# LE CARTÉSIANISME DES MODÈLES SCIENTIFIQUES

## ABDELKADER BACHTA



#### Introduction

QUEL RAPPORT ENTRETIENNENT LES MODÈLES SCIENTIFIQUES AVEC L'IDENTIFICATION CARTÉSIENNE: ENTRE UNIR, GÉNÉRALISER ET RÉDUIRE?

A l'heure actuelle, et à la suite, notamment, des travaux des systémistes et des constructivistes (Morin, Lemoigne) au milieu du siècle précédent, on convient, généralement, que la modélisation est en désaccord avec le cartésianisme conçu comme analyse et simplification. La thèse générale soutenue est que la nature est trop complexe pour être simplifiée<sup>1</sup> Nous avons déjà débatu cette question en réfléchissant sur la structure interne des modèles scientifiques et sur leurs rapports avec les théories de la connaissance<sup>2</sup>.

Dans cette étude, nous étudierons une autre relation, qui nous paraît plausible, entre les modèles scientifiques et la thèse cartésienne mettant une équivalence entre l'unité, la généralité et la réduction. Pour cela :

- 1) Nous partirons de la deuxième règle du *Discours* que visent les modélisateurs anti-cartésiens, en l'inscrivant dans l'œuvre cartésienne. Nous faisons appel, surtout, au *Régulae* que la règle en question impliquerait et qui est, à présent, plus ou moins oublié<sup>3</sup>.
- 2) Nous nous demanderons, ensuite, si cette identification, dont la pensée classique se souviendra, se trouve dans le domaine de l'édification des modèles des savants.

Notre recherche portera sur les modèles mathématiques (Tarski et Thom) et physiques dont la dimension mathématique est indéniable (les modèles de Bohr et

<sup>&#</sup>x27;Cf Lemoigne, Le système général, 2006, Legay, Modèle et expérience : un discours de la méthode et notre article dans PLASTIR

PLASTIR 43, 09/2016 (ibid)

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Dans, œuvres complète de Descartes, Joseph Gilbert- sans date

de Galilée), et qui sont les prototypes de tout modèle. Notre conclusion intérressera l'art de modéliser en général.

#### I - LA RÉDUCTION CARTÉSIENNE ET L'EXIGENCE D'UNIFICATION

- LA DEUXIÈME RÈGLE DU *DISCOURS* ET SON COMPLÉMENT
  - a) En fin de compte, les critiques de R. Descartes visent la deuxième règle du Discours de la méthode, qui est, effectivement, en relation directe et évidente avec l'idée de réduction et de simplification, et dont l'énoncé précis est le suivant : "Le second, de deviser chacune des difficultés que j'examinais en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre". Dans une note, Descartes précise que c'est là la "règle d'analyse : décomposition de l'objet étudié en ses éléments". Ses critiques ont bien saisi la précision, comme ils ont bien compris le texte fondamental; en tout cas, ils ont bien vu l'essentiel<sup>4</sup>. Cependant, cette règle n'est pas isolée dans la méthode cartésienne. Elle s'inscrit, bien plutôt, dans un ensemble homogiène de préceptes inséparables.

De toute façon, la cinquième règle de Règles pour la direction de l'esprit, résume la méthode comme suit : « Toute la méthode consiste dans l'ordre et la disposition vers lesquelles il est nécessaire de tourner tous les efforts de son esprit pour découvrir quelque vérité. Nous la suivrons de point en point si nous ramenons graduellement les propositions obscures et embarrassantes à de plus simples, et si, partant de l'intuition des choses les plus faciles, nous tâchons de nous élever par les mêmes degrés à la connaissance de toutes les autres. »

Ce texte montre, en fait, que la règle dite d'analyse ou de réduction doit être complétée, dans l'esprit de Descartes, par celle appelée, règle de synthèse : le début

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Notre livre, la modélisation scientifique: Etudes sur la pensée modélisatrice de Thom 2016, MTL. (ch,2)

concerne la réduction, la fin intérésse la synthèse. D'ailleurs, c'est connu que la troisième règle du *Discours* porte sur cette dernière.

Par conséquent, analyse et synthèse sont indissociables et constituent l'essentiel de la méthode cartésienne (qui peut être présentée d'une façon plus raffinée en présentant d'autres éléments comme ceux d'intuition, de déduction etc...). Il nous semble, donc, que les "détracteurs" de la méthode cartésienne oublient l'association nécessaire entre la seconde et la troisième règle, entre l'analyse et la synthèse en mutilant la pensée de l'auteur. Pourtant, la considération de cet ensemble et, notamment, du complément, la synthèse, nous fait parvenir au fond de la pensée de cet écrivain illustre et nous oblige à faire appel à des textes fondamentaux, plus ou moins oubliés, actuellement.

