CAHIERS DU SÉMINAIRE D'HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

LUDOVICO GEYMONAT

Les débuts de la physique mathématique : considérations méthodologiques et philosophiques

Cahiers du séminaire d'histoire des mathématiques 1re série, tome 3 (1982), p. 27-42

<http://www.numdam.org/item?id=CSHM_1982__3__27_0>

LES DEBUTS DE LA PHYSIQUE MATHEMATIQUE : CONSIDERATIONS METHODOLOGIQUES ET PHILOSOPHIQUES

par Ludovico GEYMONAT*

1. Tout le monde connaît l'influence que le platonisme, en polémique avec l'aristotélisme, a exercé au XVII s. sur la naissance de la science. Cette polémique ne doit pas nous faire oublier que l'aristotélisme avait, lui aussi, un grand intérêt pour la nature et pour l'observation des phénomènes, mais il ne reconnaissait pas aux mathématiques la fonction d'instrument pour la connaissance de la nature ; en effet, selon cette philosophie, il y a une vraie coupure insurmontable entre les concepts mathématiques, essentiellement abstraits, et les phénomènes concrets caractérisables par leurs qualités et non par leurs quantités.

Aussi, la physique de l'*impetus*, qui avait essayé de corriger celle de l'aristotélisme par les arguments de Jean Philopon, et qui, au Moyen-âge avait été amplement développée par l'Ecole parisienne du XIV s. (Oresme etc.), était incompatible avec une méthode mathématique.

Au contraire, le platonisme soulignait la fonction essentielle des mathématiques dans la connaissance de la nature, et c'est justement en cela qu'on l'opposait nettement à l'aristotélisme. Nous pouvons lire, dans une page de Jacopo Mazzoni (auteur d'un livre sur Platon et Aristote, publié en 1597), page citée par Koyré, la déclaration suivante très instructive : " Il est bien connu que Platon croyait que les mathématiques sont particulièrement appropriées aux recherches de la physique, ce pourquoi lui-même y eut recours à plusieurs reprises pour expliquer des mystères physiques. Mais Aristote soutenait un point de vue tout à fait différent, et expliquait les erreurs de Platon par son trop grand attachement aux mathématiques ".

Si nous tenons compte de l'importance que l'application des mathématiques

* Conférence donnée le 25 mars 1981 au Séminaire d'Histoire des Mathématiques.

à la mécanique a eue chez Galilée et chez Descartes, et si nous tenons compte aussi qu'à l'époque, la physique se réduisait à la mécanique, nous pouvons comprendre, sans difficulté, pourquoi l'on pense généralement que le platonisme est à l'origine de la naissance de la physique moderne. Comme tout le monde le sait, cette thèse a été soutenue, avec une très remarquable profondeur, par Alexandre Koyré.

Comme S. Drake, j'ai soulevé plusieurs fois quelques critiques contre la thèse en question de Koyré, en particulier à propos de Galilée; pourtant, je n'ai aucune difficulté à reconnaître qu'elle a constitué un tournant fondamental pour l'historiographie scientifique de notre époque comme je l'ai déclaré dans le compte-rendu de l'oeuvre de Koyré, <u>Etudes d'histoire de la pensée scientifique</u> publié dans le numéro de juin 1975 des <u>Archives internationales d'histoire des sciences</u>.

Je désire rappeler ici une de ces critiques : elle concerne la thèse de Koyré selon laquelle il ne serait pas vrai que la révolution scientifique découlât de la transformation, achevée pendant la Renaissance, de l'attitude de l'esprit humain devant la nature : " la vie active prenant la place de la vie contemplative, qui avait été considérée jusqu'alors comme sa forme la plus haute ... [cette attitude , poursuit Koyré] est davantage celle de Bacon que celle de Galilée ou de Descartes. Leur science n'est pas le fait d'ingénieurs ou d'artisans, mais d'hommes dont l'oeuvre dépassa rarement l'ordre de la théorie ".

