

NEWTON, GALILÉE ET LES ANCIENS :  
*SCIENTIA ET SCIENCES EXACTES*

Anastasios Brenner\*

RÉSUMÉ

Nous définissons couramment la science par l'exactitude. Or ce concept a sa propre histoire. Il a commencé à prendre son sens moderne au XVII<sup>e</sup> siècle, époque à laquelle la science classique a pris son essor. L'objet de cet article est de retracer la trajectoire historique du terme d'exactitude et de ses équivalents, c'est-à-dire d'élaborer une sémantique philosophique. Nous nous appuyerons en particulier sur les témoignages de Galilée, de Descartes et de Newton. Puis, nous examinerons la manière dont les philosophes des sciences, de Comte à Bachelard, ont conçu l'exigence d'exactitude.

SUMMARY

Accuracy designates one of the characteristic features of science as we understand it. Yet this term and its cognates (exactness, precision) have a history of their own. They began to take on their current meaning during the 17<sup>th</sup> century, a time when modern science was being created. The aim of this paper is to provide a study of how this new usage was brought about as well as its underpinnings, that is a philosophical semantics. I shall examine in particular the texts of Galileo, Descartes and Newton. This historical development will then be viewed from the perspective of later philosophers of science, such as Comte and Bachelard.

*Introduction*

\* Université Paul-Valéry Montpellier 3, Département de philosophie et Centre de recherches interdisciplinaires en sciences humaines et sociales (CRISES).

L'exactitude constitue l'un des traits distinctifs de la science. On emploie cette notion pour caractériser l'activité scientifique dans ses différents aspects : son langage, sa méthode et ses résultats. D'où l'expression de « sciences exactes. Les disciplines qu'on désigne par là constituent le modèle vers lequel doit tendre toute démarche à prétention scientifique. L'exactitude a encore une fonction d'évaluation : elle détermine le choix en faveur d'une théorie. Nous avons là affaire à une notion constitutive.

L'exactitude n'a pas manqué d'attirer l'attention des épistémologues. Elle représente pour Gaston Bachelard une valeur rationnelle en train de se transformer : de l'exactitude absolue, on passe à la précision croissante. Tel est le sens de la connaissance approchée qu'il met en avant. Alexandre Koyré voit dans la révolution scientifique des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles la transition du monde de l'à-peu-près à l'univers de la précision. Enfin, l'exactitude constitue pour Thomas Kuhn à la fois un critère de choix et une définition de la scientificité.

Constatons tout d'abord que les mots « exact » et « précis » ont subi au cours de l'histoire un changement de signification. « Exact » vient du latin *exigere*, mener à terme, accomplir. « Précis » dérive de *praecidere*, trancher, abréger. C'est tout autre chose que nous avons à l'esprit lorsque nous utilisons ces termes aujourd'hui. Or cette mutation sémantique s'opère à peu près en même temps que s'élabore la science moderne. Les textes de Galilée et de Newton sont exemplaires à cet égard. Mon intention, à travers l'histoire des mots « exact » et « précis », est de saisir ce à quoi ils renvoient, ce que nous entendons par science et la manière dont notre conception moderne s'est cristallisée.

Pour mener à bien cette enquête, je m'appuierai sur plusieurs techniques : historique, philologique et bien sûr philosophique. Dans les recherches récentes, je perçois une tendance, appelée diversement « sémantique philosophique » ou « ontologie historique », qui porte vers une étude renouvelée des concepts à travers leurs trajectoires. On pourrait citer en ce sens Ricœur, Starobinski, Hallyn, Hacking, Daston et bien d'autres.

