

MATHÉMATISME ET TOURBILLONS

DANS LES *PRINCIPES DE LA PHILOSOPHIE* DE DESCARTES

ANGE POTTIN

Dans le dernier article de la Seconde Partie des *Principes de la Philosophie*, Descartes énonce : « Que je ne reçois point de principes en Physique, qui ne soient aussi reçus en mathématiques pures et abstraites, afin de pouvoir prouver par démonstration tout ce que j'en déduirai.¹ » Cette citation, et les déclarations similaires qu'on trouve dans l'œuvre de Descartes, a attiré l'attention de nombreux historiens des sciences, notamment de ceux qui étaient soucieux de décrire dans la première moitié du XVII^e siècle un moment de mathématisation de la nature². Cependant, si l'on regarde ce sur quoi elle ouvre, et qu'on lit la Troisième Partie des *Principes*, on trouve un système du monde composé de tourbillons de matière inaccessible à nos sens, et surtout un système dépourvu de métrique précise, qui ne donne pas prise à une mathématisation. Au-delà de l'échec « scientifique » qu'on a pu dénoncer dans cette entreprise³, l'historien se trouve face à un problème de cohérence. Ce

1 *Principes de la Philosophie* [PP], II.64 : AT IX, 101-102.

2 Le représentant le plus célèbre de cette tendance est, en France, Alexandre Koyré. Par « mathématisation de la nature », on peut comprendre la chose suivante : en amont de l'application de procédures mathématiques aux objets, il se déroule au XVII^e siècle un bouleversement touchant à la manière dont les scientifiques se représentent la nature elle-même : de cosmos organisé, elle devient espace homogène et isotrope, gouverné par les seules régularités du mouvement local.

3 La physique cartésienne a fait l'objet de très nombreuses critiques, dès la parution des premiers ouvrages de Descartes. Le reproche central est le suivant : les corpuscules par lesquels il explique le mouvement des corps étant insensibles, Descartes se permet de

problème trouve une expression frappante chez Burt :

Descartes est sur le point de faire les découvertes les plus importantes, mais il ne parvient pas à empêcher ses pensées de divaguer, et son incapacité à maintenir les intuitions excessivement riches qui furent les siennes les rendent stériles, à la fois pour ses propres réalisations, et pour celles de la science en général [...] Au moment crucial ses pensées divaguent, et en conséquence la physique cartésienne a dû être supplantée par celle de la tradition représentée par Galilée et Newton.⁴

Cette citation illustre doublement ce que peut être une lecture non charitable. Du point de vue de l'histoire des sciences, au lieu de comprendre la théorie cartésienne dans ses propres termes, elle va la juger à l'aune d'autres projets scientifiques, ceux de Galilée et de Newton. Du point de vue de l'historien de la philosophie, elle laisse béante une incohérence, sans tenter de la résoudre. Elle dessine alors en creux le projet qui sera le nôtre, celui d'une lecture charitable de la physique cartésienne : c'est-à-dire, celui de faire valoir sa cohérence interne, du point de vue de l'acteur, et en l'analysant uniquement à l'aide des concepts qu'on trouve en son sein. Mais attention, une lecture charitable n'est pas une lecture qui tente à tout prix de sauver la cohérence de l'auteur ; il est tout à fait possible que des tensions viennent travailler *en interne* la théorie. Seulement ces tensions devront, elles aussi, être comprises selon les concepts qui y sont propres.

Nous avons choisi d'interroger plus précisément l'articulation entre cette déclaration et la théorie de tourbillons⁵, car celle-ci fournit selon nous le

construire des hypothèses invérifiables. On verra plus loin comment il tente de répondre à ce genre de critique.

4 BURTT 1932, 109.

5 La théorie des tourbillons de Descartes a peu fait l'objet d'études approfondies. On peut néanmoins citer l'ouvrage de référence AITON 1972, qui retrace l'histoire de cette théorie et de ses reformulations, depuis Descartes jusqu'au milieu du XVII^e siècle.

point d'articulation entre, d'une part, les principes généraux de la physique développés dans le livre II des *Principes*, et d'autre part l'explication des phénomènes qui fera l'objet des livres III et IV. Nous allons procéder en cinq moments : (i) nous définirons ce que nous entendons par le « mathématisme ontologique » cartésien ; (ii) nous verrons en quoi celui-ci fournit la *norme* de la physique des tourbillons ; (iii) nous verrons comment Descartes déduit, à partir de lui, le principe général des tourbillons ; (iv) nous interrogerons les limites de la « déduction », et finalement (v) nous verrons comment le mathématisme opère comme un outil de légitimation de la physique des tourbillons.