Je crois que cette thèse ne peut être acceptée parce qu'il y a, surtout chez Galilée, plusieurs épisodes de sa vie qui démontrent qu'il a beaucoup appris des artisans ; il suffit de penser à ce qu'il a appris à propos de la construction de sa lunette astronomique, ou encore à ce que , selon lui, on peut apprendre en fréquentant l'arsenal de Venise. Voici les paroles par lesquelles commence la première journée des <u>Discours concernant deux sciences nouvelles</u> :"Quel large champ de réflexions me paraît ouvrir aux esprits spéculatifs la fréquentation assidue de votre fameux arsenal, seigneurs Vénitiens, et particulièrement le quartier des ' travaux mécaniques ' ".

Justement à propos de cette oeuvre,qui est sans doute la plus importante de Galilée du point de vue scientifique,j'ai soutenu d'ailleurs,de façon assez hardie, il y a plusieurs années, avec Adriano Carugo, lorsque nous avons édité les Discours, qu'il s'agit essentiellement d'un traité pour ingénieurs. Aujourd'hui, j'en suis encore plus convaincu, après mes longues études sur les rapports dialectiques entre la théorie et la pratique, que j'ai achevées sur la base des textes marxistes.

2. En ayant reconnu l'importance, en genéral, des mathématiques dans la naissance de la science moderne, nous pouvons maintenant essayer d'exposer, même très brièvement, les analogies et les différences entre la façon de comprendre la justification de l'application des mathématiques à l'étude de la nature chez Galilée et chez Descartes d'une part, et, de l'autre, dans le platonisme et le pythagorisme.

Selon ces deux courants philosophiques, souvent considérés comme presque identiques, l'application des mathématiques à la physique trouvait son fondement dans la constitution même de la réalité. En d'autres termes : c'est parce que la réalité est constituée de nombres (je souligne : de nombres et non pas de matière) que l'on peut la connaître par les mathématiques. Ou encore : c'est la constitution métaphysique de la réalité qui justifie l'application en question.

Or, il est vrai que, dans une page fameuse du Saggiatore, Galilée affirme que le " livre de la nature " est écrit en langue mathématique ; mais j'ai essayé plusieurs fois de démontrer - par une analyse ponctuelle du texte galiléen - qu'il n'y a dans cette page aucun appel à la métaphysique. En effet, le but de Galilée est seulement celui de souligner la profonde différence existant entre le livre de la nature, où est écrite la philosophie (livre dans lequel le principe d'autorité n'a pas la moindre validité), et les livres des poètes. A mon avis, on n'a pas le droit de transformer cette similitude en une thèse métaphysique.

D'autre part, il est bien connu que Galilée a dédié de nombreuses pages de la première journée des Discours à l'étude de la constitution de la matière, pour expliquer la variation de la résistance des corps de mêmes matériaux losque varie leur dimension. Or, dans ces pages il emploie sans aucun doute de subtiles argumentations mathématiques, mais il ne postule jamais que la matière se réduise à de simples entités mathématiques.

Donc, selon moi, s'il est vrai que Galilée a été influencé par le mathématisme de Platon et de Pythagore, il n'est pas juste toutefois de le considérer comme un platonicien ou un pythagoricien.

Pour Descartes, les choses sont assurément différentes, car il est à la fois un scientifique et un métaphysicien ; et il est certain que sa physique se base sur sa conception philosophique de la réalité. Mais, selon moi, cette conception est irréductible à la conception du platonisme ou du pythagorisme. En effet, s'il est hors de doute que la physique cartésienne se base sur la géométrie, parce que Descartes interprète la matière comme extension, il me semble aussi hors de doute que notre auteur se refuse nettement à confondre la géométrie avec l'arithmétique. Dans une lettre qu'il adressa à Mersenne le 23 août 1638, nous pouvons lire ces mots : " j'ay écrit une géométrie et non pas une arithmétique".

En conclusion : je ne crois pas que la physique mathématique, comme nous la trouvons chez Galilée et chez Descartes, soit une dérivation directe du platonisme et du pythagorisme. Nos deux auteurs ont sans doute subi l'influence de ces courants philosophiques, mais cette influence ne nous explique pas le mode caractéristique d'argumentation que l'on peut trouver chez Galilée et chez Descartes : mode d'argumentation que l'on peut considérer comme le début de la physique mathématique moderne.