### 1. Galilée : du vague à l'exact

Nous avons signalé une différence entre le sens originel des termes d'exactitude et de précision et leur sens moderne. Or le passage au sens nouveau se manifeste clairement dans l'œuvre de Galilée. Celui-ci caractérise son étude des « choses de la

nature », dont est issue la science moderne, par la notion d'exactitude. Nous pouvons examiner à nouveaux frais ces textes, en tenant compte des suggestions des historiens de la pensée qui ont réfléchi sur la mise en place de la conception moderne du monde. Ainsi, Richard Rorty envisage la science comme une tradition parmi d'autres dont le contexte d'apparition est déterminant. En évoquant le conflit entre science et théologie suscité par la question du mouvement de la Terre, il écrit : « La 'grille' qui apparut au tournant du XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècle n'était pas disponible au début du XVII<sup>e</sup>, à l'époque du procès de Galilée [...]. L'idée de 'scientificité' était encore en voie de formation »<sup>1</sup>. Rorty nous incite à porter notre attention sur les valeurs qui président à notre compréhension de la science et à son élaboration.

Examinons, dans cet esprit, un passage du *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*. Galilée rappelle, dans ce texte de 1632, ses observations sur les taches solaires effectuées au moyen du télescope. L'auteur revient ainsi sur leur signification vingt ans après leur découverte. Il y voit un puissant argument en faveur de l'hypothèse héliocentrique qu'il défend : les taches manifestent des changements dans le monde supralunaire et témoignent d'un mouvement de rotation du Soleil.

« Nous poursuivîmes, écrit Galilée, les observations très *soigneusement* [*diligentissime*] pendant des mois et des mois, notant avec la plus grande *précision* [*accuratezza*] les trajectoires de différentes taches à différents moments de l'année, et l'issue se trouva répondre *exactement* [*puntualmente*] aux prédictions »<sup>2</sup>.

Pour qualifier ces observations, la traduction mobilise deux termes caractéristiques : précision et exactitude. En réalité, Galilée emploie trois mots différents. Essayons de nous en rapprocher davantage. Le premier, que traduit « soigneusement » – littéralement « diligemment », se comprend, bien que nous ne nous en servions pas dans ce registre<sup>3</sup>. De même, le troisième peut se transposer pour peu qu'on se souvienne de son sens ancien : Littré note dans son dictionnaire que « ponctuellement s'est dit pour exactement, dans tous les détails ». Enfin, « précision » recouvre une racine que la langue française n'a pas retenue : « *accuratezza* » veut dire ici « le soin particulier avec lequel une observation est faite »<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Richard Rorty, *Philosophy and the mirror of nature* (1979), Princeton University Press, 1980, p. 330 ; trad. T. Marchaisse, *L'homme spéculaire*, Paris, Seuil, 1990, p. 365. Le terme « grille » employé ici est emprunté explicitement à Michel Foucault.

<sup>2</sup> Galilée, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632), dans *Le Opere*, éd. A. Favaro, Florence, G. Barbera, 1899-1909 ; trad. R. Fréreau et F. De Gandt, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, Paris, Seuil, 1992 « Troisième journée », p. 379.

<sup>3</sup> Cf. *ibid.*, p. 251.

<sup>4</sup> En revanche, la langue anglaise retiendra cette racine dans « *accuracy* », qui est le terme le plus répandu pour qualifier la nature de la science.

Galilée emploie également l'équivalent latin et italien du terme « exact ». Heinz Weinmann, dans une étude du vocabulaire galiléen, prétend repérer dans son œuvre l'une des premières occurrences du mot au sens moderne. Il nous offre une analyse sémantique des premières publications galiléennes : *Le messager céleste* ou *Sidereus nuncius* de 1610 et *L'essayeur* ou *Il saggiatore* de 1623. Weinmann montre également comment Galilée a établi un lien entre « exactitude » et « précision » : la rigueur scientifique passe désormais par l'association de l'exactitude des mathématiques et de la précision des instruments<sup>5</sup>. Les termes par lesquels nous définissons la science se forment dans ces écrits du début du XVII<sup>e</sup> siècle. Et Weinmann d'écrire : « Ce n'est pas un des moindres paradoxes des sciences dites exactes qu'elles ont 'oublié' de définir les termes mêmes appelés à décrire la rigueur de leurs méthodes nouvelles : précision et exactitude »<sup>6</sup> ; il va jusqu'à parler d'une « occultation » à propos de la filiation et de la conjonction de ces notions. En effet, le mot « exact » réapparaît dans le *Dialogue*. Galilée s'en sert pour qualifier son principal instrument d'exploration, le télescope – là où nous emploierions plus volontiers l'adjectif « précis »<sup>7</sup>. Mais il utilise un autre mot pour qualifier diversement les observations, les instruments et les preuves mathématiques : exquis ou *esquisito*<sup>8</sup> – ce qui veut dire ici excellent en son espèce.