Nous disons, par exemple, à ce propos, que la synthèse nous mène au concept d'unité, qui est central, pensons nous, dans la philosophie de l'auteur. Il est évident, en effet, que la finalité de toute synthèse c'est l'unification. Là, on est renvoyé, obligatoirement, aux *rigulae* et, plus précisément à la règle n°1.

#### 2) L'UNITÉ ET SES SIGNIFICATIONS

Cette dernière se consacre à déterminer la nécessité d'unir le divers, le multiple pour bien diriger 'l'esprit de manière qu'il porte des jugements solides et vrais...". L'auteur nous affirme expressément par exemple «Ce dont il faut se persuader, c'est que toutes les sciences sont tellement liées ensemble qu'il est bien plus facile de les apprendre toutes à la fois que d'en détacher une des autres. Si donc quelqu'un veut rechercher sérieusement la vérité, il ne doit pas s'appliquer à une seule science, car elles se tiennent toutes et dépendent les unes des autres...». Ce texte nous renvoie aussi à l'idée de synthèse qui est l'objet de la 3è règle du *Discours* comme nous l'avons déjà souligné.

Mais comment l'auteur justifie-t-il cette exigence d'unité ? La justification en est l'uiversalité de la raison humaine. Tout émane du bon sens qui est universel. La source étant la même, on peut, sans risque d'erreur, unifier les résultats. Notre penseur déclare, à ce propos, par exemple : « car puisque toutes les sciences réunies ne sont rien autre chose que la sagesse humaine, qui reste toujours une, toujours la même, si variés que soient les sujets auxquelles elle s'applique, et qui n'en reçoit pas plus de changement que n'en apporte à la lumière du soleil la variété des objets qu'elle éclaire, il n'est pas besoin d'imposer aucune limite à l'esprit humain. » etc.

Il y a lieu de remarquer, sur ce plan, que ce concept d'unité (ou d'unification) a des significations dont la postérité se souviendra : unir veut dire généraliser. La règle 1 des Régulae nous dit que la fin de toute unification, c'est la généralisation. Ce rapport est répété dans les règles 4 et 21 du même ouvrage. Dans le premier texte (règle n°4), Descartes souligne, de nouveau, l'urgence d'unification et montre l'équivalence entre ce concept et celui de généralisation. C'est là où l'auteur s'élève au-dessus de toutes les branches mathématique particulières (algèbre, arithmétique et géométrie) pour parler d'une mathématique universelle, qui les unit par généralisation etc.

L'unité signifie, d'autre part, la réduction (ce qui paraît paradoxal). A ce propos, la meilleure façon, pensons-nous, c'est de revenir à la règle 6 des Régulae où cette équivalence est la plus claire. Dans ce texte, ce qui unit les éléments particuliers, c'est l'absolu. Or Descartes souligne, à ce sujet, : « J'appelle absolu tout ce qui contient en soi la nature pure et simple que l'on cherche; ainsi, par exemple, tout ce qu'on regarde comme indépendant, cause, simple, universel, un, égal, semblable, droit ou autres choses de ce genre ; et je dis que l'absolu est ce qu'il y a de plus simple et de plus facile, et que nous devons nous en servir pour résoudre les questions». C'est là une citation fort riche, mais, en tout cas, la synonymie en question y est mise clairement. Du reste, on trouve la même idée dans la règle n°12.

Il s'agit là d'une réduction qui intéresse l'objet; soit 'une réduction objective", mais il y a, chez Descartes, une réduction qui concerne le sujet, "une réduction subjective". Pour compendre cette dernière, il suffit de se porter à la première partie du *Discours* où l'auteur désavoue la multiplicité des auteurs dans tout domaine et présère, à ce niveau, l'unicité; il est plutôt pour la réduction de la genèse d'une connaissance à l'unité et rejette celle qui émane de plusieurs écrivains. Par conséquent, la réduction, professée dans la seconde règle du *Discours*, signifie, dans le système cartésien, l'unité et la généralisation. Désormais, ces trois concepts sont, intimement liés chez Descartes.

Les classiques, comme d'Alembert et Comte, se souviendront de cette thèse. Dans l'œuvre de d'Alembert, ce point de vue est central. Dans le *Traité de* dynamique, la réduction unificatrice et généralisante a abouti à la priorité de l'algèbre; cette démarche et son résultat rappellent l'idée cartésienne de mathématique universelle. Dans Le discours préliminaire de l'encyclopédie, on assiste, en général, à l'établissement d'éléments au sens d'Alembertien, c'est à dire des entités simples, mais générales.