Alors, où devrons-nous chercher ce début ? Et, préalablement, quelle est la façon de procéder qui caractérise la physique mathématique ?

3. J'ai souligné, contre la thèse de Koyré, qu'il y a au début du XVII s. des rapports très étroits entre la science et la technique ; néanmoins, ceci ne signifie pas qu'elles soient la même chose, mais que la science doit se servir des suggestions de la technique pour les élaborer d'une façon rationnelle. Cette élaboration rationnelle, c'est précisément la tâche de la physique mathématique, et c'est surtout à Descartes que revient le mérite de nous l'avoir très clairement expliqué.

Dans le premier Discours de sa Dioptrique, Descartes, en reconnaissant toute l'importance des lunettes qui nous ont permis de découvrir de nouveaux astres dans le ciel, et de nouveaux objets sur la terre, affirme qu'il est honteux pour la science de ne pas avoir été capable de construire elle-même ces instruments. Voici les paroles de Descartes : " Il n'y a point de doute que les inventions qui servent à augmenter sa puissance [la puissance du sens de la vue] ne soient des plus utiles qui puissent estre. Et il est malaisé d'en trouver aucune qui l'augmente davantage que celle des lunettes qui, n'étant en usage que depuis peu, nous ont desia découvert de nouveaux astres dans le ciel et d'autres nouveaux objets dessus la terre, en plus grand nombre que ne sont ceus que nous y avions veus auparavant...Mais, à la honte de nos sciences, cete invention, si utile et si admirable, n'a premièrement esté trouvée que par l'expérience et la fortune ".

Que l'on puisse, ou non, parler de honte, c'est quand même un fait incontestable, que dans ce cas (comme dans plusieurs autres) la science a appris quelque chose de très important de la technique.

Dans la quatrième journée des Discours , Galilée affirme (par les paroles de Sagredo, un des trois interlocuteurs du dialogue) que le résultat, obtenu dans la recherche théorique de l'inclination des tirs de portée maximum, était déjà connu des techniciens, ce qui démontre encore une fois les rapports existant entre la science et l'expérience. Voici les paroles de Sagredo (dans la traduction de Clavelin) : " je savais déjà, sur la foi des récits de plusieurs canonniers, que parmi tous les tirs courbes accomplis avec une pièce d'artillerie ou un mortier, le plus grand, c'est à dire celui qui projette le boulet le plus loin, est obtenu par l'élévation de 45 degrés..."

Et Galilée ajoute immédiatement après : " mais d'en apprendre ainsi la raison, l'emporte infiniment sur la simple connaissance due aux rapports d'autrui et même à une expérience maintes fois répétée. "

Dans la Dioptrique Descartes se propose, lui aussi, de nous apprendre la raison du fonctionnement du télescope et lui aussi, comme Galilée, cherche cette raison dans l'investigation mathématique de ce phénomène.

Je crois qu'il y a ici, dans l'investigation mathématique de chaque phénomène de la nature, investigation accomplie dans le but de comprendre la raison de tel phénomène, la naissance de la discipline que nous appelons physique mathématique. Il ne s'agit pas d'affirmer que l'essence de la nature toute entière est constituée par les mathématiques, mais d'utiliser les mathématiques pour comprendre la raison de chaque phénomène. En d'autres termes : le problème qu'on aborde ici est un problème local et non global.

4. Mais que doit-on entendre par l'expression " comprendre la raison d'un phénomène " ?

En poursuivant la lecture de la Dioptrique de Descartes, nous voyons que, dans le but d'expliquer le phénomène de la vision en général, il ne croit pas nécessaire d'analyser la vraie nature objective de la lumière,mais seulement de décrire quelques comparaisons qui peuvent nous aider à concevoir les propriétés que l'expérience nous fait connaître, et, comme nous le verrons, c'est précisément le recours aux modèles qui est l'instrument fondamental employé par la physique-mathématique pour nous faire comprendre la raison des phénomènes.