Récapitulons : Galilée déploie au moins cinq termes différents pour décrire la rigueur de sa pratique scientifique. Son vocabulaire est riche, varié et souple. On serait tenté de dire littéraire. Par contraste, sa traduction dans une langue moderne paraît quelque peu appauvrie et figée. Essayons de nous défaire temporairement de nos habitudes : les exigences scientifiques que nous avons assimilées au point de ne plus y penser n'ont été formulées qu'au prix d'un effort prolongé et de multiples tentatives. La prise en compte du fonctionnement de l'instrument, la nécessité de contrôler le résultat à l'aide de dispositifs différents, l'estimation du degré de précision, bref toutes les techniques que nous associons aujourd'hui à l'expérimentation sont le résultat d'un long et lent processus. Il convient de sérier les découvertes théoriques et techniques dans le temps. Nous pouvons alors saisir pleinement ce qui est en gestation dans l'œuvre galiléenne : la transformation d'une valeur rationnelle.

<sup>5</sup> Si l'expression « instrument de précision » ne semble pas encore avoir cours, le télescope, le microscope et le thermomètre fournissent les premiers instruments scientifiques.

<sup>6</sup> Heinz Weinmann, « Galileo Galilei : de la précision à l'exactitude », *Études françaises* (19, 2, 1983, p. 9-26), p. 9.

<sup>7</sup> Galilée, *op. cit.*, p. 415-416.

<sup>8</sup> Par exemple, *ibid.*, p. 256, 320, 415.

Revenons à Weinmann, qui fait encore remarquer que les mots « exact » et « précis », dans leur sens premier, ont une connotation de sévérité, voire de brutalité<sup>9</sup>. Il va jusqu'à conclure : « Les sciences exactes ont bien su occulter la violence qui pourtant les fonde »<sup>10</sup>. Sans doute les fondateurs de la science moderne, en recourant à la précision et à l'exactitude, se sont saisis de mots expressifs, énergiques, non sans une nuance de violence. Bacon parle de soumettre la nature à la question, et l'on pourrait évoquer une attitude de domination et de maîtrise de la nature. Cette tendance va s'accroître dans les réalisations technologiques ultérieures, contenues pour ainsi dire dans le projet conçu au XVII<sup>e</sup> siècle. Et certains philosophes dénonceront cette violence qui nous éloigne de la nature ou d'une authenticité originelle, ainsi Husserl, Heidegger et leurs épigones. La science peut certes prolonger la violence inhérente à la nature humaine, tout comme elle peut la sublimer ou la canaliser.

L'exactitude que fait valoir Galilée est intimement liée à sa pratique scientifique, à sa manière de relayer l'observation par le raisonnement et de construire des dispositifs ingénieux qui éclairent les phénomènes naturels. Cet ancrage concret est essentiel. Simplicio, porte-parole d'Aristote dans le *Dialogue*, manifeste à plusieurs reprises sa perplexité face au raisonnement galiléen : l'exactitude n'a pas la même signification ni le même domaine d'application que chez Aristote. Simplicio s'interroge sur l'usage qu'en fait Galilée : « En science de la nature on n'a pas besoin de chercher l'évidence mathématique précise »<sup>11</sup>.