1. Le mathématisme ontologique cartésien

Pour commencer notre étude, il est nécessaire de lever une ambiguïté touchant au sens du mathématisme de Descartes. Pour ce faire, revenons au texte de II, 64, qui selon nous est celui qui fournit la formulation la plus complète de ce mathématisme :

Que je ne reçois point de principes en Physique, qui ne soient aussi reçus en mathématiques, afin de prouver par démonstration tout ce que j'en déduirai ; et que ces principes suffisent, d'autant que tous les phénomènes de la nature peuvent être expliqués par leur moyen [...] Car j'avoue franchement que je ne connais aucune autre matière des choses corporelles, que celle qui peut être divisée, figurée et mue en toutes sortes de façons, c'est-à-dire celle que les Géomètres nomment la quantité, et qu'ils prennent pour objet de leurs démonstrations [...] et enfin que, touchant cela, je ne veux rien recevoir pour vrai, sinon ce qui en sera déduit avec tant d'évidence, qu'il pourra tenir lieu de démonstration mathématique.⁶

6 PP, II.64 : AT IX, 101-102.

Disons-le d'emblée : le mathématisme cartésien – et c'est là l'erreur *princeps* de Burtt – n'est pas un appel à la mathématisation⁷. Les principes dont il parle ici ne sont pas des « principes mathématiques » qu'il s'agirait d'appliquer à la physique, mais des principes « *aussi reçus en mathématiques* », c'est-à-dire les principes communs aux deux disciplines différentes que sont la physique et les mathématiques. Ces principes communs sont ceux qui sont élaborés dans la Seconde Partie, et non des axiomes mathématiques exogènes qu'il s'agirait d'incorporer dans la théorie. Si mathématiques et physique peuvent obéir aux mêmes principes, c'est parce qu'ils partagent un même *objet* : à savoir « celui que les Géomètres nomment la Quantité, et qu'ils prennent pour objet de leurs démonstrations ». Le cœur du mathématisme cartésien est donc la théorie de l'extension comme essence de la substance. Comme Descartes nous l'apprend en II, 4, l'essence des choses corporelles réside dans cela, et dans cela seul qu'elles sont étendues en longueur, largeur et profondeur. Autrement dit, l'essence des corps est justement ce qu'ils ont en commun avec les objets de la géométrie, et que II, 64 désigne sous le nom de « quantité »⁸.

2. Le mathématisme, norme de la physique des tourbillons

Mais II, 64 ne fait pas que rappeler une thèse ontologique : il sert avant tout à poser la norme de la théorie physique. C'est ce qui transparaît dans l'utilisation répétée des tournures négatives. Ce que nous dit Descartes, c'est qu'il *ne faut* accepter en physique *que* les principes qui se rapportent à ce que les corps ont en commun avec les entités géométriques, à savoir l'extension et ses

7 Plus récemment, KOBAYASHI 1993 a commis une erreur d'interprétation similaire.

8 Pour un argument similaire, voir FICHANT 1996, DE BUZON 2013 et ARIEW 2016.

modes. Cette norme vise donc avant tout à bannir hors de la physique les principes d'explication qui feraient appel à d'autres qualités, telles que la chaleur, l'humidité ou la pesanteur. La raison en est notamment que, de ces qualités, nous ne disposons pas d'idée claire et distincte ; les seules idées claires et distinctes que nous ayons des corps sont celles qui se rapportent à l'extension et à ses modes. Le premier adversaire visé ici est bien entendu la physique aristotélicienne, qui entreprend d'expliquer les phénomènes par de nombreuses qualités considérées comme inhérentes aux êtres naturels. Par ailleurs, Descartes insiste, le bannissement de ces autres principes d'explication n'est pas un problème, car ses principes à lui suffisent à expliquer « tous les phénomènes de la nature » : ce que les Parties III et IV s'attelleront à tenter de prouver par le fait. Il est intéressant de rapporter ce texte de II, 64 à un autre article, qui se situe à la fin des *Principes de la Philosophie*, et qui exprime bien cette dimension normative du mathématisme :