La première partie concerne la génération des connaissances humaines d'une façon hypothétique. La seconde partie s'occupe de l'histoire réelle de l'humanité. On rencontre le même esprit chez Comte, qui est fortement influencé par d'Alembert. La signification généralisante nous fait parvenir, dans cette œuvre, à la géométrie. La philosophie positive est, au fond, issue de l'idée cartésienne d'unification généralisante et réductrice : on part des diverses sciences pour en extraire une pensée générale qui les unit. En tout cas ce point de vue se vérifie, pleinement, dans la deuxième leçon du Cours<sup>5</sup>. La question est, maintenant, de savoir si les modèles scientifiques s'écartent de cette thèse cartésienne tant vénérée par les classiques.

### П - LES MODÈLES SCIENTIFIQUES ET LEUR RAPPORT AVEC LA THÈSE CARTÉSIENNE: MATHÉMATIQUE, PHYSIQUE, DESCARTES

#### 1) LES MODÈLES MATHÉMATIQUES : TARSKI THOM

En ce qui concerne le niveau mathématique, prenons d'abord, le cas de Tarski. Cet auteur s'inscrit dans l'école de la logique mathématique inaugurée par Boole et poursuivie par Hilbert et Gödel etc. Celui-ci a reproché, à ce mouvement où il est né, de tomber dans "le mécanisme" mathématique en négligeant l'esprit et le métalangage. Tarski part, manifestement, de là pour observer que la formalisme logique (où il est né à son tour), en présentant des cadres vides, nous prive de la signification des énoncés logico-mathématiques. Cet auteur va s'occuper, donc, de la sémantique. C'est alors qu'il établit un modèle qui intéresse le sens (sémantique).

On peut résumer sa découverte ainsi : soit un ensemble L de propositions. Remplaçons les constantes extralinguistiques par des variables pour trouver un autre ensemble L'. Tarski appelle la deuxième classe, L' un modèle à portée sémantique. El est clair que L' est une réduction de L. Il est évident, également, que cette opération réductrice de tous les énoncés mathématiques et logiques passe par une généralisation unifiante.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Notre étude, "D'Alembert et la philosophie positive", in la *Renaissance du passé*, l'Harmatan 2009 En ce qui concerne d'Alembert, cf surtout son texte très révélateur, à ce sujet : Discours préléminaire de l'Encyclopédie.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Cf notre étude, ''la théorie du modèle chez Tarski'' in *René Thom et la modélisation scientifique*, l'Harmattan 2013

S'agissant des mathématiques qualitatives, considérons le cas de R. Thom qui est un auteur célèbre dans ce domaine. Ce mathématicien est, au contraire, un critique sévère et violent de toute logique formelle et de la mesure. Il part, plutôt, de la topologie différentielle, qui est une variante de la géométrie différentielle. Sa finalité est de localiser et non de quantifier.

Les catastrophes mathématiques, qui constituent son modèle ultime, impliquent, en somme:

- $\mathbf{I}$ une dynamique non classique (c'est-à-dire, non déterministe, et faisant attention à la genèse des phénomènes et à leur fin).
- 2) Le processus en question fait découvrir des ruptures qui sont autant de formes (et la catastrophe est une forme qui apparaît, brusquement, dans des conditions topologiques (défaillance des attracteurs, conflit, etc.)<sup>7</sup>.

Ce modèle mathématique, ainsi shématisé, opère une unification double : 1) entre tous les phénomènes vivants d'une part (et Thom est fortement influencé par la biologie à la Waddington qui s'occupe surtout de l'évolution des étres biologiques) et les phénomènes inertes d'autre part. 2) L'union est faite aussi entre les êtres vivants et les choses inanimées. L'auteur ne voit, en effet, aucune différence entre ce qui évolue en général et défend, à ce propos, Héraclite contre ses "détracteurs" scientifiques.

Mais la généralisation est présente aussi : on généralise l'idée d'évolution en question à tous les faits concernés. Il va sans dire, également, qu'on réduit tous les faits signalés en présentant le modèle des catastrophes.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Cf notre livre, René Thom et la modélisation scientifique (ibid), premier chapitre

2) Il va de soi que les modèles physiques suivent la même voie en obéissant à la thèse cartésienne indiquée puisque la dimension mathématique y existe obligatoirement. En effet, tout modèle physique renferme deux éléments inséparables et en accord parfait, qui sont: 1) L'aspect paramétrique, c'est-à-dire mathématique 2) Les données sensibles ou expérimentales<sup>8</sup>.