Galilée oppose sa démarche à celle d'Aristote, marquant ainsi une volonté de rupture. Mais l'historien doit prendre la mesure des innombrables intermédiaires qui ont rendu cette option possible : la traduction de la philosophie grecque en latin, la contribution de la science arabe et l'héritage des discussions scolastiques. Il existe certes un équivalent du terme « exact » en grec ancien : *akribeia*. Mais sa fonction est tout à fait différente, et l'on relève une hésitation de la part des traducteurs, qui le

<sup>9</sup> « Précis » et ses composés, écrit Weinmann, « nous renvoient, comme tous les mots de cette famille tels *décision* et *concision*, aux objets effilés, couteaux, épées qui sectionnent, tranches », *op. cit.*, p. 10. De façon analogue, rappelle-t-il, « *exigere* » signifie chasser quelqu'un, l'expulser par la force. D'où « *exactor* », le percepteur des impôts, et « *exactio* », le recouvrement de sa perception, obtenu avec force et précision.

<sup>10</sup> *Ibid.*, p. 13.

<sup>11</sup> Galilée, *op. cit.*, p. 256. À noter que « précis » traduit ici « *esquisita* ». Effectivement, Aristote écrit : « Il est d'un homme cultivé de ne chercher la *rigueur* [*akribès*] pour chaque genre de chose que dans la mesure où la nature du sujet l'admet : il est évidemment à peu près aussi déraisonnable d'accepter d'un mathématicien des raisonnements probables que d'exiger d'un rhéteur des démonstrations proprement dites », *Éthique à Nicomaque*, trad. J. Tricot, Paris, Vrin, 1972, I, 1, 1094b.

rendent par certitude, précision, exactitude, finesse ou rigueur<sup>12</sup>. Il ne s'agit pas seulement de l'emploi de la notion d'exactitude, réservé par les anciens aux abstractions mathématiques et aux objets célestes, mais aussi des présupposés que la notion véhicule : l'observation au moyen des cinq sens et l'homogénéité entre les objets décrits et le langage mathématique servant à les décrire. L'exactitude galiléenne n'a plus rien à voir avec la rigueur aristotélicienne ; elle inaugure une autre forme de rationalité.

## 2. Newton et la notion de science exacte

Le vocabulaire galiléen se diffuse rapidement. Descartes emploie régulièrement les expressions « faire des expériences exactes » ou « faire exactement une expérience ». Ainsi lit-on dans une lettre de 1630 au Père Mersenne : « Pour les métaux, j'en ai fait moi-même des expériences assez exactes »<sup>13</sup>. Il qualifie de la même manière ses explications scientifiques, qui se fondent sur des notions claires et distinctes. Descartes ne reprend pas simplement la conception galiléenne de la science. On connaît ses critiques sévères à l'égard du savant italien. L'accent est mis sur d'autres traits de la « science nouvelle ». Les maîtres-mots de Descartes sont « clarté » et « distinction ». Si le second terme comprend l'idée de précision, Descartes en fait un usage différent : sa principale tâche est de ramener toutes les propriétés physiques à des notions mathématiques ou à des notions mathématisables ; l'expérience est rigoureusement encadrée par la théorie. Il nous semble que Descartes met en avant une autre valeur, la complétude. Il n'en reste pas moins que le vocabulaire galiléen se répand. Au cours de la première moitié du XVII<sup>e</sup> siècle, le substantif « exactitude » est forgé pour répondre à une préoccupation nouvelle. Ainsi qu'en témoigne Vaugelas en 1647 : « C'est un mot que j'ai vu naître comme un monstre »<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> Cicéron représente un moment important dans cette évolution. Voir Carlos Lévy, « Cicéron, créateur du vocabulaire latin de la connaissance : essai de synthèse », dans *La langue latine, langue de la philosophie*, P. Grimal (dir.), Rome, École française de Rome, 1992, p. 91-106. Je remercie S. Luciani de m'avoir indiqué cet article.

<sup>13</sup> René Descartes, « Lettre au P. Mersenne du 15 avril 1630 », dans *Œuvres*, éd. C. Adam et P. Tannery, Paris, Vrin, vol. 1, p. 141. Il ne semble pas que Descartes ait rendu compte précisément de ces expériences ; cf. *Principes de la philosophie*, dans *Œuvres*, vol. 9, IV, art. 63. Pour d'autres occurrences significatives dans l'œuvre publiée, on signalera par exemple : *Discours de la méthode*, dans *Œuvres*, vol. 6, p. 63, 72.