Je crois qu'il y a ici un exemple très significatif, de ce que nous sommes habitués à appeler modèles, et qu'il est intéressant de rapporter, tout d'abord, le passage par lequel Descartes introduit ses argumentations : " Je crois qu'il suffira que je me serve de deux ou trois comparaisons, qui aydent à la concevoir [la lumière] en la façon qui me semble la plus commode pour expliquer toutes celles de ses propriétés que l'expérience nous fait connaître et pour déduire ensuite toutes les autres qui ne peuvent pas si aysément estre remarquées ; imitant en cecy les Astronomes, qui, bien que leurs suppositions soyent presque toutes fausses ou incertaines, toutefois, à cause qu'elles se rapportent à diverses observations qu'ils ont faites, ne laissent pas d'en tirer plusieurs conséquences tres vrayes et tres assurées ".

Evidemment, il n'est pas nécessaire d'exposer ici les modèles particuliers que Descartes nous propose. Il ne s'agit pas, en effet, de juger la validité de ses modèles, mais de comprendre - en partant d'un de ses modèles (par exemple le premier) - la fonction générale des modèles.

Il nous propose de réfléchir sur ce que fait un aveugle pour se promener dans un endroit qu'il ne connaît pas. Cet homme devra s'aider avec un bâton, qui, dans une certaine mesure, pourra substituer la vue dont il manque. Alors, Descartes nous conseille de penser que les rayons lumineux agissent comme le bâton en question. Et ensuite, en partant de cette comparaison, il arrive à formuler les lois que la lumière devra suivre pour se transmettre du corps lumineux jusqu'à nos yeux.

Voici la page de Descartes :

" Il vous est bien sans doute arrivé quelque fois, en marchant de nuit sans flambeau, par des lieux un peu difficiles, qu'il fallait vous ayder d'un baston pour vous conduire, et vous avés pour lors pù remarquer, que vous sentiés, par l'entremise de ce baston, les divers objects qui se rencontroyent autour de vous...Il est vray que cete sorte de sentiment est un peu confuse et obscure, en ceus qui n'en ont pas un long usage ; mais considérés la en ceus qui, estant nés aveugles, s'en sont servis toute leur vie, et vous l'y trouverés si parfaite et si exacte, qu'on pourrait quasi dire qu'ils voyent des mains, ou que leur baston est l'organe de quelque sixiesme sens, qui leur a esté donné au défaut de leur veüe. Et pour tirer une comparayson de cecy, ie désire que vous pensiés que la lumière n'est autre chose, dans les corps qu'on nomme lumineux, qu'un certain mouvement ou une action fort prompte et fort vive, qui passe vers nos yeux, par l'entremise de l'air et des autres corps transparens, en mesme façon que le mouvement ou la résistance des corps, que rencontre cet aveugle, passe vers sa main, par l'entremise de son baston !!

Il faut souligner le verbe " penser ", parce que c'est justement ici qu' on doit chercher la clef pour comprendre le fonctionnement des modèles.

En bref : on imagine un modèle le plus intuitif possible, du phénomène considéré, c'est à dire on suppose que ce phénomène se déroule justement comme se déroule le modèle, et on déduit rigoureusement les conséquences qui dérivent de cette hypothèse ; si l'on peut vérifier ces conséquences dans l'expérience, on en conclut que le modèle a expliqué la raison du phénomène.

A mon avis, Galilée n'est pas , sur ce point, aussi clair que Descartes. Mais nous trouvons quand même dans ses oeuvres certaines allusions qui me semblent très significatives. Je pense surtout à deux allusions : celle qu'il fait au caractère hypothétique du modèle, et l'autre, au caractère naturel des hypothèses par lesquelles on construit ce modèle .

Losque , par exemple, dans une lettre célèbre à Giovanni Battista Baliani du 7 janvier 1639, il avoue avoir argué <u>ex suppositione</u> sur le mouvement, l'on pourrait dire qu'il avait conscience - bien qu'il ne s'agissait pas d'une conscience totalement claire - que toutes ses définitions de mouvement uniforme, de mouvement naturellement accéléré etc. étaient essentiellement un modèle : c'est à dire un modèle mathématique, bien entendu, mais néanmoins un modèle.

