

Sur le mot "massif" chez Descartes

Hiroki TAKEDA

Dans le sixième chapitre du *Monde*, Descartes invente une fable et, soutenant l'inexistence du vide et joignant la propriété physique de l'impenétrabilité aux propriétés purement géométriques de la matière, suppose la matière d'un nouveau monde : (1) « Dieu crée [...] autour de nous tant de matière que, de quelque côté que notre imagination se puisse étendre, elle n'y aperçoive plus aucun lieu qui soit vide ». (2) « cette matière n'a point la forme de la Terre, ni du Feu, ni de l'Air [...] non plus que les qualités d'être chaude ou froide, sèche ou humide ». (3) « cette matière est un vrai corps qui remplit également toutes les longueurs, largeurs et profondeurs de ce grand espace [...] chacune de ses parties occupe toujours une partie de cet espace [...] elle n'en saurait remplir une plus grande ni se resserrer en une moindre » (AT XI, pp.32-33)¹⁾.

C'est la notion métaphysique de corps qui apparaît dans *Le Monde* au sixième chapitre, que Descartes retiendra jusqu'à sa dernière pensée. Et pourtant notre sujet ne consiste pas à l'examiner plus profondément, mais à examiner si cette notion métaphysique de corps se développe de façon cohérente dans son système déductif de la physique. En ce qui concerne les qualités sensibles excepté la pesanteur, comme la couleur, la chaleur, l'odeur, Descartes explique seulement qu'« il y a dans les corps, d'où procèdent toutes ces diverses perceptions des sens, quelques variétés qui leur répondent, quoique peut être ces variétés ne leur soient point en effet semblables » (AT XI, p.64) et n'explique pas concrètement la façon dont l'action physique signifie l'idée. Etant donné le niveau scientifique du dix-septième siècle, l'absence d'explication est inévitable. D'autre part, la cause de la pesanteur, qui nous semble-t-il est posée par Descartes comme une grande épreuve de sa physique,

1) Nous avons utilisé *Œuvres de Descartes* publiées par Charles Adam et Paul Tannery (en abrégé AT), nouvelle présentation par B.Rochot et P.Costabel, Paris, 1964-1974.

est analysée de façon détaillée. En 1629 déjà Descartes, disant à Mersenne qu'« il me faudra [...] expliquer la cause de la pesanteur dans mon traité »²⁾, s'attaque à ce problème qui prendra toute son ampleur dans *Le Monde*. Or, nous traiterons exclusivement du cas de la pesanteur pour examiner si cette notion de corps se développe de manière cohérente dans sa physique ; donc, remarquons la raison donnée par Descartes selon laquelle toutes ses parties ne laissent pas de tendre exactement vers son centre, c'est-à-dire la cause de la pesanteur.

1. La pesanteur

Descartes se sert du mot de pesanteur selon deux sens du mot. (1) Caractère de ce qui a un poids. Par exemple, lorsqu'il dit, dans *Le Discours de la méthode*, que « Dieu n'avait mis aucune pesanteur en la matière » (AT V, p.44), ce mot de pesanteur signifie le caractère de ce qui a un poids. (2) La force qui entraîne les corps vers le centre de la Terre, c'est-à-dire la gravitation ou la gravité. Par exemple dans *Le Monde* « la pesanteur, c'est-à-dire la force qui unit toutes ses parties et qui fait qu'elles tendent toutes vers son centre. » (AT XI, p.72) Mais en tout cas, suivant Descartes, la pesanteur n'est pas une qualité intrinsèque de la matière, mais la force ou la tendance causée par l'action des parties ; et elle relève des sens extérieurs.

[...] ces nerfs excitent autant de divers sentiments en l'âme qu'il y a de diverses façons dont ils sont mus, ou dont leur mouvement ordinaire est empêché ; à raison de quoi on a aussi attribué autant de diverses qualités à ces corps ; et on a donné à ces qualités les noms de dureté, pesanteur [...] (AT IX-2, p.312)

Donc, pour lui, la pesanteur ne peut pas exister en dehors des hommes comme la chaleur, l'odeur, la couleur ; c'est-à-dire elle n'est que la nomination d'un sens extérieur³⁾.

Ce point métaphysique une fois posé, il éclaire ensuite la pesanteur de la Terre, en se basant sur les doctrines élémentaires de sa physique c'est-à-dire

2) AT I, p.219, lettre à Mersenne du 13 novembre 1629.

