

Laval théologique et philosophique



La science de Descartes

William R. Shea

Volume 53, numéro 3, octobre 1997

Actes du colloque international Descartes

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/401111ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/401111ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Faculté de philosophie, Université Laval

ISSN

0023-9054 (imprimé)

1703-8804 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Shea, W. R. (1997). La science de Descartes. *Laval théologique et philosophique*, 53(3), 531–547. <https://doi.org/10.7202/401111ar>

LA SCIENCE DE DESCARTES

William R. SHEA

RÉSUMÉ : *La postérité a érigé le Discours de la méthode en ouvrage autonome, mais les contemporains de Descartes y voyaient une préface aux traités scientifiques qui mettaient cette méthode à profit : la Dioptrique (c'est-à-dire l'Optique), les Météores, qui étudiaient notamment des phénomènes comme les parhélies ou l'arc-en-ciel, la Géométrie qui ouvre toutes grandes les portes de la géométrie analytique. On esquisse et résume ici quelques contributions majeures de Descartes à ces sciences qui éclairent en même temps le problème délicat de son itinéraire intellectuel et de la nature de sa méthode.*

SUMMARY : *Posterity has turned the Discourse on Method into an autonomous work, whereas Descartes's contemporaries saw in it a preface to scientific treatises which drew benefit from that method : the Optics, the Meteorology, which studied among other things such phenomena as parhelia or the rainbow, the Geometry which throws wide open the doors of analytic geometry. We sketch and summarize briefly here some of Descartes's major contributions to those sciences which shed light at the same time on the delicate problem of his intellectual itinerary as well as on the nature of his method.*

En 1637 paraît à Leyde une collection de quatre ouvrages inédits d'un auteur français expatrié en Hollande depuis 1628. Ce sont le *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, plus la dioptrique, les météores et la géométrie qui sont des essais de cette méthode*¹. La postérité a érigé le *Discours de la méthode* en ouvrage autonome, mais les contemporains de Descartes y voyaient une préface aux traités scientifiques qui mettaient cette méthode à profit. Les résultats n'étaient d'ailleurs pas minces. La *Géométrie* ouvre toutes grandes les portes de la géométrie analytique et parvient à ordonner la progression parallèle des courbes et des équations. Les opérations de l'arithmétique sont expri-

1. *Œuvres de Descartes*, publiées par Charles Adam et Paul Tannery, 13 volumes (le volume 12 contient une bibliographie et l'index, le volume 13 une biographie de Descartes par Charles Adam), Paris, 1897-1913. Les premiers 11 volumes, revus et corrigés, ont été réimprimés chez Vrin à Paris en 1996. Nous citons cette édition : AT (Adam-Tannery), suivi d'un chiffre romain qui désigne le volume et d'un chiffre arabe qui désigne la page. Le *Discours* et les essais se trouvent AT VI, 1-515. Descartes écrira à Marin Mersenne au printemps de 1637 : « je ne mets pas *Traité de la Méthode*, mais *Discours de la Méthode*, ce qui est le même que *Préface ou Avis touchant la Méthode*, pour montrer que je n'ai pas dessein de l'enseigner, mais seulement d'en parler » (AT I, 349).

mées à l'aide de lignes dans une notation qui deviendra celle avec laquelle nous sommes tous familiers : les lignes dont les valeurs sont connues sont identifiées par les premières lettres de l'alphabet, *a, b, c...* et celles dont les valeurs ne sont pas encore connues par les dernières lettres, *x, y, z*. Les rapports entre les données sont mis en équations en aussi grand nombre qu'il y a d'inconnues. Les inconnues sont progressivement éliminées jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus qu'une seule. L'équation peut alors être résolue en trouvant la valeur de cette inconnue et, à partir de la solution, déterminer tour à tour la valeur des autres inconnues.

Les *Météores* sont la réponse de Descartes aux traités de scolastique qui étudiaient les phénomènes météorologiques au sens large comme, par exemple, les vapeurs terrestres, les nuages, le vent, la foudre, la pluie, la neige, la grêle, ou des apparences célestes comme les parhélies (double soleil) ou l'arc-en-ciel. Ces thèmes étaient ceux que la magie naturelle se devait de traiter. L'intérêt qu'on leur portait est révélé par la fine ironie avec laquelle Corneille se gausse des prétentions du mage Alcandre dans *L'Illusion comique*, jouée en 1636, au moment où Descartes rédigeait son *Discours de la méthode* :

Je ne vous dirai point qu'il commande au tonnerre,
Qu'il fait enfler les mers, qu'il fait trembler la terre ;
Que de l'air, qu'il mutine en mille tourbillons,
Contre ses ennemis il fait des bataillons ;
Que de ses mots savants les forces inconnues
Transportent les rochers, font descendre les nues
Et briller dans la nuit l'éclat de deux soleils².

Descartes offrira une interprétation des parhélies³ mais c'est son explication de l'arc-en-ciel qui lui vaudra son plus grand succès. Une goutte d'eau dans l'atmosphère est inaccessible mais Descartes eut l'idée géniale de la comparer à un globe cristallin rempli d'eau qu'il pouvait étudier en laboratoire. À l'aide de la loi de la réfraction, qu'il avait découverte quelques années plus tôt, Descartes calcula le parcours des rayons lumineux à travers l'eau et découvrit que l'arc-en-ciel principal est produit par des rayons qui sont réfractés en entrant dans la goutte d'eau où elles subissent une réflexion avant d'être réfractées de nouveau en quittant la goutte pour former un angle de 42° avec l'œil de l'observateur (voir figure 1). L'arc-en-ciel secondaire, plus faible et dont l'ordre des couleurs est renversé, c'est-à-dire avec le bleu dans la partie supérieure et le rouge dans la partie inférieure, est produit par une réfraction à l'entrée de la goutte, une double réflexion à l'intérieur de celle-ci et une nouvelle réfraction à la sortie, formant cette fois un angle de 52° avec l'œil de l'observateur. Descartes y voit l'exemple par excellence de sa méthode : « L'arc-en-ciel est une merveille de la nature si remarquable et sa cause a été de tout temps si curieusement recherchée par les bons esprits et si peu connue, que je ne saurais choisir

2. CORNEILLE, *L'Illusion comique*, acte I, scène I, vers 49-55.

3. Descartes consacre le dernier discours de ses *Météores* à « L'apparition de plusieurs soleils » qu'il explique comme un phénomène de réfraction dans des cristaux de glace suspendus dans l'atmosphère (AT VI, 354-366).

de matière plus propre à faire voir comment, par la méthode dont je me sers, on peut venir à des connaissances que ceux dont nous avons les écrits n'ont point eues⁴. »