J'ai, premièrement, considéré en général toutes les notions claires et distinctes qui peuvent être en notre entendement touchant les choses matérielles, et que, n'en ayant point trouvé d'autres sinon celles que nous avons des figures, des grandeurs et des mouvements, et des règles suivant lesquelles ces trois choses peuvent être diversifiées l'une par l'autre, lesquelles règles sont les principes de la Géométrie et des Méchaniques, j'ai jugé qu'il fallait nécessairement que toute la connaissance que les hommes peuvent avoir de la nature fut tirée de cela seul ; pource que toutes les autres notions que nous avons des choses sensibles, étant confuses et obscures, ne peuvent servir à nous donner la connaissance d'aucune chose hors de nous, mais plutôt la peuvent empêcher.⁹

On voit alors apparaître un premier sens selon lequel la physique des tourbillons est cohérente avec le mathématisme. En effet, cette théorie permet

⁹ PP, IV.203 : AT IX, 321. Ce texte est en grande partie rajouté dans la version française de 1647.

d'expliquer non seulement le mouvement des corps célestes, mais encore le phénomène de la chute des corps, en ne faisant appel qu'à des corpuscules matériels en mouvement, dépouillés de toute autre qualité. Notamment, ils permettent de se débarrasser de la qualité de pesanteur, comprise comme une tendance inhérente aux corps lourds à rejoindre le centre de la Terre. En ce sens, il nous semble que les arguments avancés par les cartésiens du XVIII^e siècle contre leurs adversaires newtoniens reprennent à leur compte la norme mathématisante, au sens qu'elle prend chez Descartes. En effet, en dénonçant dans l'attraction une « qualité occulte », ils restent fidèles à l'idée qu'il ne faut expliquer les phénomènes que par des qualités qu'ils ont en commun avec les objets mathématiques.

3. Comment le mathématisme cartésien implique les tourbillons

Mais on peut suivre encore plus loin l'impératif de charité qui nous pousse à trouver de la cohérence chez Descartes. La consistance mathématisme-tourbillons n'est pas seulement négative ; il y a bien un sens selon lequel les tourbillons sont positivement impliqués par le mathématisme ontologique cartésien ; c'est-à-dire, pour reprendre les termes de l'auteur, selon lequel ils en sont « déduits ». Cette « déduction » s'opère en deux temps. Dans un premier temps, qui fera l'objet de cette section, Descartes va de la théorie de la substance étendue au *principe général des anneaux*. C'est ce qui se passe dans la Seconde Partie des *Principes*. Dans un second temps, Descartes déduit, à partir d'une hypothèse touchant à la genèse du monde visible, le *système cosmologique des tourbillons* ; ce qu'on verra dans la section suivante, en portant attention au fait que l'introduction de cette hypothèse vient inquiéter la « déduction » cartésienne.

Commençons par le principe général. On l'a vu, le sens véritable du mathématisme cartésien réside dans l'idée que l'extension géométrique constitue l'essence des corps physiques ; or c'est de cette idée qu'on arrivera au principe des tourbillons, selon un cheminement que nous allons désormais restituer. L'article 8 établit que « la grandeur ne diffère de ce qui est grand [...] que par notre pensée » : en d'autres termes, la grandeur a toujours un référent substantiel. Ce qui implique, pour le dire en une formule, s'il y a étendue, il y a substance. Cela amène à Descartes à nier l'existence du vide. Voici en effet comment se présente l'argument dans l'article 16 :

Comme, de cela seul qu'un corps est étendue en longueur, largeur et profondeur, nous avons raison de conclure qu'il est une substance, à cause que nous concevons qu'il n'est pas possible que ce qui n'est rien ait de l'extension, nous devons conclure de même de l'espace qu'on suppose vide : à savoir, que, puisqu'il y a en lui de l'extension, il y a nécessairement aussi de la substance.¹⁰

On arrive alors de la théorie de la substance à une caractérisation du monde de la physique cartésienne, en II, 22 : « la matière, dont la nature consiste en cela seul qu'elle est une chose étendue, occupe maintenant tous les espaces imaginables où ces mondes [*i.e.* d'hypothétiques autres mondes] pourraient être ».