3) Normalement, la pesanteur n'est pas considérée comme une substance, toutefois distinguée des sens extérieurs qui n'existent pas sans les hommes, sauf Descartes ou les cartésiens. A.Koyeré, *Etudes galiléennes*, Paris, Hermann, 1939, pp.317-331.

les trois éléments qui constituent ce monde. Ce sujet est exposé surtout dans le onzième chapitre « de la pesanteur » selon lequel la pesanteur « ne consiste qu'en ce que les parties du petit Ciel qui l'[la Terre]environne, tournant beaucoup plus vite que les siennes autour de son centre, tendent aussi avec plus de force à s'en éloigner et par conséquent les y repoussent » (AT XI, p.73). Bref, la pesanteur est un effet dérivant du mouvement concentrique du ciel qui tourne autour de la Terre. Descartes précise ainsi ce mécanisme : (1) « le Ciel et cette Terre tournant ensemble autour du centre T, toutes leurs parties tendent à s'en éloigner, mais beaucoup plus fort celles du Ciel que celles de la Terre à cause qu'elles sont beaucoup plus agitées que celles du Ciel. » Ici, Descartes suppose que l'élément de la Terre est moins subtil et agité que celui du Ciel d'après la définition des trois éléments du cinquième chapitre du *Monde*. (2) « si tout l'espace qui est au delà du cercle ABCD était vide, [...] toutes les parties du Ciel qui sont dans le cercle ABCD en sortiraient les premières, puis celles de l'Air et de l'Eau les suivraient et enfin aussi celles de la Terre » comme une pierre sort hors de la fronde, en laquelle elle est agitée, si tôt qu'on lui lâche la corde. Descartes, ici, évoque la force centrifuge. (3) « N'y ayant point ainsi aucun espace au delà du cercle ABCD, qui soit vide, ni où les parties du Ciel contenues au dedans de ce cercle puissent aller, les parties du petit Ciel qui environne la Terre tendent à s'en éloigner et par conséquent repoussent les parties de la Terre à la Terre »⁴⁾ (AT XI, pp.73-75). Ainsi Descartes explique, de façon cohérente, la cause de la pesanteur en recourant à la différence de vitesse rotatoire entre les parties de la Terre et celles du Ciel, et donc à la différence de la force centrifuge, en se basant sur ses doctrines physiques. Cela signifie que la force centrifuge est fonction de la vitesse rotatoire. Certes, il n'est pas clair si cette expression de « plus vite » désigne la vitesse rotatoire ou la vitesse angulaire. En fait, il existe la possibilité qu'une chose se meuve plus vite rotatoirement qu'une autre, mais moins vite angulairement. Nous ne pouvons pas préciser ce point, parce que Descartes n'établit pas de rapport mathématique et conceptuel entre la vitesse rotatoire, la vitesse angulaire, et le demi-diamètre. Malgré tout cela, nous pouvons dire que la vitesse est une variable de la force centrifuge. Mais nous devons remarquer une autre variable de la force centrifuge. C'est le mot

4) Voir la figure illustrée dans *Le Monde* AT XI, p.74.

“massif”.

2. “massif”

Le mot “massif” apparaît fréquemment dans le neuvième chapitre « De l'origine et du cours des Planètes et des Comètes en général, et en particulière des Comètes » et dans le dixième chapitre « Des planètes en général et, en particulier, de la Terre et de la Lune », où se discute principalement le sujet de savoir pourquoi les comètes et les planètes grosses et massives s'éloignent du soleil. Avant d'examiner ce sujet, il nous faut noter, à propos des comètes, les connaissances astronomiques de la première moitié du dix-septième siècle. A cette époque-là on ne pensait pas que les comètes reviennent périodiquement jusqu'à ce qu'Edmund Halley calcule l'orbite d'une comète apparue en 1681-1682, et prédise son retour pour 1758, annonçant pour la première fois le retour au périhélie des comètes périodiques. Cette situation scientifique force Descartes à déclarer que les comètes passent « au travers de divers Cieux » (AT XI, p.61), et par conséquent qu'elles prennent « leur cours vers la circonférence extérieure des Cieux qui les contenaient » (AT XI, p.60). D'où sa connection, que les comètes sont très grandes et très grosses, et se situent très loin de la Terre. A ce propos, bien qu'on ait déjà observé qu'en l'an 1450 une comète est passée entre la Terre et la Lune, Descartes néglige complètement ce fait, et dit que « si quelques-uns les [les comètes] veulent tirer comme par force, nous ne sommes pas obligés de les croire »⁵⁾. Or, Descartes, dans ces deux chapitres, traite de la raison pour laquelle les comètes et les planètes grosses et massives passent vers la circonférence extérieure des Cieux.