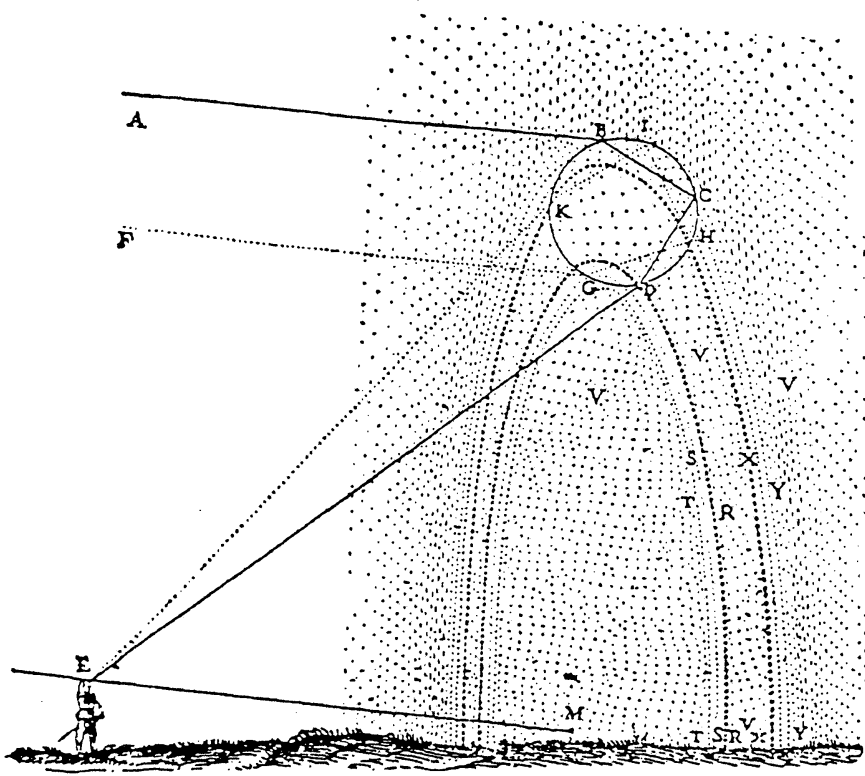


Figure 1

Puisque le succès de Descartes est attribuable à une application de la loi de la réfraction, qui dit que le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux est constant, il n'est pas surprenant que Descartes lui réserve une place de choix dans sa *Dioptrique* (nous dirions aujourd'hui l'*Optique*), « un sujet mêlé de Philosophie et de Mathématique⁵ ». Or si le lecteur trouve des comparaisons ingénieuses avec la trajectoire d'une balle de tennis à travers une substance liquide, la loi n'est appuyée sur aucune preuve mathématiquement convaincante et Descartes gardera toute sa vie le mutisme sur la façon dont il l'a trouvée. Il s'inspira des travaux de Johannes Kepler qu'il appellera « mon premier

4. DESCARTES, *Météores*, Discours 8, AT VI, 325. Voir Michel BLAY, *Les Figures de l'arc-en-ciel*, Paris, Éditions Carré (coll. « Vues des Sciences »), 1995, p. 46-59 ; William R. SHEA, *The Magic of Numbers and Motion : the Scientific Career of René Descartes*, Canton, MA, Science History Publications, 1991, p. 191-225.

5. Lettre de Descartes à un correspondant inconnu, écrite vers la fin avril 1637 (AT I, 370).

maître en optique⁶ » dans une lettre à son ami Marin Mersenne, mais nous ignorons, à ce jour, la démarche précise qui le conduisit à la loi elle-même. Leibniz l'accusera d'avoir plagié le mathématicien hollandais Willebrord Snell, qui avait exprimé la loi d'une façon différente, mais il semble aujourd'hui certain que Descartes ne connaissait pas les notes, d'ailleurs inédites, de Snell et qu'on ne saurait lui nier la prérogative de la découverte.

L'ITINÉRAIRE INTELLECTUEL

Ces constatations posent le problème délicat de l'itinéraire intellectuel de Descartes et de la nature de sa méthode. Les deux sont liés, comme nous le verrons. Toujours soucieux de faire belle figure et conscient de l'importance d'une publicité bien faite, Descartes nous offre dans le *Discours de la méthode* une image parfaitement sereine et rationnelle du point de départ de son entreprise intellectuelle : « Comme je retournais du couronnement de l'Empereur vers l'armée, le commencement de l'hiver m'arrêta en un quartier, où ne trouvant aucune conversation qui me divertit, et n'ayant d'ailleurs, par bonheur, aucuns soins ni passions qui me troublasent, je demeurais tout le jour enfermé seul dans un poêle, où j'avais tout le loisir de m'entretenir de mes pensées⁷. » Le journal de Descartes, qui ne sera publié qu'après sa mort, nous fait assister à une prise de conscience plus tourmentée de sa vocation intellectuelle. Dans la nuit du 10 au 11 novembre 1619, Descartes eut trois songes qui se succédèrent rapidement et « qu'il s'imagina ne pouvoir être venus que d'en haut⁸ ». Dans le premier il fut épouvanté par des fantômes et ballotté par un vent impétueux. Après ce cauchemar, il eut un deuxième songe qui se termina par un coup de terre. « Ayant ouvert les yeux, il aperçut beaucoup d'étincelles de feu répandues par la chambre ». « La chose lui était déjà souvent arrivée », écrit-il, car en se réveillant la nuit, « il avait les yeux assez étincelants pour lui faire entrevoir les objets les plus proches de lui »⁹.

D'aucuns affirmaient à l'époque que de grands personnages pouvaient voir dans la noirceur et on attribuait ce don à l'empereur Tibère, parmi d'autres. Cette croyance populaire ne quittera pas Descartes dans sa maturité et nous la retrouvons dans un texte de la *Dioptrique* où il est dit que les hommes qui dépassent l'ordinaire peuvent percevoir les ténèbres de la nuit¹⁰. Le lecteur non averti pouvait difficilement soupçonner que Descartes parlait de lui-même !

6. Lettre à Mersenne, 31 mars 1638 (AT II, 86).

7. *Discours de la méthode*, 2^e partie (AT VI, 11).

8. Le mémoire de Descartes, intitulé *Olympica*, nous est connu par la traduction (et parfois la paraphrase) faite par son biographe Adrien BAILLET, *Vie de Monsieur Des-Cartes*, 2 vol., Paris, Daniel Horthemels, 1691. Ce passage est publié dans AT X, 181. Voir l'excellente collection d'essais réunis par Fernand HALLYN, éd., *Les « Olympiques » de Descartes*, Genève, Droz, 1995.

9. *Ibid.*, p. 182.