Mais comment expliquer, alors qu'une seule étendue sature le monde, le fait que nous percevions plusieurs corps ? C'est le mouvement qui va, chez Descartes, être un opérateur de différenciation des corps, comme cela est impliqué dans sa définition même : il est le transport d'une partie de matière du voisinage d'un corps à celui d'un autre, et le corps est ce qui est mû ensemble. Mais on se trouve alors face à un autre problème : comment le

10 PP, II.16 : AT IX, 69-70.

mouvement est-il possible dans un monde entièrement saturé par la substance étendue ? En effet, dans un tel monde, chaque corps est, comme dans un puzzle, parfaitement collé à ceux qui lui sont adjacents ; or nous voyons bien que, dans les puzzles, il n'y a pas beaucoup de mouvement. C'est précisément là qu'intervient le principe des anneaux :

Après ce qui a été démontré ci-dessus, à savoir, que tous les lieux sont pleins de corps, et que chaque partie de la matière est tellement proportionnée à la grandeur du lieu qu'elle occupe, qu'il n'est pas possible qu'elle en remplisse un plus grand ni qu'elle se resserre en un moindre, ni qu'aucun autre corps y trouve place pendant qu'elle y est, nous devons conclure qu'il faut nécessairement qu'il y ait toujours un cercle de matière ou anneau de corps qui se meuvent ensemble en même temps ; en sorte que, quand un corps quitte sa place à quelqu'autre qui le chasse, il entre en celle d'un autre, et cet autre dans celle d'un autre, et ainsi de suite jusques au dernier, qui occupe au même instant le lieu délaissé par le premier.¹¹

On voit donc apparaître une seconde manière de nouer ensemble mathématisation et tourbillons : le mathématisme cartésien implique que, partout où il y a grandeur, il y a corps, et donc l'impossibilité du vide ; les tourbillons vont être le principe général qui permettra au mouvement d'avoir lieu dans le plein.

4. Le système cosmologique des tourbillons et les limites de la « déduction »

Mais l'histoire ne s'arrête pas là : comme nous l'avons indiqué, il y a un deuxième moment de la « déduction », qui nous fait passer du principe général au système cosmologique qui permettra l'explication des phénomènes.

11 PP, II.33 : AT IX, 81.

Afin de comprendre ce qu'il faut entendre ici par « déduction », rappelons que l'ambition de Descartes sera de tirer, des seuls principes qu'il a exposés dans la Seconde Partie, l'explication de « tous les phénomènes de la nature ». C'est ce qui est rappelé dans le premier article de la Troisième Partie : « il faut maintenant essayer si nous pourrons déduire de ces seuls principes l'explication de tous les Phénomènes, c'est-à-dire les effets qui sont en la nature¹² ». Or cette déduction est capitale, en ce qu'elle préside à la qualité épistémique de la théorie. L'idée de Descartes est que, en déduisant la physique de principes aussi reçus en mathématiques, on obtiendra une philosophie naturelle *aussi certaine* que les mathématiques. C'est l'idée qui apparaît en II, 64, quand il entendait proposer une théorie qui puisse « tenir lieu de démonstration mathématique ». C'est ce que je désignerais comme le « mathématisme épistémique », seconde composante du mathématisme cartésien. En d'autres termes, il permet à la déduction de valoir comme *démonstration*.

Or qu'en est-il de cette déduction dans la Troisième Partie des *Principes* ? Elle va être perturbée par le fait que Descartes introduit, pour mettre en place son système cosmologique, une hypothèse de taille : celle d'une genèse de l'univers à partir d'un premier état d'indifférenciation de la matière, état à partir duquel il va progressivement s'organiser en système tourbillonnaire. Certes, on peut avancer qu'il s'agit là uniquement d'une fiction heuristique, à visée strictement pédagogique ; et que, par ailleurs, elle est introduite comme une hypothèse afin de ne pas s'opposer explicitement au dogme chrétien. Cependant, il semble bien qu'il faille prendre cette hypothèse comme telle, car voici ce que Descartes écrit en III, 45 :