Selon cet argument, la force centrifuge est fonction non seulement de la vitesse, mais aussi de la notion de masse qui n'est jamais déduite de la notion cartésienne de corps. Par exemple, à propos de la raison pour laquelle diverses planètes peuvent être suspendues au dedans du petit Ciel, à diverses distances du soleil, Descartes affirme que « ce ne sont pas simplement celles qui paraissent à l'extérieur les plus grosses, mais celles qui en leur intérieur sont les plus solides et les plus massives, qui en doivent être les plus éloignées » (AT XI, p.68).

En outre, au sujet des cours et l'origine des comètes, toutes les plus

5) En ce temps-là, certains ont considéré les comètes comme un phénomène d'atmosphère suivant les Anciens. Ici, Descartes contredit cette opinion.

grosses et plus massives d'entre elles ont dû en peu de temps, prendre leur cours vers la circonférence extérieure des cieux. Cela suggère que Descartes suppose que la notion de masse ou la masse d'inertie se distingue de la quantité extensive et géométrique. Le texte suivant expose plus explicitement le sens du mot de "massif".

[...] s'il se rencontre deux planètes inégales en grosseur se disposent à prendre leur cours dans le même Ciel à une même distance du Soleil, en sorte que l'une soit justement d'autant plus massive, que l'autre sera plus grosse [...] (AT XI, p.69)

La quantité de la masse doit être proportionnelle indirectement à la grosseur, si deux planètes inégales en grandeur se situent à une même distance du soleil avec la même force centrifuge. Ici est la notion de densité qui ne se rapporte qu'à la masse et se distingue théoriquement de la pesanteur ou la gravitation.

Il va sans dire que Descartes dépouille la matière de ses formes et de ses qualités sensibles y compris la pesanteur et qu'il ne lui attribue que l'extension dans le sixième chapitre du *Monde*. A cause de cela, il renonce à approfondir cette notion de masse jusqu'à un concept physique clair. De plus, ce mot de "massif" est presque retranché dans *Les Principes* en 1644. « S'il [cet astre] n'est pas assez solide pour acquérir tant d'agitation, [...] il arrivera jusqu'à quelque autre endroit, où étant parvenu il ne fera plus que suivre le cours de la matière qui tourne autour de ce centre, sans monter ni descendre davantage, et alors il sera changé en une planète » (AT IX-2, p.173), donc « voyant maintenant que les principales Planètes font leurs cours à diverses distances du Soleil, nous devons juger que cela vient de ce qu'elles ne sont pas également solides, et que ce sont celles qui le sont moins qui s'en approchent davantage »⁶⁾ (AT IX-2, p.195). En ce qui concerne l'explication du cours des planètes, il n'y a pas d'évolution entre *Le Monde* et *Les Principes*, parce que la force centrifuge est fonction de la vitesse et de la solidité. Mais en l'occurrence, la force centrifuge ne concerne que la solidité qui est déterminée par la fluidité des matières contenues dans le corps, et ne concerne pas la masse.

Cependant, le mot "moles" se trouve encore dans l'édition latine. Ce mot

6) C'est nous qui soulignons.

“moles” s’emploie normalement au sens de grandeur ou au sens de masse selon le contexte, mais dans *Les Principes* il s’emploie exclusivement dans ce premier sens. Nous prendrons pour exemple la troisième partie de l’article 123 dans laquelle est discuté le sujet « comment les petites boules du second élément peuvent avoir plus de solidité que tout le corps d’un astre ».

Sphaericam, quae omnium minimum habet superficiei, pro ratione molis sub se contentae [...] ⁷⁾ (AT IX-2, p.175)

Evidemment, dans ce cas le rapport entre la grandeur et la superficie est mis en question. Descartes utilise ce mot latin “molis” dans le sens de grandeur. Effectivement dans l’édition française en 1648, cette phrase se traduira par « sphérique contient le plus de matière sous une moindre superficie » (AT IX-2, p.176).

Dans la troisième partie, de l’article 119 à l’article 127 dans lesquels est traitée la question des planètes et des comètes, ce mot de “moles” se trouve quatre fois en plus des citations précédentes ; ce terme est toujours employé dans le sens de grandeur.

nec a tota ejus mole (AT IX-1, p.171)

ni par la quantité de toute la matière (AT IX-2, p.174)

plus superficiei acqirat, pro ratione suae materiae et molis (AT IX-1, p.172)

on lui faisait avoir plus de superficie, à raison de la quantité de sa matière (AT IX-2, p.175)

quamvis mole permagnum (AT IX-1, p.172)

nonobstant qu’il soit fort gros (AT IX-2, p.176)

7) AT IX-2, p.175 : Alquié remarque que le mot “moles” n’est, au cours de la troisième partie, presque jamais traduit en français. Parce que « la matière se définissant par la seule étendue, la notion de masse n’a aucun rôle à jouer dans la physique de Descartes. » (Descartes *Œuvres philosophiques*, éd. F.Alquié, 3vol., Garnier, Paris, 1963-1973 t.3, p.317) Mais comme nous le montrerons dans cet article, Descartes, évidemment, se sert de ce mot “moles” dans le sens de grandeur.