10. Descartes se rallie, dans des circonstances exceptionnelles, à la théorie ancienne qui considérait que la lumière émanait de l'œil au lieu d'être reçu par lui. C'est le cas de « ceux qui peuvent voir dans les ténèbres de la nuit, comme les chats, dans les yeux desquels elle se trouve ; et que, pour l'ordinaire des hommes, ils ne voient que par l'action qui vient des objets » (*Dioptrique*, (AT VI, 86)). Sextus Empiricus attribue cette

Le troisième songe fut paisible. Descartes vit un dictionnaire et un recueil de poésies. « Ce qu'il y a de singulier à remarquer, lit-on dans son récit autobiographique, c'est que, doutant si ce qu'il venait de voir était songe ou vision, non seulement il décida, en dormant, que c'était un songe, mais il en fit encore l'interprétation avant que le sommeil le quittât ». Selon cette interprétation, le dictionnaire représentait « toutes les Sciences ramassées ensemble », et le recueil de poésies « la Philosophie et la Sagesse jointes ensemble ». Selon Descartes il ne faut pas se surprendre « que les poètes soient pleins de sentences plus graves, plus sensées, et mieux exprimées que celles qui se trouvent dans les écrits des philosophes ». Cela est attribuable à la divinité de l'enthousiasme : « qui fait sortir les semences de la sagesse (qui se trouvent dans l'esprit de tous les hommes, comme les étincelles de feu dans les cailloux) avec beaucoup plus de facilité et beaucoup plus de brillant même, que ne peut faire la Raison dans les philosophes »¹¹.

Ces trois rêves ont fait couler beaucoup d'encre. On est allé jusqu'à consulter Freud qui se récusa faute de pouvoir interroger le rêveur. L'idée de la vision mystique ou de l'illumination était courante au temps de Descartes et elle était sûrement présente à son esprit puisqu'il rapporte lui-même « que le Génie qui excitait en lui l'enthousiasme dont il se sentait le cerveau échauffé depuis quelques jours, lui avait prédit ces songes avant que de se mettre au lit, et que l'esprit humain n'y avait aucune part¹² ». Mais l'important pour nous est de comprendre le fondement objectif de ce sentiment exaltant. Lorsque Descartes se coucha le 10 novembre 1619, se disposant pour la nuit des songes, il précise qu'il était « tout rempli d'enthousiasme ayant trouvé les fondements de la science admirable¹³ ». L'enthousiasme de Descartes ne repose pas sur une ambition démesurée qui serait le fruit d'une surexcitation psychologique. Elle se fonde sur une expérience personnelle de succès dans le domaine des mathématiques et il convient d'en retracer la genèse. Comme beaucoup de fils cadets de la petite noblesse, Descartes se rendit en Hollande en 1618 pour apprendre le métier des armes dans un des deux régiments français du prince d'Orange, Maurice de Nassau. Descartes s'équipait à ses frais, payait son valet et ne recevait pas de solde, sauf une fois, au début, un doublon, qu'il conserva en souvenir. Il n'était astreint à aucune occupation précise. Oisif et désœuvré, il perdait son temps. Qui plus est, il s'ennuyait. Le hasard voulut qu'il fasse la connaissance, le 10 novembre 1618, d'Isaac Beeckman, un jeune Hollandais d'une vivacité d'esprit exceptionnelle. Celui-ci l'intéressa à une foule de questions d'actualité tant en mathématiques qu'en physique, en astronomie, voire en musique et en astrologie. Lorsqu'il s'apprêtera à quitter la Hollande pour un voyage en Allemagne, Descartes rendra ce vibrant hommage à son ami : « C'est bien toi seul, qui a secoué mon indolence, rappelé un savoir presque

faculté à Tibère dans ses *Hypotyposes pyrrhoniennes*, livre I, ch. 14 (voir l'édition du Loeb Classical Library, *Sextus Empiricus*, Londres, Heinemann, 1976, vol. I, p. 50). Sur l'évolution de l'optique, voir Gérard SIMON, *Le regard, l'être et l'apparence*, Paris, Seuil, 1988 ; David PARK, *The Fire Within the Eye*, Princeton, Princeton University Press, 1997.

11. *Olympica* (AT X, 184).

12. *Ibid.*, p. 186.

13. *Ibid.*, p. 179.

échappé de ma mémoire, et ramené à de meilleures occupations mon intelligence errant loin des choses sérieuses¹⁴ ».

Stimulé par Beeckman, Descartes volera rapidement de ses propres ailes et se passionnera pour les mathématiques. L'Antiquité avait légué à la postérité trois problèmes restés célèbres. Ce sont : (a) la duplication du cube, (b) la trisection de l'angle et (c) la quadrature du cercle. Or Descartes, à peine âgé de vingt-deux ans, trouvera en 1619 la solution des deux premiers de ces trois problèmes, grâce à des méthodes qui sont aussi simples qu'elles sont géniales. Nous comprendrons mieux l'engouement de Descartes pour les mathématiques et la part que cette discipline jouera dans sa conception du raisonnement scientifique si nous nous penchons sur ses deux découvertes.

LA DUPLICATION DU CUBE

Selon la tradition, lorsque la peste sévit sur l'île de Délos, les habitants firent appel à l'oracle d'Apollon à Delphes, qui leur intima de doubler leur autel dont la forme était cubique, d'où l'expression « duplication du cube ». L'opération s'avéra moins aisée que prévue. Hippocrate de Chios, un contemporain de Platon, découvrit que la solution consistait à trouver deux moyennes proportionnelles entre la longueur du cube et deux fois cette longueur. Si a = longueur du cube, a^3 = le cube, $2a^3$ = dimension du cube recherché, x = la première moyenne proportionnelle, y = deuxième moyenne proportionnelle. Alors,

$$\frac{a}{x} = \frac{x}{y} = \frac{y}{2a} ,$$

par raisons composées,

$$\frac{a^3}{x^3} = \frac{a}{x} \times \frac{x}{y} \times \frac{y}{2a} ,$$

$$\frac{a^3}{x^3} = \frac{a}{2a} ,$$

$$x^3 = 2a^3 .$$

Si nous connaissons deux moyennes proportionnelles, x et y , entre a et $2a$ nous pouvons doubler le cube a^3 . Mais il s'agit encore de trouver ces deux moyennes proportionnelles ! Diverses solutions furent proposées dans l'Antiquité et Pappus, au IV^e siècle, en donne un résumé dans ses *Mathematicae Collectiones* dont Federico Commandino publia une traduction en 1588. La plus heureuse des solutions anciennes est celle d'Ératosthène, un mathématicien du III^e siècle avant Jésus-Christ, auquel Des-

14. Lettre à Isaac Beeckman, 23 avril 1619 (AT X, 162-163). L'original est en latin.

cartes empruntera le mot « mésolabe » pour le compas qu'il inventera¹⁵. Quelques mots sur l'instrument d'Ératosthène ne seront pas inutiles afin de mieux mesurer l'écart entre la démarche de Descartes et celle de ses devanciers.

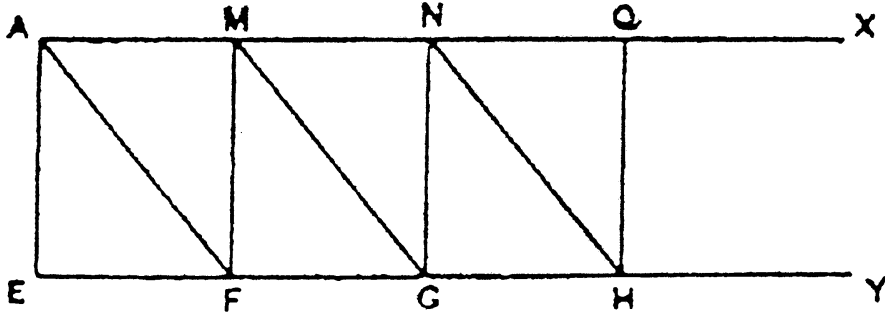


Figure 2

Le mésolabe d'Ératosthène est composé de trois triangles rectangulaires AMF, MNG et NQH (voir figure 2) amovibles, placés entre deux règles parallèles AX et EY, reliés par AE pour former un cadre rigide. Des rainures à l'intérieur de ces règles permettent aux triangles de glisser les uns sous les autres. Cherchons les moyennes proportionnelles entre deux lignes, a et b , et ajustons le mésolabe afin que $AE = a$. En position initiale, les triangles AMF, MNG et NQH sont côte à côte (figure 2).

