminée va s'enfermer, s'auto-confirmer et s'auto-valider. De l'angle de la modélisation, l'objet de la recherche n'est pas simple, bien au contraire, et il s'agit de l'étudier non seulement dans sa complexité, mais surtout dans un milieu naturel « soumis à de multiples stimuli et aléas que l'on ne maîtrise pas. »

La modélisation se présente non pas comme une simple méthode parmi d'autres, mais plutôt comme l'autre méthode : La modélisation n'est pas une méthode au sens classique. Elle redéfinit en vérité ses relations avec la théorie et le réel, c'est-à-dire son ancrage épistémologique et ontologique.

Cette méthode consiste à approcher un phénomène dans sa complexité, dans son contexte « et entrer progressivement dans son intelligence (ou rentrer plus en avant dans l'intelligence de sa complexité, dirait Le moigne dans son livre : *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod 1990)...La modélisation a le double but de comprendre et d'agir. Comprendre pour agir, agir pour mieux comprendre. »

## 2. Quel est le statut épistémologique de la Modélisation ?

La modélisation, faut-il l'avouer, est déjà une forme de théorisation ou c'est déjà de la théorisation. Nous parlons désormais de la théorisation de la modélisation, mais dans un sens pratique, faut-il le souligner, pragmatique.

Elle se relie à la théorisation dans un sens nouveau. Son statut épistémologique (nouveau) est indissociable de cet enchevêtrement du théorique et du pratique en son sein.

Il s'ensuit des thèses que nous venions de poser que les liens entre Modélisation et épistémologie sont devenus plus complexes. C'est à ce niveau

de complexité que doit se situer le statut épistémologique de la modélisation et nulle part ailleurs.

### 3. Qu'est-ce qu'une méthode ?

En revenant au *Dictionnaire d'histoire et de Philosophie des sciences* de Dominique Lecourt, nous lisons ce qui suit au sujet du mot Méthode :

Une méthode scientifique, écrit Alain Voizard, du moins considérée abstraitement (est) un ensemble de règles fixes et universelles régissant l'ensemble de l'activité scientifique.<sup>250</sup>

Cette définition pourrait-elle s'appliquer à la modélisation ? Je pense que non. La modélisation en tant que méthode scientifique nouvelle est loin de se présenter comme un ensemble de règles fixes et universelles régissant l'ensemble de l'expérience scientifique du monde. Or, elle n'est pas non plus une activité désordonnée qui n'obéisse à aucune règle et n'aboutissant à aucun résultat concret. Les règles tant recherchées, la modélisation les trouve à la fin de son exploration du phénomène étudié et non pas au début. Leur caractère universel tel qu'il peut être mis à découvert abstraitement est indissociable du processus d'exploration en tant que processus complexe et non-réductionniste.

### 4. Quel est le statut épistémologique de la Méthode ?

A la lumière de ce qui a été dit dans le premier paragraphe de cet article, il est assez difficile de parler de la notion de Méthode sans évoquer de surcroît ses affinités avec l'épistémologie. Or, comme la modélisation « révolutionne » en quelque sorte en principe et en pratique la notion de méthode telle qu'elle a pu être utilisée dans les systèmes de pensée traditionnels, elle a également restructuré et repositionné le cadre et la valeur normative de l'épistémologie contemporaine. Méthodologie et Epistémologie trouvent donc par le biais de la modélisation le même sort qui est celui de changer de fond en comble.

---

<sup>250</sup> P. 636.

## 5. Peut-on considérer la Modélisation comme une Méthode ?

Nous disposons à présent de tous les éléments requis pour esquisser une réponse satisfaisante à cette question : En effet, il s'ensuit de toute la démarche que la Modélisation doit être considérée comme une méthode mais dans un sens bien précis que nous avons essayé tout en long de cet exposé d'en expliciter les caractéristiques: La Modélisation a en vérité explosé les limites traditionnelles de toute méthode scientifique possible, qui a été représentée soit dans les termes d'une mathématisation, ou d'une structure déductive ou dans la méthode expérimentale, ou dans bien d'autres méthodes encore.