12 PP, III.1 : AT IX, 103.

Nous n'avons pu déterminer en même façon combien sont grandes les parties auxquelles cette matière est divisée, ni quelle est la vitesse dont elles se meuvent, ni quels cercles elles décrivent. Car ces choses ayant pu être ordonnées par Dieu en une infinité de diverses façons, c'est par la seule expérience, et non par la force du raisonnement, qu'on peut savoir laquelle de toutes ces façons il a choisie. C'est pourquoi il nous est maintenant libre de supposer celle que nous voudrions, pourvu que toutes les choses qui en seront déduites s'accordent entièrement avec l'expérience.¹³

Ces précautions étant prises, voici comment Descartes va déduire le système cosmologique des tourbillons en III, 46, en trois temps que nous avons indiqué par des lettres :

[A] Nous avons remarqué ci-dessus, que tous les corps qui composent l'univers, sont faits d'une même matière, qui est divisible en toutes sortes de parties, et déjà divisée en plusieurs qui sont mues différemment, et dont les mouvements sont en quelque façon circulaires; et qu'il y a toujours une égale quantité de ces mouvements dans le monde : [...] [B] Supposons [...] que Dieu a divisé au commencement toute la matière dont il a composé ce monde visible, en des parties aussi égales entre elles qu'elles ont pu être, et dont la grandeur était médiocre, c'est-à-dire moyenne entre toutes les diverses grandeurs de celles qui composent maintenant les Cieux et les Astres ; et enfin, qu'il a fait qu'elles ont toutes commencé à se mouvoir d'égale force en deux diverses façons, à savoir chacune à part autour de son propre centre, au moyen de quoi elles ont composé un corps liquide, tel que je juge être le ciel ; [C] et avec cela, plusieurs ensemble autour de quelques centres [...]. Ainsi, par exemple, on peut penser que Dieu a divisé toute la matière qui est dans l'espace AEI en un très grand nombre de petites parties, qu'il a mues non seulement chacune autour de son centre, mais aussi toutes ensemble autour du centre S, et tout de même qu'il a mû toutes les parties de la matière qui est en l'espace AEV autour du centre F, et ainsi des autres; en sorte qu'elles ont composé autant de différents tourbillons (je me servirai dorénavant de ce mot pour signifier toute la matière qui tourne ainsi en rond autour de chacun de ces centres) qu'il y a maintenant d'astres dans le monde.¹⁴

En [A], Descartes rappelle les principes généraux qu'il a exposés dans la Se-

13 PP, III.46 : AT IX, 124.

14 PP, III.46 : AT IX, 125.

conde Partie ; en [B], il introduit l'hypothèse qui sert de conditions initiales à la *genèse causale* qui lui permet, en [C], de mettre en place le mécanisme général des tourbillons.

Seulement, l'introduction en [B] de l'hypothèse vient changer le sens de la « déduction » cartésienne, en ce qu'elle constitue un principe auxiliaire qui ne saurait être totalement obtenu à partir des principes communs à la physique et aux mathématiques exposés dans la Seconde Partie. On rejoint ici un problème général de la physique cartésienne touchant aux notions de déduction et de démonstration, qui fut remarqué notamment par Desmond M. Clarke. Les explications sont bien dans un sens « déduites » des principes généraux de la physique, si on comprend par là qu'elles y sont *conformes* ; néanmoins, elles ne sont presque jamais *impliquées* par eux. En effet, les principes généraux ne fournissent pas les causes prochaines par lesquelles Descartes pourra expliquer tel ou tel phénomène particulier. Cela nécessite d'introduire, entre les principes et les phénomènes, des hypothèses auxiliaires¹⁵, fonctionnant sur un mode irréductiblement hypothético-déductif. C'est le cas ici pour l'hypothèse touchant la genèse du monde.

Cette remarque nous oblige à tempérer notre charitarisme radical ; comme nous l'avons dit en introduction, être charitable envers un auteur, ce n'est pas sauver à tout prix la cohérence en montrant comment chacun de ses propos peut être pris à la lettre. Quand Descartes prétend avoir « déduit » tous les phénomènes de principes communs aux mathématiques et à la physique, cette déclaration pose un problème irréductible. Cela nous amène à tempérer l'enthousiasme d'un Frédéric de Buzon, pour qui Descartes aurait effectivement opéré une forme d'inclusion complète du physique dans le

¹⁵ Sur le rôle des hypothèses dans la physique cartésienne, voir également GARBER 2000.

mathématique, et pourrait « affirmer la suffisance de la *mathesis* abstraite dans le domaine de la physique et du phénoménal »¹⁶, et que « tous les phénomènes s'expliquent par les principes de la *mathesis* »¹⁷. Une autre voie interprétative serait, au contraire, d'offrir aux théories physiques des parties III et IV une autonomie au moins partielle : elles dépendent en effet d'une épistémologie qui leur est propre, concernant l'usage des hypothèses, des reconstructions causales, des analogies machinistes, etc.¹⁸ Mais le fait reste que les déclarations de Descartes concernant la continuité déductive de son édifice théorique ne résistent pas à l'examen.