Inscrivons le point D sur le côté QH de telle sorte que $DH = b$. Glissons le triangle MNG sous le triangle AMF et le triangle NQH sous MNG de telle sorte que NQH se trouve maintenant à N'QH et MNG à M'NG (voir figure 3). Traçons une ligne reliant A et D et coupant MF en B, NG en C et EY en K.

15. Descartes pouvait trouver la solution d'Ératosthène chez PAPPUS, *Mathematicae Collectiones*, liber 3, problema I, propositio V, Federico Commandino, éd., Pesaro, apud Hieronymum Concordiam, 1588, p. 5r-5v. Le premier et le deuxième livres des *Collections* ayant été perdus, l'ouvrage débute avec le troisième livre. Le mésolabe est aussi décrit par Gioseffo ZARLINO dans ses deux principaux ouvrages, les *Istituzioni Harmoniche* (Venise, 1558) et les *Dimostrazioni Harmoniche* (Venise, 1571), que Descartes semble avoir connus. Pour une présentation moderne, voir Thomas HEATH, *A History of Greek Mathematics*, 2 t., Oxford, Clarendon Press, 1921, t. I, p. 258-259.

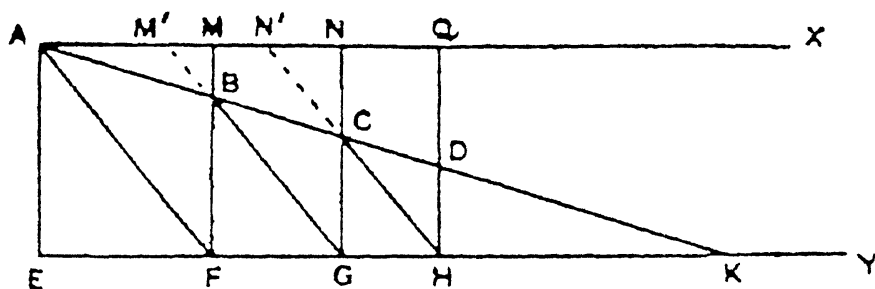


Figure 3

BF et CG sont alors les deux moyennes proportionnelles que nous cherchons entre les lignes données $a (= AE)$ et $b (= DH)$.

La preuve, qui est simple, repose sur le fait que les triangles AEK, BFK et CGK sont semblables :

$$\frac{EK}{KF} = \frac{AK}{KB} = \frac{FK}{KG} ,$$

et

$$\frac{EK}{KF} = \frac{AE}{BF} ,$$

$$\frac{FK}{KG} = \frac{BF}{CG} ;$$

d'où

$$\frac{AE}{BF} = \frac{BF}{CG} ,$$

et de la même façon,

$$\frac{BF}{CG} = \frac{CG}{DH} ;$$

ainsi AE, BF, CG et DH sont en rapport de proportionnalité continue et BF et CG sont les deux moyennes proportionnelles. Q. E. D.

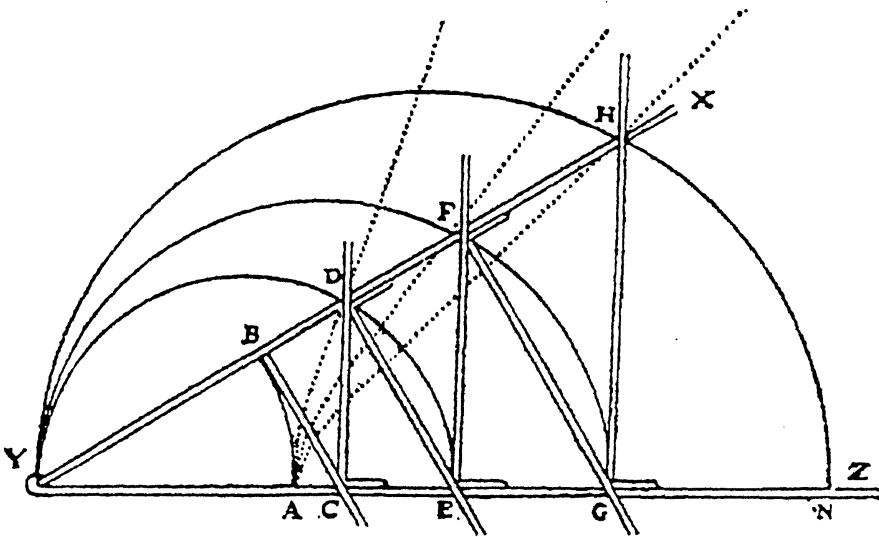


Figure 4

Penchons-nous sur la démarche de Descartes. Il s'inspire des triangles amovibles d'Ératosthène mais il en modifie profondément la structure et la portée. Nous donnons ici la version finale telle qu'elle fut publiée dans la *Géométrie* de 1637¹⁶. Notons d'abord que les règles ne sont plus disposées en cadre mais forment un grand compas XYZ (figure 4). La règle BC est fixée sur le bras XY avec lequel elle forme un angle droit. À la droite de BG se succèdent une série d'équerres en forme de L ainsi disposées que DE et FG forment également un angle droit avec XY tandis que CD, EF et GH forment un angle droit avec YZ. Toutes ces équerres peuvent glisser à l'intérieur du bras du compas sur lequel elles sont appuyées. C'est ainsi que lorsqu'on ouvre le compas, BC pousse DC le long de YZ, DC pousse à son tour DE le long de XY, et ainsi de suite. Des mines de crayon fixées au dos de B, D, F et H, tracent des courbes au fur et à mesure que nous ouvrons le compas. La complexité de ces lignes (indiquées en pointillés) augmente depuis le cercle tracé par le premier point B. Dans la *Géométrie*, Descartes décrit ces courbes algébriquement et les classe selon leur complexité ascendante. En 1619 toutefois, Descartes n'avait pas encore pris pleinement conscience de la portée algébrique de sa découverte. Ce qui retenait alors son attention était l'usage que l'on pouvait faire de ce compas pour créer des moyennes proportionnelles. Cela est évident dès que l'on remarque que les triangles CBY, DYC, EYD, FYE, GYF et HYG sont toujours rectangles et semblables quelle que soit l'ouverture du compas. Dans la figure 4, nous avons une impressionnante série de proportions géométriques continues :

16. DESCARTES, *Géométrie* (AT VI, 391-392 et 443-444).

$$\frac{YB}{YC} = \frac{YC}{YD} = \frac{YD}{YE} = \frac{YE}{YF} = \frac{YF}{YG} = \frac{YG}{YH}.$$

Ératosthène était largement dépassé. Le jeune officier français triomphait de l'Antiquité et devançait de loin les efforts des meilleurs mathématiciens de son temps.