D'ailleurs, nous touchons là à l'une des fonctions des mathématiques : unir pour généraliser et réduire. Platon a du faire prévaloir la pensée mathématique qui lui a permis de transcender la diversité et parvenir à la réduction généralisante. D'ailleurs, Descartes est platonicien à ce niveau. Leibrinz, de son côté, qui a tant insisté sur la priorité du calcul, est, sous cet angle, un bon cartésien et un bon platonicien.

Mais cette caractéristique d'unir pour généraliser et réduire ne concerne pas seulement les mathématiques quantitatives (Platon, Descartes, Leibniz, mais aussi Tarski), elle intéresse, également, les mathématiques qualitatives : nous avons vu, en effet, que René Thom l'adopte à sa manière. Ce mathématitien est platonitien sur ce plan précis, malgré son antiplatonisme quand il s'agit de la quantification que les pytagorciens et Platon auraient inaugurée<sup>9</sup>.

Des exemples précis rendraient notre point de vue plus clair : Prenons, d'abord, l'exemple du modèle de l'atome chez Bohr, qui est si commenté et discuté. Ce savant a, en fait, réduit tout atome à celui de l'hydrogène; il a fait la même chose concernant les électrons associés à l'atome dont le nombre est réduit à l'unité. Il va, sans dire, que, dans son esprit, il s'agit de tous les types d'atomes en général<sup>10</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Concernant l'antiplatonisme de Thom, cf par exemple, dans notre livre, *Modélisation scientifique*, déjà indiqué, le chapitre 2

<sup>9</sup> Notre article dans PLASTIR 43, 09/2016

<sup>10</sup> Ibid

Par ailleurs, Galilée a inventé un modèle (sans, toutefois, utiliser ce mot avec son sens actuel). Ce savant a considéré le monde comme étant vide et sans résistance. Cette thèse, qui a eu une grande importance jusqu'à la relativité restreinte et qui a triomphé sur l'idée cartésienne de tourbillons, est une réduction, une sorte de squelette valable à tous les phénomènes mécaniques concernés qu'on a ainsi unis.

3) D'ailleurs, nous pensons que Descartes a découvert, en fait, un bon nombre de modèles au sens moderne (sans employer ce vocable dans se sens), ce qui n'est étonnant en rien, puisqu'il est l'auteur des assises de la construction de tout modèle:

Ainsi, "La mathématique universelle" est, en réalité, un modèle au sens moderne, qui résulte de la réunion simplifiée et généralisante de toutes les branches mathématiques (arithmétique, algèbre et géométrie (cf la règle 4 des Régulae)

En physique, l'auteur a produit plusieurs modèles au sens moderne. Dans le Monde, que reprend, d'une autre façon son livre ultérieur, les Principes de philosophie, le modèle de l'univers qu'il présente est anti-galélien et anti-newtonien. L'approche de ce savant philosophe est hypothétique et, entièrement rationnelle. La mécanique, qui en est issue, est associée (contrairement à Galilée et Newton) à l'idée de tourbillons qui considère le monde plein de matière. Cette réduction unifiante connaîtra de grosses difficultés à s'imposer chez les classiques (son importance apparaitra dans la relativité générale dont l'auteur louera le point de vue cartésien). N'oublions pas, d'autre part, son modèle (au sens moderne) typique de l'identification entre la matière et l'étendue. Cette simplification, nécessairement unifiante et généralisante, est faite pour évacuer le subtantialisme des classiques (ou plutôt ce que Descartes croit comme tel, car cela a été discuté.)".

<sup>&</sup>lt;sup>п</sup> Cf Le père Grenet dans Aristote, Vrin 1962

CONCLUSION

La thése cartésienne signalée est le fondement de toute

CONSTRUCTION DE MODÈLE ET DE TOUTE MODÉLISATION.

Nos analyses ont montré que l'équivalence cartésienne entre la réduction, la

généralisation et l'unification qui est suivie chez les classiques (d'Alembert, Comte)

est sous-jacente à l'édification de tout modèle scientifique, tant mathématique

(Tarski et Thom, c'est-à-dire deux manières différentes de construire un modèle

mathématique) que physique (où l'usage des mathématiques sous une forme

paramétrique est sûre (modèles de Galilée et de Bohr). Nous avons pu, d'ailleurs,

justifier cet accord entre le cartésianisme et les modèles scientifiques en montrant

la présence normale de ceux-ci chez Descartes lui-même. On peut déduire de cette

conclusion que la thèse cartésienne dont on s'occupe est l'arrière fond ontologique

de toute modélisation puisque le modèle est le noyau dur de cette opération

technique. Nous ne partageons donc pas le point de vue des auteurs qui éloignent

Descartes de la modélisation scientifique.

\_\_\_\_\_

**ICONOGRAPHIE**: CAPTATION, CNAM, PARIS, PHOTO © M-W DEBONO