5. Le mathématisme, outil de légitimation ambigu de la physique corpusculaire

Une fois cette tension mise au jour, on voit apparaître un nouvel usage du mathématisme, et avec lui une autre manière de comprendre le lien entre le mathématisme et la cosmologie des tourbillons. Le mathématisme se trouve en fait convoqué au moment même où Descartes s'apprête à introduire l'hypothèse de III, 46 :

Et certes, si les principes dont je me sers sont très évidents, si les conséquences que j'en tire sont *fondées sur l'évidence des mathématiques*, et si ce que j'en déduis de la sorte s'accorde exactement avec toutes les expériences, il me semblait que ce serait faire injure à Dieu, de croire que les causes des effets qui sont en la nature, et que nous avons ainsi trouvées, sont fausses.¹⁹

16DE BUZON 2013, 136.

17*ibid*, 145.

18Cette voie, qui a notamment été développée par Delphine Bellis (BELLIS 2010), a notamment pour avantage de rendre visible le domaine autonome constitué par la physique cartésienne.

19PP, III.43 : AT IX, 123.

On voit ici que le mathématisme est convoqué comme une arme de défense, dans le but de convaincre le lecteur de la vérité de raisonnements hypothétiques. On peut remarquer que la formule « fondées sur l'évidence des mathématiques » est assez ambiguë, et pourrait subrepticement nous faire passer de l'idée que physique et mathématiques se ramènent à des principes communs, à celle que la physique se trouve fondée dans les mathématiques elles-mêmes. D'une manière tout à fait comparable, on passe, dans un derniers articles du livre, l'idée que les explications physiques peuvent tenir lieu de démonstrations mathématiques, car fondées sur les mêmes notions évidentes, à celle que les théories avancées ont été « prouvées par démonstration mathématique », glissant ainsi d'un régime de la comparaison à un régime de l'identification. Il s'agit de l'article 206 de Quatrième Partie. L'article 205 avait admis que les choses qu'il a expliquées « semblent au moins moralement certaines », c'est-à-dire simplement probables ; il s'attelle ici à montrer qu'elles sont « plus que moralement certaines », et voici comment il argumente :

[Cette certitude] est fondée sur un principe de Métaphysique très assuré, qui est [celui de la véracité divine]. [...]. Puis ensuite elle s'étend à toutes les choses qui peuvent être démontrées, touchant ces corps, *par les principes de la Mathématique* ou par d'autres aussi évidents et certains ; au nombre desquels il me semble que ceux que j'ai écrits dans ce traité doivent être reçus, au moins les plus principaux et les plus généraux. Et j'espère qu'ils le seront en effet pour ceux qui les auront examinés en telle sorte, qu'ils verront clairement toute la suite de déductions que j'ai faites, et combien sont évidents tous les principes dont je me suis servi ; [...] tout ce qu'on peut dire que j'ai supposé, et qui se trouve dans l'article 46 de la troisième partie, peut être réduit à cela seul que les cieux sont fluides. En sorte que ce seul point étant reconnu pour suffisamment démontré par tous les effets de la lumière, et par la suite de toutes les autres choses que j'ai expliquées, je pense qu'on doit aussi reconnaître que j'ai *prouvé par démonstration Mathématique toutes les choses que j'ai écrites*, au moins les plus générales qui concernent la fabrique du ciel et de la terre, et en la façon que je les ai écrites : car j'ai eu soin de proposer comme douteuses toutes celles que j'ai pensé l'être.²⁰

20 PP, IV.206 : AT IX, 324-325.

Cet article admirable nous fait voir un Descartes en difficulté, qui convoque toute la panoplie métaphysique et épistémique disponible pour assurer de la certitude de sa théorie. On retrouve par ailleurs l'ambiguïté que nous avons remarqué dans l'article III, 43, quand il déclare avoir démontré ses théories « par les principes de la Mathématique ».