Non content d'avoir trouvé une méthode inédite pour doubler un cube, Descartes s'attaqua immédiatement au deuxième problème, celui de la trisection de l'angle. Il trouva la solution entre le 20 et le 26 mars 1619, date à laquelle il informa Beeckman de son succès. Comme le premier compas pour produire des moyennes proportionnelles, le nouvel instrument (figure 5) est facile à construire et à manier.

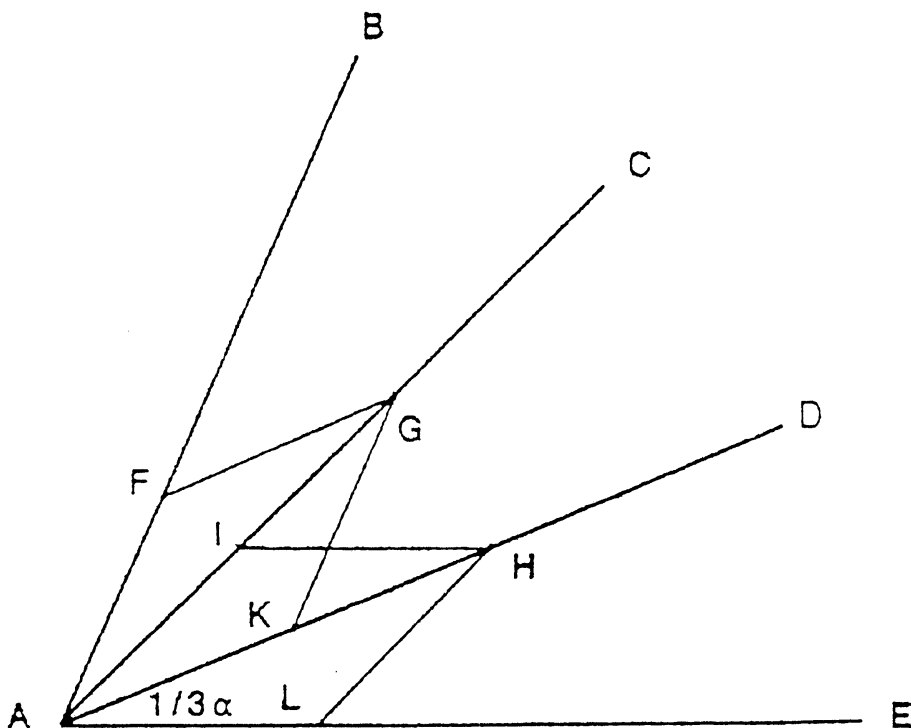


Figure 5

Quatre règles, AB, AC, AD et AE, peuvent pivoter en A¹⁷. Les points F, I, K et L sont équidistants de A ; donc AF = AI = AK = AL. Des baguettes, FG, GK, IH et LH, de même longueur que AF, sont attachées aux points F, I, K et L autour desquels el-

17. DESCARTES, *Cogitationes privatae* (le titre latin donné à ses notes de travail, AT X, 240).

les peuvent tourner. Ces baguettes sont ainsi disposées que G peut glisser le long de la règle AC et H le long de la règle AD.

Pour trisecter un angle donné α , on ouvre le compas jusqu'à ce que l'angle BAE = α . Puisque les triangles AFG, AKG, AIH et ALH sont toujours égaux, les angles correspondants FAC, GAD et DAE le sont également quelle que soit la grandeur de l'angle BAE. La trisection de l'angle s'avère donc d'une simplicité étonnante grâce au nouveau compas.

La fertilité mathématique de Descartes ne s'arrête pas ici. Il entrevoit immédiatement une variante (figure 6)¹⁸. Traçons la courbe MN qui est produite par l'ouverture du compas. Du point F, traçons un cercle de rayon AF, qui coupe cette courbe en G. Joignons A et G, ce qui divisera l'angle BAE dans le rapport 2:1. L'angle FAC sera alors 1:3 de l'angle BAE.

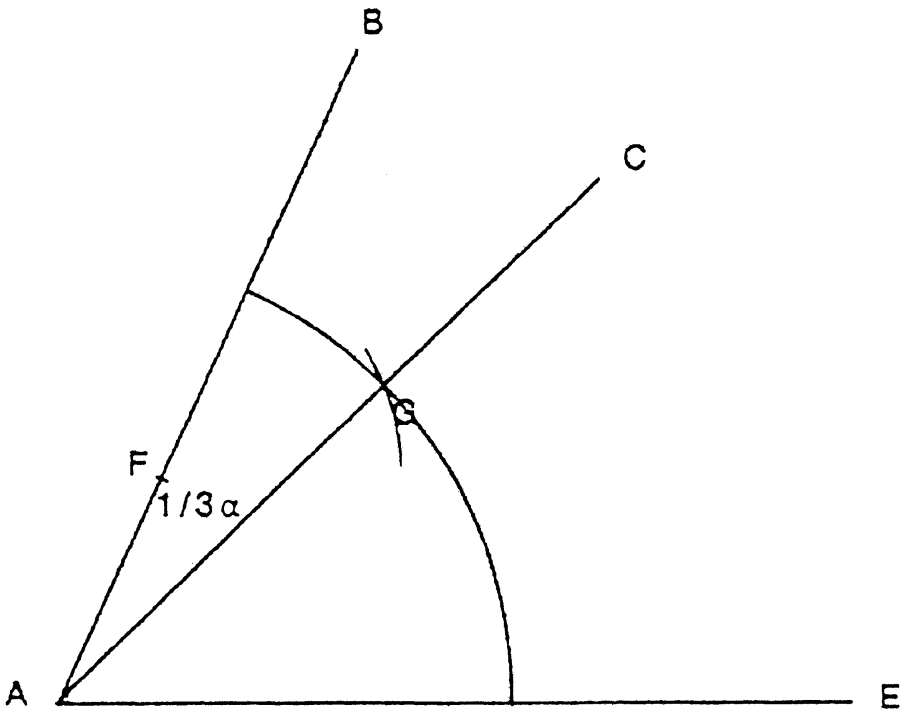


Figure 6

Descartes ajoute immédiatement que l'addition d'une ou de plusieurs autres règles permet de diviser l'angle en quatre parties ou en autant de parties que l'on voudra. Si le premier compas était capable d'engendrer une infinité de moyennes pro-

18. *Ibid.*, p. 241.

portionnelles, le deuxième est une véritable machine à divisions ! Se surpassant, Descartes trouvera peu après une autre méthode géométrique pour déterminer deux moyennes proportionnelles, cette fois à l'aide d'une parabole et d'un cercle¹⁹.