Il est intéressant de remarquer qu'après avoir donné dans la troisième journée des <u>Discours</u>, la définition du mouvement naturellement accéléré, Galilée affirme avoir choisi cette définition au lieu d'une autre parce qu'il avait été conduit à elle " comme par la main " en observant le déroulement de l'expérience : en d'autres termes, il avait choisi ce modèle là parce qu'il était le plus intuitif et le plus naturel. Mais il ajoute, dans la lettre à Baliani, que sa définition restera cependant seulement une hypothèse, jusqu'au moment où il sera possible de constater que les conséquences qui en dérivent sont vérifiées par les faits.

5. L'expression physique mathématique, qui a été introduite dans la science par Ampère au XIX s., peut nous tromper, en concentrant toute notre attention sur l'adjectif " mathématique ". Je crois, au contraire, que le point essentiel à retenir c'est le recours aux modèles, comme nous l'avons vu dans la page de Descartes que j'ai eu l'honneur de vous lire.

Evidemment, s'il s'agit d'un modèle mathématique, comme nous en avons de nombreux dans la physique mathématique de notre siècle, alors il va de soi que les mathématiques auront dans ce cas là une position centrale, et que l'on pourra utiliser, dans l'étude de ce modèle, différents chapitres de la science mathématique moderne (par exemple : le calcul fonctionnel, la topologie, le calcul des probabilités, etc.). Mais, en général, les mathématiques auront surtout la fonction d'instrument permettant de déterminer exactement les conséquences qui sont entraînées par les hypothèses dont le modèle est constitué. Ceci est en plein accord avec la thèse de Galilée, selon laquelle, dans les démonstrations mathématiques, " où l'on parvient à des conclusions indubitables, où l'on fait des paralogismes " de sorte " qu'il est nécessaire en peu de mots rester Caesar ou rien ".

Ce que j'ai dit sur la fonction des mathématiques est d'autre part confirmé par la structure même de la <u>Dioptrique</u>, qui emploie très peu de mathématiques, et qui, toutefois, peut être considérée, pour cette époque, comme un admirable exemplaire de physique mathématique.

Donc, comme je l'ai déjà dit, ce qui caractérise la physique mathématique c'est, à mon avis, la construction d'un modèle hypothétique le plus intuitif possible du phénomène que l'on veut expliquer : modèle que nous imaginons en tenant compte de l'expérience, mais que celle-ci n'est pas en mesure de nous imposer.

Pourtant, la physique mathématique ne construit pas seulement des modèles d'un quelconque phénomène particulier : elle construit aussi des théories qui sont - pour ainsi dire - des modèles de toute une large catégorie de phénomènes.

Les modèles de ce nouveau type conservent le caractère hypothétique du modèle dans le sens de Descartes, mais dans le cas général, ils perdent, au moins partiellement, leur caractère intuitif. Il devient alors nécessaire de formuler un certain nombre de principes (ou axiomes, ou postulats), qui n'ont plus le but de nous donner une image directe de toute la catégorie (trop compliquée) des phénomènes pris en considération, mais seulement le but de constituer la base d'un grand édifice où chacun de ces phénomènes devra trouver sa place. Et l'on dira qu'un phénomène est expliqué lorsqu'il aura effectivement trouvé sa place dans l'édifice en question.

6. Qu'arrive-t-il lorsque les conséquences qu'on tire d'un modèle sont vérifiées dans l'expérience ? Sans doute, on éprouve la tentation de croire que le modèle correspond exactement à la réalité. Mais, à propos de cette tentation, il faut distinguer entre le modèle d'un phénomène particulier ou d'un groupe particulier de phénomènes, et le modèle d'une catégorie générale de phénomènes, c'est à dire le modèle constituant une authentique théorie.

Dans le cas d'un modèle d'un groupe particulier de phénomènes, c'est assez facile de vaincre la tentation dont nous avons parlé.