Cette ambiguïté entre les deux sens du mathématisme travaille la philosophie naturelle cartésienne, et affleure de la manière la plus forte justement dans les moments où Descartes doit se défendre de présenter de pures hypothèses gratuites. L'exemple le plus frappant se trouve dans une lettre à Froidmont de 1637 : pour défendre contre le savant aristotélicien la validité de sa météorologie mécaniste, Descartes lui demande de considérer que les « principes ou prémisses desquels je déduis ces conclusions ne sont autres que les axiomes sur lesquels les géomètres fondent leurs démonstrations » ! Or cela n'est évidemment pas le cas dans les principes ou, nous l'avons vu, les théories sont « fondées » sur la théorie de la substance étendue et de ses modes.

Conclusion

En nous concentrant sur l'articulation dans les *Principes de la Philosophie* entre le mathématisme et la théorie des tourbillons, nous espérons avoir obtenu un double résultat. D'une part, cela nous aura permis de mettre en lumière la triple dimension du mathématisme philosophique : comme norme de la physique mécaniste, il disqualifie les principes d'explication ne se rapportant pas exclusivement à l'extension et à ses modes ; comme théorie de la matière, il les implique en partie, les anneaux étant pensés par Descartes

comme le seul mouvement permettant de rendre compte de la possibilité du mouvement dans un monde plein ; et enfin, il sert comme outil de légitimation de la théorie, Descartes se sentant autorisé à avancer que, ayant été « déduite » des mêmes principes, sa physique est aussi certaine que les mathématiques. D'autre part, cela nous permet d'éclairer le projet scientifique cartésien dans sa cohérence globale et dans ses tensions internes. Cela aura eu pour effet de déplacer l'incohérence qui avait frappé certains commentateurs, pour en identifier le lieu effectif. Il n'y a pas de contradiction à ce que Descartes avance sa théorie des tourbillons comme étant fidèle à des principes « *aussi reçus en mathématiques* » ; néanmoins, il est bien plus problématique d'affirmer que la première aura été exclusivement déduite de ces derniers, la physique cartésienne conservant, malgré les dires de son auteur, une dimension irréductiblement hypothétique.

ANGE POTTIN

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE, PARIS

BIBLIOGRAPHIE

AITON 1972 = ERIC JOHN AITON, *The vortex theory of planetary motions*, London, Macdonald.

ARIEW 2016 = ROGER ARIEW, « The Mathematization of Nature in Descartes and the First Cartesians », dans GEOFFREY GORHAM, EDWARD SLOWIK, C. KENNETH WATERS (éds.), *The Language of Nature : Reassessing the Mathematization of Science*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 112-133.

AT = RENÉ DESCARTES, *Œuvres*, 12 tomes, éd. par CHARLES ADAM, PAUL TANNER, Paris, Cerf 1897-1913.

BELLIS 2010 = DELPHINE BELLIS, *Le visible et l'invisible dans la pensée cartésienne : figuration, imagination et vision dans la philosophie naturelle de Descartes*, thèse soutenue à l'université Paris Sorbonne.

BURTT 1932 = EDWIN A. BURTT, *Metaphysical foundations of modern physical science : a historical and critical essay*, Londres, Routledge and Kegan Paul.

DE BUZON 2013 = FRÉDÉRIC DE BUZON, *La science cartésienne et son objet : Mathesis et phénomène*, Paris, Honoré Champion.

CLARKE 1982 = DESMOND M. CLARKE, *Descartes' Philosophy of Science*, University Park, Pennsylvania State University Press.

FICHANT 1998 = MICHEL FICHANT, *Science et Métaphysique dans Descartes et Leibniz*, Paris, Presses Universitaires de France.

GARBER 1992 = DANIEL GARBER, *Descartes' Metaphysical Physics*, Chicago, University of Chicago Press.

GARBER 2000 = DANIEL GARBER, *Descartes Embodied : Reading Cartesian Philosophy through Cartesian Science*, Cambridge, Cambridge University Press.

KOBAYASHI 1993 = MICHIO KOBAYASHI, *La Philosophie Naturelle de Descartes*, Paris, Vrin.