Descartes pouvait bien avoir la tête échauffée ! Dès le 26 mars 1637, il écrit à son ami Isaac Beeckman qu'il travaille à fonder « une science toute nouvelle, qui permette de résoudre en général toutes les questions qu'on peut se proposer en n'importe quel genre de quantité, continue ou discontinue, chacune suivant sa nature²⁰ ». Il s'agit déjà d'une méthode universelle qui va au-delà des mathématiques : « Quel projet ambitieux ! ajoute-t-il, c'est à peine croyable ! Mais dans le chaos obscur de cette science j'ai aperçu je ne sais quelle lumière, grâce à laquelle les plus épaisses ténèbres pourront se dissiper²¹ ». Une fois son projet sanctionné par l'illumination nocturne de la nuit du 10 au 11 novembre 1619, Descartes s'accordera en tout neuf ans pour « rouler çà et là dans le monde tâchant d'y être spectateur plutôt qu'acteur en toutes les comédies qui s'y jouent²² » avant de se fixer en Hollande en 1628. Les *Règles pour la direction de l'esprit* qu'il écrivit peu après, font le point sur l'orientation de sa philosophie et mettent en relief le rôle complémentaire de l'intuition et de la déduction. Il s'intéresse à la biologie et à l'anatomie et fait de nombreuses dissections. Il gardera toute sa vie ce goût de la médecine, donnant des consultations à des amis et professant sa foi dans la possibilité de parvenir, par une meilleure connaissance du mécanisme humain et du régime approprié, à prolonger la vie pendant plusieurs siècles²³. À l'encontre de « cette philosophie spéculative qu'on enseigne dans les écoles », Descartes aspirait à « des connaissances qui soient fort utiles à la vie », capables de « nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature », lira-t-on dans le *Discours de la méthode*²⁴.

Frappé par les révélations de la lunette astronomique que Galilée avait tournée vers le ciel en 1609, Descartes entreprend un traité de cosmologie (son *Monde*, comme il l'appelle) en s'appuyant sur la théorie copernicienne qui suppose que la terre est en mouvement autour du soleil. Son ouvrage est presque terminé lorsqu'il apprend en 1633 la condamnation de Galilée. Dans un premier moment il est atterré et écrit à Mersenne qu'il va brûler tous ses papiers. Mais il se ressaisit et trouve une échappatoire : il présentera son *Monde* sous forme de fable, c'est-à-dire de science fiction, pour rassurer les autorités ecclésiastiques sans compromettre son projet.

19. Elle sera publiée dans la *Géométrie* (AT X, 470-471).

20. Lettre à Isaac Beeckman (AT X, 156-157).

21. *Ibid.*, p. 157-158.

22. *Discours de la méthode*, 3^e partie (AT VI, 28).

23. Au marquis de Newcastle, Descartes écrira en 1645 : « La conservation de la santé a été de tout temps le principal but de mes études » (AT IV, 329). L'abbé Claude Picot, qui passa trois mois avec Descartes en Hollande, était si convaincu que son ami avait découvert un régime pour prolonger la vie « qu'il aurait juré qu'il lui aurait été impossible de mourir comme il le fit à cinquante-quatre ans et que, sans une cause étrangère et violente (comme celle qui dérégla sa machine en Suède), il aurait vécu cinq cents ans, après avoir trouvé l'art de vivre plusieurs siècles » (Adrien BAILLET, *Vie de Monsieur Des-Cartes*, vol. II, p. 452-453).

24. *Discours de la méthode*, 6^e partie (AT VI, 61-62).

ORDRE ET CLARTÉ

Fier de son succès mathématique et convaincu « qu'entre tous ceux qui ont ci-devant recherché la vérité dans les sciences, il n'y a que les seuls mathématiciens qui ont pu trouver quelques démonstrations, c'est-à-dire quelques raisons certaines et évidentes²⁵ », Descartes insistera sur l'enchaînement rigoureux du discours scientifique. Le jugement qu'il portera sur Galilée dont il venait de lire les *Discours concernant deux sciences nouvelles* est éloquent à cet égard : « Je trouve en général qu'il philosophe beaucoup mieux que le vulgaire, en ce qu'il quitte le plus qu'il peut les erreurs de l'École et tâche à examiner les matières physiques par des raisons mathématiques. [...] Mais il me semble qu'il manque beaucoup en ce qu'il fait continuellement des digressions et ne s'arrête point à expliquer tout à fait une matière ; ce qui montre qu'il ne les a point examinées par ordre²⁶. » Cet ordre, selon Descartes, exige que l'on ait au départ une notion claire et distincte de l'esprit qui connaît et de la matière qui est connue. Les *Méditations*, parues en latin en 1641 et en français six ans plus tard, distinguent de façon radicale l'esprit, dont le propre est de penser, de la matière, qui n'est qu'extension et dont la nature est révélée par une « expérience mentale » que Descartes nous convie à faire après lui. Imaginons un morceau de cire que l'on vient de tirer de la ruche : sa couleur, sa figure, sa grandeur, sont apparentes et on peut encore sentir l'odeur des fleurs dont il a été recueilli. Il est dur, froid au toucher et rend un son si on le frappe. Approchons-le du feu : toutes ces qualités sensibles disparaissent ! Descartes en conclut que la cire « n'était ni cette douceur du miel, ni cette agréable odeur des fleurs, ni cette blancheur, ni cette figure, ni ce son, mais seulement un corps qui un peu auparavant me paraissait sous ces formes, et qui maintenant se fait remarquer sous d'autres. Mais qu'est-ce, précisément parlant, que j'imagine, lorsque je la conçois en cette sorte ? Considérons-le attentivement, et éloignant toutes les choses qui n'appartiennent point à la cire, voyons ce qui reste. Certes il ne demeure rien que quelque chose d'étendu, de flexible et de muable²⁷. » En d'autres mots, il ne demeure que l'extension qui est une propriété réelle mais qui n'est connue que par l'entendement. L'extension est bel et bien ce que nous voyons et touchons, mais elle n'est connue que par une « inspection de l'esprit²⁸ ». Tout objet matériel peut être analysé de la même manière. Dans l'univers des corps il n'y a que de la matière étendue. Dans le feu, par exemple, il ne faut pas chercher une propriété spécifique, qui serait la chaleur, mais seulement des corps minuscules qui sont agités très rapidement.

Cette matière peut être mise en mouvement mais d'elle-même elle est inerte. Si une impulsion lui est communiquée, elle la conserve comme si rien n'était. C'est ici que l'intuition de Descartes se révèle géniale : le mouvement n'est pas un *processus* qui a besoin d'être soutenu par l'application d'une force constante. C'est un *état* qui

25. *Ibid.*, 2^e partie (AT VI, 19).

26. Lettre à Mersenne, 11 octobre 1638 (AT II, 380).

27. DESCARTES, *Méditations métaphysiques*, traduit par le duc de Luynes (Paris, 1647), Méditation seconde (AT IX, 1, 23-24). L'original latin, *Meditationes de prima philosophia* (Paris, 1641) (AT VII, 30-31).