Le pouvoir méthodologique de la « Modélisation » déborde par ailleurs les limites nettes qui ont toujours séparés au sein de l'activité de la science, ce qui relève du théorico-épistémologique et ce qui se rapporte à l'onto-pratique. En vérité, ces deux démarches fusionnent au sein de la modélisation, ce qui a pour conséquence la dissociation de la modélisation, sur le plan méthodologique, de tout ensemble de règles fixes ayant les traits de l'universalité et du vrai au sens métaphysique. La modélisation est donc une Méthode, mais c'est une méthode qui fait exploser le cadre classique selon lequel nous fixons son avant ou son après : C'est une méthode qui n'arrête pas de se constituer et de se former à partir de données qui sont à la fois théorico-linguistiques et pratico-ontologiques.

## BIBLIOGRAPHIE

Andler, D., Fagot-Largeault, A. et Saint-Sernin, B., 2002, Philosophie des sciences, Tome I et II, Paris, Folio, coll. Essais, 2002, 1334p.

Andrieu, B., 1997, « Modélisation architecturale du fonctionnement des cultures : Orientations de l'équipe de Bioclimatologie de Grignon », [INRA-Grignon, 1997], pp. 15-18.

Bachelard, S., 1979, « Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles, in [Delattre, P. et Thellier, M., 1979], Tome I, pp. 3-19.

Bouleau, N., 1999], Philosophies des mathématiques et de la modélisation, Paris, l'Harmattan, 1999, 363p.

Cherruault, Y., 1998, Modèles et méthodes mathématiques pour les sciences du vivant, Paris, PUF, 1998, 299p.

Cheruy, A., Gautier, C. et Pavé, A., 1980, « Analyse de systèmes biologiques : certains aspects méthodologiques liés à la modélisation », in [Lesourne, J., 1980], Tome I, pp. 73-152.

[CNRS, 1990], La modélisation, confluent des sciences, Actes du colloque interdisciplinaire des 15 et 16 juin 1989 de Villeurbanne, coordonnateurs : M. Brissaud, M. Forsé, A. Sighed, Paris, Editions du CNRS, Centre Régionale de Lyon, 1990, 242p.

Cohen-Tannoudji, G., 1996, 1997, Virtualité et réalité dans les sciences, collectif sous la dir. de Gilles Cohen-Tannoudji, Paris, Editions Frontières, 1996 ; réédition : Diderot multimédia, 1997, 219p.

Dahan-Dalmedico, A., 2003, « Modèles et modélisations : le foisonnement des pratiques contemporaines exige une réflexion théorique nouvelle », Lettre du SPM (Département des Sciences Physiques et Mathématiques du CNRS), n°42, décembre 2003, pp. 26-28.

Delattre, P. et Thellier, M., 1979, Elaboration et justification des modèles, Actes du colloque de 1978, Paris, Maloine, 1979, 2 tomes.

Dubucs, J., 2002, « Simulations et modélisations », Pour la science, n°300, octobre 2002, 3p.

Duhem, P., 1914, La théorie physique – son objet – sa structure, Paris, 1914 ; réédition dans la collection Vrin, 1989.

Einstein, A., 1979, 1989, Comment je vois le monde, Traductions de diverses conférences d'Albert Enstien, sans présentation ni lieux ni dates, Paris, Flammarion, 1979 ; réimpression : Champs-Flammarion, 1989, 191p.

[Fréchet, M., 1955], Les mathématiques et le concret, Paris, PUF, 1955, 438p.

Goffy, J. Y., 1988, La philosophie de la technique, Paris, PUF, 1988, 127p.

Granger, G. G., 1995, Le probable, le possible et le virtuel, Paris, Odile Jacob, 1995, 248p.

Guillaume, M., 1971, Modèles économiques, Paris, PUF, 1971, 313p.

Guitton, H., 1987, « La modélisation en économie », in Biologie et Economie, éd. par J. Demongeot et P. Malgrange, Dijon, Librairie de l'Université de Bourgogne, 1987, pp. 23-28.

Guyon, E., 1996, 1997, « Modélisation et expérimentation », in [Cohen-Tannoudji, 1996, 1997], pp. 101-126.

Israel, G., 1996, La mathématisation du réel, Paris, Seuil, 1996, 368p.

Le Moigne, J. L., 1990, 1999, La modélisation des systèmes complexes, Paris, Bordas, 1990 ; Dunod, 1999, 178p.