quamvis minus materiae tertii elementi in iis contineatur, quam in mole aquae ipsis aequali (AT IX-1, p.174)

nonobstant qu'il y ait moins en eux [les pièce de bois et les glaçons qui sont emportés par le cours d'une rivière] de la matière du troisième élément qu'il n'y en a une quantité d'eau qui leur est égale en grosseur (AT IX-2, p.176)

Le mot de "moles" ci-dessus, se traduit par la grandeur ou la quantité de la matière. Le concept de matière ou le « quantitas materiae » est discuté en détail dans l'article 25 de la quatrième partie, intitulé « leur pesanteur n'a pas toujours même rapport avec leur matière », où Descartes distingue nettement le « quantitas materiae » de la pesanteur. Nous pouvons dire que c'est la conclusion nécessaire et naturelle de sa physique établie sur la mécanique, où la matière n'a la forme d'aucun des éléments.

3. Le rôle de l'expérience dans *Le Monde*

Or, pourquoi, dans *Le Monde*, la notion de masse est-elle présentée, alors qu'elle s'oppose à la vision d'un monde géométrique? C'est parce que les expériences y jouent un rôle plus important qu'on ne le pense. En général, on pense que Descartes a accordé plus d'importance à la façon hypothético-déductive qu'aux expériences. Certes pour lui, les plus rares expériences « trompent souvent, lorsqu'on ne sait pas encore les causes des plus communes », mais il considère méticuleusement les expériences qui « se présentent d'elles mêmes à nos sens, et que nous ne saurions ignorer, pourvu que nous y fassions tout soit peu de réflexion »⁸⁾ (AT IX, p.63). De fait, *Le Monde* présente beaucoup d'expériences et d'observations quotidiennes surtout du deuxième chapitre au cinquième chapitre, pour prouver l'existence des trois éléments. Egalement à propos du rapport de la force centrifuge avec la masse, il cite l'exemple du mouvement d'un bateau.

Si vous imaginez deux rivières qui se joignent en quelque endroit l'une à l'autre, et qui se séparent derechef un peu après, avant que leurs eaux, qu'il faut supposer fort calmes et d'une force assez égale, mais avec cela

8) Voir L.Liard, *Descartes*, Paris, Germer-Baillière, 1882, dans *La Science de Descartes* éd. G.Rodis-Lewis, Garland, New York & London, 1987, pp.111-138.

fort rapides, aient le loisir de se mêler les bateaux ou autres corps assez massifs et pesants, qui seront emportés par le cours de l'une, pourront facilement passer en l'autre. (AT XI, p.58)

On peut imaginer deux rivières courbes d'une force assez égale, où « les corps assez massifs » comme le bateau ont plus de force pour continuer leur mouvement que les objets légers à cause de la force centrifuge. Autrement dit, cette observation permet à Descartes d'appliquer la force centrifuge à la masse des corps pour expliquer la cause de la pesanteur. De plus, quand Descartes aborde la question du mouvement des planètes dans le dixième chapitre, il y ajoute les expériences prouvant ses arguments à propos des planètes.

[...] il est certain qu'elle [cette boule] ne pourra pas continuer si loin son mouvement, quand bien même elle serait poussée par une force entièrement proportionnée à sa grosseur, comme serait une autre boule beaucoup plus petite et composée du même bois, mais qui serait toute massive. (AT, XI, pp.67-68)

Cette phrase elle-même n'est pas très claire, surtout l'expression « une force entièrement proportionnée à sa grandeur » est très ambiguë, et difficile à comprendre. Mais en somme, cela veut dire que, à condition qu'on donne plus d'accélération à la petite boule qu'à la grande, si la petite est très massive, la petite a plus de force d'inertie que la grande. Ici le mot "massif" s'emploie pour signifier la notion de densité qui est reliée étroitement avec la masse. Dans ce cas aussi, la notion de masse se déduit de l'expérience du mouvement de la boule, malgré le fait que ce n'est pas compatible avec la notion métaphysique de corps chez Descartes. Certes, Descartes, dans *Les Principes* également, cite diverses expériences qu'on peut observer dans la vie quotidienne, mais il constate si ce qui est déduit de manière systématique est vraisemblable, ou si « les choses qui en seront déduites sont entièrement conformes aux expériences » (AT IX-2, p.123). D'autre part, dans *Le Monde* Descartes, s'opposant à sa méthode, s'appuie sur les expériences pour trouver la nature élémentaire du corps.

(大阪大学博士課程在学)