28. *Ibid.* (AT IX, 1, 25 ; VII, 31).

est aussi permanent que le repos et qui ne change que si une force extérieure lui est appliquée. Trois lois du mouvement vont codifier la pensée de Descartes. Voici la première : « Que chaque partie de la matière, en particulier, continue toujours d'être en un même état, pendant que la rencontre des autres ne la contraint point de changer. [...] Il n'y a personne qui ne croit que cette même règle s'observe dans l'ancien Monde, touchant la grosseur, la figure, le repos et mille autres choses semblables ; mais les Philosophes en ont excepté le mouvement qui est pourtant la chose que je désire le plus expressément y comprendre²⁹. » Véhicule du mouvement, la matière ne saurait en être la source. Tout mouvement vient du Créateur qui conserve de façon immuable la quantité de mouvement qu'il a mise dans la matière lorsqu'il l'a façonnée.

Cette loi marque une étape décisive dans l'histoire de la mécanique classique. Elle rappelle ou, plutôt, elle appelle la fameuse loi que Newton formulera plus de cinquante ans plus tard dans ses *Principia Mathematica* : « Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme à moins que des forces imprimées ne le contraignent à changer son état³⁰ ». Nous avons dit que la loi cartésienne appelle la loi de Newton car il lui manque la stipulation essentielle que le mouvement « inertial » n'est pas un mouvement quelconque mais un mouvement rectiligne uniforme. Descartes sait très bien que lorsqu'on fait tourner une pierre dans une fronde, elle part en ligne droite aussitôt qu'elle en est sortie ; aussi ajoute-t-il la rectilinéarité dans une deuxième loi qu'il fonde également sur l'immutabilité de Dieu, qui conserve chaque chose « précisément telle qu'elle est au même instant qu'il la conserve. Or est-il que, de tous les mouvements, il n'y a que le droit, qui soit entièrement simple, et dont toute la nature soit comprise en un instant³¹. » Dans une troisième loi, Descartes précise qu'un corps ne saurait communiquer de son mouvement à un autre corps sans en perdre autant du sien.

Ces lois seront publiées dans les *Principes de la philosophie* que Descartes fera paraître en latin en 1644 et dans une version française, qui diffère parfois de l'original, en 1647. Leur application, qui pouvait sembler aisée, s'avéra plus difficile que Descartes ne l'avait prévue. Les sept règles qu'il formule pour exprimer la direction et la vitesse des corps qui entrent en collision ne sont ni toutes vraies ni toutes compatibles. En particulier, Descartes ne tient pas compte des changements de direction et il ne distingue pas entre les collisions élastiques et celles qui ne le sont pas. Cela lui vaut d'étranges méprises. Par exemple, dans la règle deuxième où il est question de deux corps de masse différente mais de vitesse égale qui se heurtent, Descartes affirme qu'après le choc les corps se déplacent ensemble dans la direction initiale du

29. DESCARTES, *Monde* (AT XI, 38). Descartes parle de « règles » dans le *Monde*, mais dans les *Principia philosophiae*, il emploiera l'expression « loi de la nature (*lex naturae*) » (AT VIII, 1, 62). Pour la portée philosophique de cette loi, voir Alexandre KOYRÉ, *Études galiléennes*, Paris, Hermann, 1966 ; Frédéric de BUZON et Vincent CARRAUD, *Descartes et les « Principia » II : Corps et mouvement*, Paris, Presses Universitaires de France, 1994.

30. Isaac NEWTON, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Londres, 1687, p. 12. Newton calque le titre de son ouvrage sur celui de Descartes, *Principia Philosophiae*, mais avec les ajouts significatifs de *Mathematica* à *Principia* et *Naturalis* à *Philosophiae*.

31. *Monde*, chap. 7 (AT XI, 44-45).

plus massif des corps, *à la même vitesse que celui-ci avait auparavant*, ce que l'expérience contredit³². La quatrième règle nous livre un autre cas paradoxal : un corps en repos ne saurait être mis en mouvement par un corps de masse inférieure *quelle que soit la vitesse* de ce dernier. Interprétée de façon littérale, cette loi impliquerait qu'un boulet de canon de 10 kilos se déplaçant à 100 kilomètres à l'heure ne saurait faire bouger une pierre à peine plus petite de 10,1 kilos ! L'erreur de Descartes repose sur sa conviction que le corps plus massif résiste d'autant plus à se mettre en mouvement que le corps moins massif vient plus vite vers lui, ce qui lui vaudra de résister « dix fois plus à la réception de vingt degrés qu'à celle de deux et cent fois plus à la réception de deux cents³³ ». En pratique, Descartes contourne sa propre loi en plaçant tous les corps dans un fluide (l'atmosphère) où les corps cèdent aisément à la moindre impulsion.

Faute de règles du mouvement satisfaisantes, Descartes ne pouvait pas développer une cosmologie quantitative. Fort habilement, il se contentera donc dans le *Monde* et les *Principes* d'insister sur l'importance du contact entre les corps qui sont mus par des tourbillons de matière qui emplissent un univers où le vide est impossible. Ces tourbillons exercent une force que Christiaan Huygens nommera centrifuge, mais il n'est aucunement question d'attraction, ou de force centripète, comme chez Newton. Laissant de côté les détails, Descartes prône la supériorité de sa méthode.

Je pourrais, écrit-il dans le *Monde*, mettre encore ici plusieurs règles, pour déterminer, en particulier, quand, comment, et de combien, le mouvement de chaque corps peut être détourné et augmenté ou diminué, par la rencontre des autres ; ce qui comprend sommairement toutes les lois de la nature. Mais je me contenterai de vous avertir, qu'outre les trois lois que j'ai expliquées, je n'en veux point supposer d'autres, que celles qui suivent infailliblement de ces vérités éternelles sur qui les mathématiciens ont accoutumé d'appuyer leurs plus certaines et plus évidentes démonstrations : ces vérités, dis-je, suivant lesquelles Dieu même nous a enseigné qu'il avait disposé toutes choses en nombre, en poids et en mesure et dont la connaissance est si naturelle à nos âmes, que nous ne saurions ne les pas juger infaillibles lorsque nous les concevons distinctement, ni douter que, si Dieu avait créé plusieurs mondes, elles ne fussent en tous aussi véritables qu'en celui-ci. De sorte que ceux qui sauraient suffisamment examiner les conséquences de ces vérités et de nos règles, pourront connaître les effets par leurs causes ; et, pour m'expliquer en termes de l'École, pourront avoir des démonstrations *a priori* de tout ce qui peut être produit en ce nouveau monde³⁴.

LA FABLE DU MONDE

Descartes nous convie à un voyage intergalactique : « Permettez donc pour un peu de temps à votre pensée de sortir hors de ce Monde, pour en venir voir un autre tout nouveau, que je ferai naître en sa présence dans les espaces imaginaires³⁵. »

32. *Principes de la philosophie*, 2^e partie, §47 (AT IX, 2, 90).

33. *Ibid.*, §49 (AT IX, 2, 91). Ces règles sont discutées et élucidées par Daniel GARBER, *Descartes's Metaphysical Physics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1992, p. 231-262.