En effet, si un modèle réussit à rendre intuitif le déroulement d'un certain groupe particulier de phénomènes, l'on peut presque toujours imaginer un autre modèle, qui aboutit au même résultat par une autre voie. Nous l'avons constaté chez Descartes, qui, en conséquence, s'est parfaitement rendu compte du caractère arbitraire des modèles auxquels on a recours dans la physique mathématique.

Mais la chose est plus difficile à propos d'une théorie, lorsqu'on a pu constater que toutes, ou presque toutes ses conséquences,sont vérifiées dans l'expérience. Il a fallu arriver à la seconde moitié du XIX s. pour comprendre que, dans ce cas aussi, il y a quelque chose d'arbitraire : c'est à dire que les théories qui ont obtenu le plus grand nombre de vérifications sont, elles-aussi, dans une certaine mesure, conventionnelles.

Je crois qu'il est opportun de souligner les profondes différences existant entre cette forme de conventionalisme et la découverte (déjà accomplie au XVII s.) du caractère arbitraire des modèles d'un même phénomène particulier.

On pourrait dire que les savants, qui optent pour un modèle ou pour l'autre, d'un certain phénomène particulier, emploient le même langage pour exposer ces modèles, d'où il dérive que la comparaison des différents modèles est toujours possible : elle est faite sur la base de l'expérience et sur la base du caractère plus ou moins intuitif des hypothèses introduites dans la formulation des modèles en question.

Parfois, le même savant imagine plusieurs modèles, dans l'espoir d'en trouver un qui soit totalement satisfaisant.

Au contraire, le savant conventionaliste croit qu'il est permis de construire deux (ou plusieurs) théories d'une catégorie générale de phénomènes qui sont, tant l'une que l'autre, des théories logiquement cohérentes mais qui se basent sur des axiomes totalement différents, de sorte que ces théories ne sont pas comparables, au moins d'un point de vue rigoureusement théorique.

En d'autres termes : le savant conventionaliste admet que les axiomes généraux d'une théorie scientifique quelconque sont seulement des conventions, et donc qu'ils n'ont rien d'absolu, tandis que le savant qui a recours à plusieurs modèles n'a pas besoin de se prononcer sur le caractère (absolu ou non) des axiomes de la théorie à l'intérieur de laquelle il opère pour construire ses modèles.

L'on pourrait dire que le caractère conventionnel se trouve, dans les deux cas, à deux niveaux différents.

Mais une fois cette différence reconnue, on pourrait nous demander : s'agit-il vraiment de niveaux sans liaison l'un avec l'autre ? Je crois pouvoir répondre que l'histoire des sciences nous démontre qu'il y a effectivement une différence entre ces deux niveaux. Mais, si l'on n'a pas recours à l'histoire (c'est à dire à la pratique),selon moi, le problème est presque insoluble.

7. Un exemple de toutes ces difficultés se trouve chez Newton. Nous nous limiterons à prendre ici en considération ce qu'il écrit à propos de la gravitation, en négligeant ses recherches sur l'Optique.

Le problème que nous abordons peut être résumé en une question : le résultat qu'il a obtenu à propos de la gravitation, dans son oeuvre célèbre Philosophiae naturalis Principia mathematica, doit-il être considéré comme un modèle ou comme une authentique théorie ?

Comme on le sait, le premier livre des Principia a un caractère nettement mathématique. Newton y analyse les mouvements des corps qui tournent autour d'un point selon des lois différentes. Bien entendu, il prête une attention toute particulière au mouvement produit par une force qui soit en proportion inverse au carré de la distance des deux corps qui s'attirent. Mais il considère aussi les mouvements produits par des forces réglées par d'autres formules.

En effet, il se déclare convaincu, qu'en mathématiques, on doit examiner tous les cas, mais - écrit-il à la fin de la section XI du premier livre des Principia - " lorsque l'on passe à la physique, ces rapports doivent être comparés avec les phénomènes, dans le but de savoir quelles conditions des forces conviennent aux différents genres des corps attractifs. Alors seulement il sera permis de discuter d'une façon plus sûre des espèces, des causes, et des raisons physiques des forces ".