<sup>14</sup> Claude Favre de Vaugelas, *Remarques sur la langue française* (1647), Paris, Droz, 1934, p. 239.

La science nouvelle est un phénomène européen. On relève un discours analogue en Angleterre. Ainsi peut-on citer Robert Boyle, le chef de file de la tradition expérimentale :

« La certitude et l'exactitude [*accurateness*], qui sont attribuées à ce que [les mathématiciens] formulent, doivent être circonscrites à ce qu'ils enseignent au sujet des disciplines purement mathématiques, l'arithmétique et la géométrie, dans lesquelles sont envisagées abstraitement les modifications de quantité. Mais nous ne devons pas attendre des mathématiciens la même exactitude lorsqu'ils formulent des observations au sujet des choses dont la matière et ses autres propriétés doivent être envisagées, et pas seulement la quantité et la figure »<sup>15</sup>.

On note que l'exactitude touche à la question du rôle des mathématiques dans les sciences de la nature. Boyle revendique l'importance de l'expérimentation, qui fait l'objet de vifs débats à l'époque. La base factuelle de la science traditionnelle est trop étroite ; il faut enrichir notre savoir de données nouvelles. Les formulations mathématiques ne doivent pas être substituées aux recherches expérimentales ; ce sont deux formes d'activité nécessaires à la science, qui doivent garder leur autonomie. Mais l'idée d'exactitude revient encore lorsqu'on examine le rapport entre les données expérimentales et les prédictions théoriques. Il y a un degré d'approximation qu'on peut estimer satisfaisant. La bonne évaluation de cette précision est un élément essentiel de la crédibilité du savant.

À l'époque où Boyle mettait la dernière main à sa conception de la science expérimentale, Newton commençait à concevoir sa théorie de la gravitation universelle. On sait que celui-ci a différé pendant une vingtaine d'années la publication de ses résultats, faute d'un accord satisfaisant entre ses prédictions et les données disponibles alors. Ses *Principes mathématiques de philosophie naturelle* renferment des résultats théoriques et expérimentaux décisifs ainsi que des considérations philosophiques qui touchent à notre problème. À cet égard, la préface à la première édition de 1687 mérite une lecture attentive.

Bien que placée en tête d'un des ouvrages les plus célèbres, cette préface a été peu remarquée par les historiens des sciences. Elle est en effet assez déroutante : le caractère littéraire contraste avec la suite du texte difficile et technique, mêlant démonstrations géométriques et observations empiriques. De surcroît, il n'est pas sûr que Newton ait réussi cet exercice de style. Les attaques contre son livre ont été nombreuses et ont

<sup>15</sup> Robert Boyle, « Two essays, concerning the unsuccessfulness of experiments » (1661), cité par Steven Shapin, *A social history of truth*, University of Chicago Press, 1994, p. 341 ; je traduis. Boyle utilise, semble-t-il indifféremment, *accurateness*, *exactness* et *preciseness*.

émané de savants éminents. Newton devra appeler à la rescousse son disciple Roger Cotes, qui rédigera, pour la seconde édition, une nouvelle préface plus longue et plus combative.

Newton se réclame de Pappus d'Alexandrie pour tenter de valoriser la mécanique par rapport à la géométrie, le concret par rapport à l'abstrait, l'expérience par rapport à la théorie. On lit en effet dans *La collection mathématique* de celui-ci :

« La théorie mécanique [...] étant utile aux choix multiples et importants qui se présentent dans la vie, [...] mérite à juste titre la plus grande faveur chez les philosophes, et fait l'ambition de tous les mathématiciens, parce qu'elle est pour ainsi dire la première qui s'applique aux recherches physiques sur la matière constituant les éléments du Monde »<sup>16</sup>.