34. *Monde*, chap. 7 (AT XI, 47).

35. *Ibid.*, chap. 6 (AT XI, 31).

Cette façon de présenter sa cosmologie lui permet d'affirmer que la Terre tourne autour du soleil sans s'attirer les foudres de l'Inquisition, mais aussi de se prévaloir d'une matière où il n'y a rien, dit-il, « qui ne soit pas évidemment connu de tout le monde ». « Concevons-la, poursuit-il, comme un vrai corps, parfaitement solide, qui remplit également toutes les longueurs et profondeurs de ce grand espace au milieu duquel nous avons arrêté notre pensée ; en sorte que chacune de ses parties occupe toujours une partie de cet espace, tellement proportionnée à sa grandeur, qu'elle n'en saurait remplir une plus grande, ni se resserrer en une moindre, ni souffrir que, pendant qu'elle y demeure, quelqu'autre y trouve place³⁶. » La matière remplit donc tout l'espace et, ce qui plus est, la matière est l'espace. Les deux mots sont synonymes pour Descartes. Mais cette matière, parfaitement homogène et inerte, ne saurait donner naissance à aucun changement, quel qu'il soit. Pour que le mouvement puisse se propager et diviser cette matière, il faudrait que celle-ci ne soit plus une masse compacte. Le mouvement requiert donc une matière déjà divisée, mais la division n'est possible que s'il y a mouvement ! Descartes croit pouvoir sortir de ce cercle vicieux en affirmant que Dieu donne à la matière une certaine quantité du mouvement à l'instant même où il lui confère l'existence. La matière initiale se trouve ainsi divisée en parties qui obéissent aux lois du mouvement établies de façon si merveilleuse que l'ordre s'y instaure inéluctablement. Ces lois sont suffisantes, écrit Descartes dans le *Monde*, « pour faire que les parties de ce Chaos se démêlent d'elles-mêmes et se disposent en si bon ordre, qu'elles auront la forme d'un Monde très-parfait³⁷ », identique en tout point à celui que nous voyons dans le monde réel. Dans les *Principes de la philosophie*, Descartes ne modifiera pas son propos, mais il veillera à dissiper l'impression qu'il se ralliait à Lucrèce plutôt qu'à Moïse. « Je ne doute point, écrit-il, que le monde n'ait été créé au commencement avec autant de perfection qu'il en a ». Le soleil et les astres sont apparus tels que nous les voyons ; Adam et Ève ont été créés adultes. Les Saintes Écritures nous le disent et la raison naturelle nous le confirme. Quelle est alors la valeur d'une théorie évolutive ? La réponse, qui ne manquera pas d'être vivement discutée, est la suivante :

Comme on connaîtrait beaucoup mieux quelle a été la nature d'Adam et celle des arbres du Paradis, si on avait examiné comment les enfants se forment peu à peu au ventre des mères et comment les plantes sortent de leurs semences, que si on avait seulement considéré quels ils ont été quand Dieu les a créés : tout de même, nous ferons mieux entendre quelle est également la nature de toutes les choses qui sont au monde, si nous pouvons imaginer quelques principes qui soient fort intelligibles et fort simples, desquels nous fassions voir clairement que les astres et la terre, et enfin tout le monde visible aurait pu être produit ainsi que de quelques semences, bien que nous sachions qu'il n'a pas été produit en cette façon³⁸.

C'est tout le problème du statut épistémologique de la démarche cartésienne qui est posé par ce passage. Descartes cherchait-il tout simplement à éluder la censure ecclésiastique ? Croyait-il vraiment que ses hypothèses cosmologiques n'étaient

36. *Ibid.* (AT XI, 33).

37. *Ibid.* (AT XI, 34-35).

38. *Principes de la philosophie*, 3^e partie, §45 (AT VIII, 1, 123-124).

qu'une pure spéculation ? À la lumière de ses affirmations réitérées, il est difficile de penser qu'il ne croyait pas à la vérité de ses propres théories. Par ailleurs nous n'avons aucune raison de mettre en doute son adhésion aux principaux dogmes chrétiens, dont celui de la vérité des Écritures. Si tout s'est passé comme le raconte la *Genèse*, à quoi peut bien servir un raisonnement qui assume un changement qui n'a jamais eu lieu ? Et pourtant Descartes n'en démordra pas car il était convaincu que les lois qui régissent « son » monde sont les lois de tout monde possible. Quel que soit le chaos initial que l'on puisse imaginer, la matière sera amenée à s'organiser comme nous la voyons à présent. L'univers est une vaste machine que le scientifique peut démonter et reconstruire pour en comprendre les rouages, même si sa manière de procéder n'est pas celle qui a été suivie historiquement. N'oublions pas que Descartes ne disposait, selon les croyances de son temps, que de quelques milliers d'années pour passer de la création du monde à l'état actuel des choses. Sa conviction que la vérité conceptuelle prime sur la vérité banale de l'événement historique nous aide à comprendre la troisième des quatre règles qu'il énonce dans le *Discours de la méthode* : « Conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degrés, jusqu'à la connaissance des plus composés ; et *supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres*³⁹. »

Revenons donc à la construction séquentielle mais atemporelle du *Monde* de Descartes. La matière, mise en mouvement à l'instant même de sa création, se met à tourner et des parties de dimension variable sont progressivement formées. Les plus petites et les plus rapides forment l'élément du feu. Les plus lourdes et les moins agitées deviennent l'élément terrestre tandis que celles qui sont à mi-chemin entre ces deux éléments forment l'air qui occupe tout l'espace entre les corps célestes. Les planètes sont entraînées par les tourbillons de cette dernière matière dans laquelle ils baignent et leur mouvement peut être comparé à celui d'un navire que le courant du fleuve emporte.

Descartes tente également d'expliquer la chute des corps, et donc la pesanteur, comme un effet de la rotation de la matière céleste. Il propose une expérience à cet effet dans une lettre à Marin Mersenne : « Pour entendre comment la matière subtile qui tourne autour de la terre chasse les corps pesants vers le centre, remplissez quelque vaisseau rond de menues dragées de plomb et mêlez parmi ce plomb quelques pièces de bois, ou autre matière plus légère que ce plomb, qui soient plus grosses que ces dragées ; puis, faisant tourner ce vaisseau fort promptement, vous éprouvez que ces petites dragées chasseront toutes ces pièces de bois, ou autre telle matière, vers le centre du vaisseau, ainsi que la matière subtile chasse les corps terrestres⁴⁰. » Les successeurs de Descartes, dont Christiaan Huygens, épingleuront cette expérience, une des rares que Descartes soumet à ses lecteurs. Fier d'avoir pu expliquer la pesanteur de façon purement mécanique, Descartes essaya également de rendre compte des ma-

39. *Discours de la méthode*, 2^e partie (AT VI, 18-19).

40. Lettre à Mersenne, 16 octobre 1639 (AT II, 593-594). Voir E.J. AITON, *The Vortex Theory of Planetary Motion*, Londres, Macdonald, 1972, p. 30-89.