En résumé : la longue série des théorèmes démontrés dans les premières sections du premier livre des Principia constitue une sorte de préambule qui est placé avant, dans le but de simplifier la manière de traiter les différentes hypothèses que Newton proposera pour la stucture des forces attractives. En plein accord avec la fonction que Galilée attribuait aux mathématiques , ces théorèmes ont un seul but : celui de nous aider à déterminer clairement les conséquences des différentes hypothèses prises en considération, et en particulier les conséquences de l'hypothèse fondamentale selon laquelle la force d'attraction est en proportion inverse au carré de la distance. Ensuite, dans le troisième livre des Principia, ces conséquences seront comparées aux phénomènes astronomiques, et cette comparaison nous donnera la preuve que la loi, ci-dessus mentionnée, de la proportion inverse au carré de la distance est la seule valable ; ou mieux encore, qu'elle est la cause de l'ordre merveilleux du système du monde.

En réfléchissant au déroulement de toute cette argumentation, on ne peut pas nier qu'il n'y ait là une étroite analogie avec le fonctionnement des modèles, tel que nous l'avons exposé à propos de Descartes.

On pourrait donc en conclure qu'il s'agit d'un modèle authentique : c'est à dire que l'on pourrait affirmer que Newton ne nous a donné rien d'autre qu' un modèle du système du monde.

On pourrait toutefois affirmer d'autre part, qu'il nous a donné quelque chose de plus : c'est à dire, non seulement un modèle, mais une théorie authentique. En effet, il ne se limite pas à prendre en considération un groupe particulier de phénomènes mais une catégorie très large de ceux-ci, c'est à dire la catégorie de tous les mouvements produits par des forces centrales.

De plus, on ne peut pas dire que la théorie de Newton soit basée sur une hypothèse intuitive, comme les modèles de phénomènes particuliers auxquels Descartes, par exemple, avait recours. En effet, s'il est vrai que la célèbre formule de Newton nous semble aujourd'hui très simple, très naturelle, très intuitive, comme doit l'être l'idée-guide d'un modèle quelconque, il faut observer que ce caractère de simplicité etc. n'est valable pour nous, que parce que nous sommes habitués, dès notre jeunesse, à l'apprendre dans les livres de classe. En réalité, elle n'est pas justifiable par sa présumée simplicité, mais seulement par ses succès dans l'expérience.

Les circonstances,auxquelles nous venons de faire allusion,sont-elles en mesure de nous donner le droit d'appeler la construction de Newton " théorie " au lieu de " modèle " ? Ou bien, ces circonstances nous ont-elles démontré qu'entre la notion de modèle et celle de la théorie il n'y a pas de coupure authentique ?

Je crois que si nous voulons trouver entre les deux notions une vraie coupure, il faut que nous la cherchions dans quelque chose qui est extérieur à la structure des modèles et des théories : il faut la chercher dans la foi que Newton et les newtoniens avaient dans la vérité de la théorie en question. Le savant qui a recours à un modèle est généralement conscient du caractère conventionaliste de ce modèle, comme nous l'avons vu pour Descartes. Au contraire, le savant qui construit une théorie est convaincu de la vérité de cette théorie : du moins il en était convaincu jusqu'à l'époque où le conventionalisme a réussi à s'imposer dans les milieux scientifiques.

En ce qui concerne Newton, il est quand même nécessaire de remarquer que, s'il était certainement convaincu de la vérité de sa théorie de la gravitation, il ne prétendait pas affirmer que cette théorie était capable de saisir la réalité profonde du monde. Il avouait, en effet, ne pas vouloir chercher à pénétrer la nature de la gravitation, étant pour lui suffisant d'avoir établi la loi selon laquelle agit la force gravitionnelle : " hypotheses non fingo " .

S'il est vrai que Newton a été influencé par l'école platonicienne de Cambridge (il est probable,en effet, que c'est justement de cette école qu'il a tiré sa conception de l'espace absolu et du temps absolu) , il est toutefois bien loin d'imaginer que la réalité est constituée par des nombres, comme le pensaient les platoniciens et les pythagoriciens. En d'autres termes : il ne partage pas leur interprétation ontologique des mathématiques.