Mais Newton dépasse Pappus en reliant de façon exemplaire travail expérimental et développement mathématique. Sont mis en contraste les savants de l'Antiquité et des temps modernes. Rappelons que la même année Perrault publie *Le siècle de Louis le Grand*, moment fort de la querelle des anciens et des modernes. La préface de Newton présente des effets rhétoriques manifestes. Mais ce qui nous intéresse ici c'est le terme « exact » ou « *accuratus* », qui scande cette préface<sup>17</sup>. Citons le passage principal : « La géométrie est fondée sur une pratique mécanique, et elle n'est autre chose qu'une branche de la mécanique universelle qui traite et qui démontre *exactement* l'art de mesurer »<sup>18</sup>.

Il se peut que Newton se soit souvenu du mot « exactitude » ou « *accuratezza* » employé par Galilée. Il est certainement plus proche de la conception galiléenne de la science que de celle de Descartes. Son texte fait écho à la célébration par Galilée des artisans de l'arsenal de Venise au début des *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*. L'exactitude en vient à caractériser la science newtonienne, qui va s'imposer progressivement à l'ensemble de la communauté scientifique au cours de la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle. À cette notion s'attacheront plusieurs débats philosophiques : la nature des objets mathématiques, le rapport entre

<sup>16</sup> Pappus d'Alexandrie, *La collection mathématique*, trad. P. Ver Eecke, Paris, Blanchard, 1982, livre 8, p. 809.

<sup>17</sup> On ne relève pas moins de neuf occurrences dans la version latine de ce texte qui ne compte que deux pages. La marquise du Châtelet, qui nous a donné la première traduction française en 1749, en a éliminé plus de la moitié, sans doute par souci d'élégance.

<sup>18</sup> Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, éd. A. Koyré et I.B. Cohen, 2 vol., Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1972 ; *Principes mathématiques de philosophie naturelle* (1749), trad. G.M. de Breteuil, marquise du Châtelet, Paris, Gabay, 1989, p. XV. Nous rétablissons cette occurrence du mot « *accurate* », omise par la marquise dans sa traduction.



les mathématiques et la réalité concrète, l'extension du modèle newtonien à d'autres disciplines.

### 3. *La précision chez les épistémologues*

Avec le développement de la philosophie des sciences au XIX<sup>e</sup> siècle se met en place une réflexion critique sur la nature de l'activité scientifique. Auguste Comte en représente une étape. Dans un passage central du *Discours sur l'esprit positif*, Comte distingue cinq acceptions : le réel par opposition au chimérique, l'utile par opposition à l'oiseux, le certain par opposition à l'indécis, le précis par opposition au vague et le positif par opposition au négatif. Et il ajoute aussitôt une sixième acception : le relatif par opposition à l'absolu. Nous reviendrons sur la précision, mais il convient tout d'abord de comprendre cette caractérisation. Comte ne cherche pas à faire une analyse linguistique du terme positif : il ne recense pas l'ensemble des sens usuels du terme et n'en dévoile pas l'étymologie. Est laissée de côté, par exemple, la différence entre ce qui a été établi par institution et ce qui résulte spontanément de l'ordre des choses reflété par le contraste entre droit positif et droit naturel. Comte a pour souci de marquer des tendances ; il admet des gradations entre les différents sens<sup>19</sup>. Le langage naturel est vague ; le philosophe formulera des recommandations sans toutefois sortir du cadre de ce langage. Comte ne nous propose pas une analyse logique du langage de la science.

Recensons ces remarques. Le réel exprime une délimitation de la science ; on ne s'occupe que de problèmes accessibles. Comte vise par là à exclure la métaphysique. L'utile, à son tour, traduit le refus d'une science uniquement théorique. Ainsi, Comte critique la distinction habituelle entre science pure et science appliquée. Il préfère parler de science abstraite et de science concrète, afin d'éviter l'idée d'une subordination. La science est une entreprise collective, et sa valeur doit être jugée à ses retombées concrètes. Enfin, le certain renvoie aux procédés scientifiques de démonstration et de confirmation. En même temps, Comte peut souligner derechef l'importance de l'action : la certitude est ce qui rend possible une décision sûre.