\_\_\_\_\_1995, 1999], Les épistémologies constructivistes, Paris, PUF, QSJ, 1995 ; 2nde édition : 1999, 127p.

\_\_\_\_\_ 2003, La modélisation est désormais notre mot clé.

Legay, J. M., 1997, L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode, Paris, INRA éditions, 1997, 111p.

LErbet-Sereni Frédérique : Expérience de la modélisation, Modélisation de l'expérience.

Lochak, G., 1994, La géométrisation de la physique, Paris, Flammarion, Champs, 1994, 272p.

Morin, Edgar : La Méthode, Tome 1, PUF 1977.

Nadeau, R., 1999, Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie, Paris, PUF, collection premier cycle, 1999, 863p.

Nouvel, P., 2002, Enquête sur le concept de modèle, coll. dirigé par Pascal Nouvel, Paris, PUF, 2002, 246p.

Orange, C., 1997], Problèmes et modélisation en biologie, Paris, PUF, 1997, 241p.

[Parrochia, D., 1990], « Quelques aspects épistémologiques et historiques des notions de « système » et de « modèle » », in [CNRS, 1990], pp. 215-233.

[Parrochia, D., 1991], Mathématiques et existence, Paris, Champ Vallon, 253p.

[Parrochia, D., 1992], Qu'est-ce que penser/calculer ?, Paris, Vrin, coll. Prétextes, 1992, 128p.

[Parrochia, D., 1993a], La raison systématique, Paris, Vrin, 1993, 320p.

[Parrochia, D., 1993b], Philosophie des réseaux, Paris, PUF, 1993, 300p.

[Parrochia, D., 1994], Cosmologie de l'information – Pour une nouvelle modélisation de l'univers informationnel, Paris, Hermès, 1994, 282p.

[Parrochia, D., 1997], Les grandes révolutions scientifiques du XXème siècle, Paris, PUF, 1997, 434p.

[Parrochia, D., 1998], La conception technologique, Paris, Hermès, 1998, 269p.

[Parrochia, D., 2000], « L'expérience dans les sciences : modèles et simulation », in Qu'est-ce que la vie ?, conférence du 15 janvier 2000, Université de tous les savoirs, Paris, Odile Jacob, 2000, pp. 193-203.

[Parrochia, D., 2001], « Algorithmique et complexité : les limites de l'informatique », Annales d'histoire et de philosophie du vivant, vol. 5, Paris, Seuil, 2001, pp. 143-173.

[Rochebrune, 2003], Le statut épistémologique de la simulation, Actes des 10èmes journées de Rochebrune : rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels, 26 janvier - 3 février 2003, Paris, Editions de l'Ecole Nationale Supérieure de Télécommunications de Paris (ENST), 2003, 313p.

[Thom, R., 1972, 1977], Stabilité structurelle et morphogenèse, W. A. Benjamin Inc., 1972 ; deuxième édition revue et augmentée : Paris, InterEditions, 351p.

[Thom, R., 1980], Paraboles et catastrophes, Milan, Il Saggiatore, 1980 ; version française : Flammarion, 1983, 189p.

[Thom, R., 1987], « Quantitatif et qualitatif en modélisation », in Biologie et Economie, éd. par J. Demongeot et P. Malgrange, Dijon, Librairie de l'Université de Bourgogne, 1987, pp. 15-22.

[Varenne, F., 2003a], « La simulation conçue comme expérience concrète », Actes des 10èmes journées de rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels (Rochebrune, janvier 2003) portant sur Le statut épistémologique de la simulation, organisées par l'European Conference on Artificial Life (ECAL) et par l'Association pour la Recherche Cognitive (ARCO), éditions de l'Ecole Nationale des Télécommunications de Paris (ENST), pp. 299-313.

[Varenne, F., 2003b], « La simulation informatique face à la méthode des modèles », Natures Sciences Sociétés, vol. 11, 2003, n°1, pp. 16-28.

[Varenne, F., 2004a], « Bachelard avec la simulation informatique : nous faut-il reconduire sa critique de l'intuition ? », Actes du colloque « Confiance raisonnée et défiance rationnelle : la surveillance intellectuelle de soi à partir de l'oeuvre de Bachelard », Université de Besançon, 12-13 décembre 2002.