8. Nous pouvons maintenant résumer en cinq points les résultats les plus significatifs auxquels nous sommes parvenus :

1) La physique mathématique du XVII s., même ayant tiré profit de l'importance attribuée aux mathématiques par le Pythagorisme et le Platonisme de l'époque, n'a pas partagé la métaphysique de ces courants philosophiques.

2) La physique mathématique du XVII s. n'a jamais cru pouvoir négliger les données de l'expérience auxquelles elle a toujours attribué une fonction décisive pour juger si une construction théorique a, ou n'a pas, une valeur physique objective.

3) La physique mathématique du XVII s. a plusieurs fois centré ses recherches sur la construction de certains modèles qui, même s'ils n'avaient pas la prétention de représenter exactement la réalité, étaient toutefois en mesure d'aider le savant à expliquer le déroulement des phénomènes.

4) La physique mathématique du XVII s. est aussi parvenue à construire des théories générales, que l'on croyait vraies, non à cause de leur simpli-

cité, mais à cause de leur capacité à expliquer le déroulement de larges catégories de phénomènes sur la base de certains principes (ou postulats, ou axiomes) bien déterminés.

5) Les calculs mathématiques ont exercé une fonction fondamentale dans la déduction des conséquences particulières des modèles et des principes des théories, auxquels nous avons fait allusion dans les points 3 et 4 .

Comme on le sait, c'est justement le conventionalisme du XIX s. qui a fortement critiqué, et,par suite, repoussé comme dogmatique la foi absolue que certains auteurs avaient dans les principes des théories physico-mathématiques de l'époque, et en particulier la foi dans la théorie newtonienne. En même temps, la physique mathématique s'est enrichie de façon remarquable, tant dans la construction des modèles de plus en plus sophistiqués, que dans la construction des théories, surtout grâce à la découverte de domaines expérimentaux jusqu'alors presque inconnus : il suffit de penser à la découverte des phénomènes électromagnétiques.

C'est justement cet enrichissement qui a poussé les philosophes et les savants à réfléchir de façon critique sur la nature de la physique mathématique et sur sa valeur de connaissance. Quelques savants, qui ne voulaient pas accepter le scepticisme des conventionalistes intransigeants, sont arrivés à lui opposer une forme de platonisme renouvelé.

Einstein lui-même, dans la dernière phase de sa vie, a montré un certain penchant pour le Platonisme. Mais il s'agit d'une forme très singulière de Platonisme, parce qu'elle prête attention, au maximum, aux données de l'expérience, comme le démontrent les propres paroles d'Einstein, en 1933, dans son essai sur la méthode de la physique théorique. Voici ses paroles : " Nous devons toujours être prêts à modifier nos connaissances physiques dans le but de pouvoir considérer les faits de manière toujours plus parfaite ".

La réalité est que, dans le but de sortir du dilemme " ou conventionalisme ou platonisme ", il faut avoir recours à une sorte de philosophie plus flexible, plus dialectique, qui soit en mesure d'accorder entre eux les deux caractères ' relatif ' et ' objectif ' de la connaissance scientifique.

Personnellement, je crois que cette sorte de philosophie nous est suggérée par le marxisme, mais il s'agit d'une question que je ne peux pas me permettre d'analyser ici, parce qu'elle nous porterait totalement en dehors du thème de la présente relation.

BIBLIOGRAPHIE

DESCARTES R., *Oeuvres*, publiées par C. Adam et P. Tannery en 13 volumes, Paris, 1897-1913.

GALILEI G., *Opere*, a cura di A. Favaro in 20 volumi, Firenze, 1890-1909.

NEWTON I., *Philosophiae naturalis Principia mathematica*, trad. it. Torino(U.T.E.T.), 1965.

GEYMONAT L., *Storia del pensiero filosofico e scientifico*,in 7 volumi, Milano (Garzanti), 1970-1976, in particolare il vol. II.

GEYMONAT L., *Teoria*, Enciclopedia della scienza e della tecnica, volume 12°, Milano (Mondadori), 1970.

AUTORI VARI, *Modelli*, Enciclopedia della scienza et della tecnica, volume 8°, Milano (Mondadori), 1970.