Qu'entend Comte par « précision » ?

« Une quatrième acception ordinaire [...] consiste à opposer le précis au vague : ce sens rappelle la tendance constante du véritable esprit philosophique à obtenir partout le degré

<sup>19</sup> Le second sens est « très voisin du précédent », la quatrième acception est « trop souvent confondue avec la précédente », Auguste Comte, *Discours sur l'esprit positif* (1844), Paris, Vrin, 1995, p. 121-122.

de précision compatible avec la nature des phénomènes et conforme à l'exigence de nos vrais besoins ; tandis que l'ancienne manière de philosopher conduisait nécessairement à des opinions vagues, ne comportant une indispensable discipline que d'après une compression permanente, appuyée sur une autorité surnaturelle »<sup>20</sup>.

Comte dénonce toute tentative de chercher un fondement métaphysique en Dieu ou dans la nature. La précision doit être rapportée à la connaissance scientifique. Elle est susceptible d'une gradation, et il convient d'en donner une évaluation rigoureuse : une précision mesurée et maîtrisée. Du vague à l'exact, telle est la marche de la science.

Or Bachelard, dans son *Essai sur la connaissance approchée*, commente le passage du *Discours sur l'esprit positif* qui a retenu notre attention :

A. Comte énumère quatre caractères généraux de l'esprit positif : réalité, utilité, certitude, précision. C'est peut-être le quatrième caractère qui, dans les phénomènes mesurés, entraîne tous les autres. En effet, les résultats d'une mesure peuvent être parfois si précis qu'on ne tient nul compte des erreurs très petites qui les entachent encore. Ces mesures, sans divergence sensible, donnent lieu, sans discussion, à un consensus général. C'est par la mesure précise que l'objet peut se révéler comme permanent et fixe, c'est-à-dire qu'il est vraiment reconnu comme objet [...]. La précision emporte tout, elle donne à la certitude un caractère si solide que la connaissance nous semble vraiment concrète et utile ; elle nous donne l'illusion de toucher le réel<sup>21</sup>.

Bachelard souligne la précision ; les autres caractères lui sont subordonnés. En effet, il ne rejette pas la métaphysique, et son but n'est pas de tracer des limites à la connaissance scientifique. La science surmonte les obstacles, renouvelle les conditions du savoir et transforme les valeurs rationnelles. Si Bachelard retient la précision parmi les traits de l'esprit scientifique, il en approfondit la nature. Il montre comment cette notion reçoit constamment de nouvelles significations.

L'intérêt porté par les épistémologues au problème de la connaissance scientifique à partir du XIX<sup>e</sup> siècle permet de mieux cerner la nature de l'exactitude. Il s'agit d'une exactitude de l'approximation. Le recours au langage mathématique assure à la physique une remarquable efficacité : on s'efforcera d'amener les autres sciences à ce degré de développement. Mais cette mathématisation n'est pas sans conséquences, et l'expérimentateur doit en tenir compte. Les êtres mathématiques sont d'une exactitude absolue, d'une précision infinie. En revanche, notre perception connaît des limites. Certes, les instruments scientifiques peuvent grossir un phénomène, améliorant nos capacités d'observation. Il n'en demeure pas moins que nos lectures sont toujours

<sup>20</sup> *Ibid.*, p. 121-122.

<sup>21</sup> Gaston Bachelard, *Essai sur la connaissance approchée* (1928), Paris, Vrin, 1987, p. 52. Bien entendu, il laisse de côté le positif et le relatif.

entachées d'imprécision. L'instrument a permis de réduire l'imprécision, non de l'éliminer. Le physicien doit prendre en compte cette incertitude. Il le fera habituellement en nous livrant une fourchette de valeurs.

On opposera la précision mathématique à l'à-peu-près physique. Il y a lieu de prendre en compte la correction des valeurs et le calcul du degré d'approximation. Ce ne sont pas les données brutes de l'observation que retient le scientifique. Il corrige les données en fonction des contraintes de son dispositif expérimental et il détermine leur caractère. Il en résulte une représentation mathématique plus complexe. Bachelard prolonge cette perspective : il note que l'accroissement de la précision présente les mêmes bouleversements et les mêmes discontinuités que les autres aspects de l'activité scientifique.

On repère ici une transformation fondamentale qui consiste dans le passage d'une conception métaphysique de l'exactitude à sa rigoureuse compréhension épistémologique. Il ne s'agit plus d'une réplique de la réalité, ni d'une équivalence entre l'esprit et la chose. La représentation est abstraite ; elle concerne les lois expérimentales. La correspondance entre la théorie et les propriétés du monde est complexe. Enfin, la vérité de la théorie dépend de procédures de confirmation. La science vise une exactitude sans cesse accrue, mais elle doit tenir compte de la complexité des phénomènes et de ses propres moyens d'exploration : l'établissement des résultats empiriques doit s'accompagner d'une détermination rigoureuse du degré d'approximation obtenu.

### *Conclusion*

Au cours de cette étude, nous avons tenté de montrer comment s'est constitué un nouveau discours sur la science. Les fondateurs de la science moderne se sont opposés à l'aristotélisme dominant à leur époque. Ils se sont saisis de la notion d'exactitude et de ses équivalents, afin de caractériser leur projet. Ainsi ont-ils transformé le discours habituel au sujet de la science. Il nous semble légitime de parler de la construction de la science moderne, mais nous insistons sur le fait que cette construction est sociale et rationnelle. Il s'agit de l'émergence d'une activité sensiblement différente de la science d'Aristote, ayant son propre style de raisonnement.

La révolution scientifique des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles peut être envisagée comme la substitution de valeurs nouvelles aux valeurs anciennes. L'exactitude est tout à la fois une exigence rationnelle, la caractérisation d'une forme particulière d'activité et la justification d'un choix. On pourrait examiner d'autres valeurs rationnelles – la cohérence, la puissance prédictive, la complétude. Nous y découvririons de semblables transformations. La science des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles va considérablement modifier notre conception de l'exactitude. D'une vision pour ainsi dire métaphysique, selon laquelle la science dévoilerait directement les structures de la réalité, on passe à une précision approchée.

Aristote prétendait que les corps lourds tombent parce qu'ils ont tendance à rejoindre leur lieu naturel ; Galilée a décrit en langage mathématique le déroulement de cette chute. La mise en avant de la précision quantitative marque le passage de la philosophie naturelle à la science moderne. C'est une révolution scientifique. On approfondit progressivement l'opération de mesurer, en explicitant ses différents moments logiques et ses conditions de possibilité. Généralement, une mesure en physique est accompagnée de l'indication de son degré de précision. Ainsi passe-t-on d'une notion vague de la matière au concept de masse. Celui-ci reçoit une caractérisation rigoureuse à travers la loi newtonienne de la force et l'usage de techniques de mesure.

Le domaine de la précision s'étend de la mécanique proprement dite (le mouvement des corps sous l'effet des forces) à d'autres phénomènes physiques (la chaleur par exemple, qui est perçue par nous comme une qualité susceptible d'intensités différentes). De nouveaux domaines sont progressivement soumis aux méthodes quantitatives. La chimie suit le modèle de la physique, et des notions comme « pureté » qui s'opposait simplement à « impureté » admettent désormais des gradations : on définira le degré de pureté.

Ce changement a été nettement marqué par les philosophes des sciences. Je rappellerai pour terminer cette citation de Bachelard :

« Aucun résultat expérimental ne doit être énoncé sur un mode absolu, en le détachant des diverses expériences qui l'ont fourni. Il faut même qu'*un résultat précis* soit indiqué dans la perspective des diverses opérations qui, d'abord imprécises, ensuite améliorées, ont

donné le résultat retenu. Aucune *précision* n'est nettement définie sans l'histoire de l'imprécision première »<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Bachelard, *La philosophie du non* (1940), Paris, PUF, 1994, p. 72 ; je souligne.