« Trouver quelques vérités dans les sciences »

Les Essais de Descartes entre méthode et découverte scientifique

Mariafranca Spallanzani

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/cps/2028>

DOI : 10.4000/cps.2028

ISSN : 2648-6334

Éditeur

Presses universitaires de Strasbourg

Édition imprimée

Date de publication : 15 décembre 2012

Pagination : 47-76

ISBN : 978-2-354100-51-3

ISSN : 1254-5740

Référence électronique

Mariafranca Spallanzani, « « Trouver quelques vérités dans les sciences » », *Les Cahiers philosophiques de Strasbourg* [En ligne], 32 | 2012, mis en ligne le 15 mai 2019, consulté le 10 novembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/cps/2028> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cps.2028>

Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International - CC BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

« Trouver quelques vérités dans les sciences » Les *Essais* de Descartes entre méthode et découverte scientifique

Mariafranca Spallanzani

Existe-t-il une logique de Descartes ? Cette question, encore ouverte et discutée dans le débat contemporain sur la pensée du philosophe de la méthode¹, a toujours constitué un des problèmes les plus controverses du cartésianisme dès les tout premiers temps. Dès l'origine en effet, la communauté scientifique s'était interrogée et dès l'origine elle s'était

- 1 La bibliographie contemporaine sur ce sujet est extrêmement riche : à partir de l'édition du *Discours de la Méthode* par Gilson E. (Paris, Vrin, 1947 *sqq.* aux études de Marion J.-L., « Ordre et relation », *Archives de philosophie*, 37, 2, 1974, p. 243-274 ; Borghero C., « "Méthode" e "Géométrie" : interpretazioni seicentesche della logica cartesiana », *Rivista di filosofia*, 79, 1, 1988, p. 25-58 et, du même auteur, « La méthode senza la Géométrie : Poisson e la diffusione del metodo cartesiano », in Belgioioso G., Cimino G., Costabel P., Papuli G. (éds), *Descartes : il metodo e i saggi*, Roma, Istituto della Enciclopedia italiana, 1990, vol. II, p. 587-595 ; Gaukroger S., *Cartesian Logic. An Essay on Descartes's Conception of Inference*, Oxford, Clarendon Press, 1989 ; Grosholz E., *Cartesian Method and the Problem of Reduction*, Oxford, Clarendon Press, 1991 ; Lojacono E., « Le point extrême de la transgression cartésienne : la logique "introuvable" », *Les études philosophiques*, 4/2005 (n° 75), p. 503-519 ; Ariew R., *Descartes, the First Cartesian and Logic*, in Garber D., Nadler S. (eds), *Oxford Studies in early modern philosophy*, volume III, New York, Oxford University Press, 2006, p. 141-160 ; Savini M., « L'insertion du cartésianisme en logique : la *Logica vetus et nova* de Johannes Clauberg », *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1, 2006, p. 73-88 et, du même auteur, *Johannes Clauberg : Methodus cartesiana et ontologie*, Paris, Vrin, 2011. Dans cet article je reprends certains passages de mon texte "Plus en pratique qu'en théorie", à paraître dans la revue *Sciences et Techniques en Perspective*.

partagée : d'un côté les critiques du philosophe avaient remarqué l'absence d'un traitement adéquat de la logique dans ses textes et avaient souligné l'infériorité de sa méthode par rapport à l'*Organe* d'Aristote, de l'autre ses défenseurs valorisaient la méthode cartésienne et les remarquables résultats d'innovation obtenus, mais ils se partageaient à leur tour entre plusieurs partis, chacun proposant une définition différente selon des exégèses différentes de ses ouvrages.

C'était un tournant décisif de l'histoire du cartésianisme qui, dans l'histoire, a contribué aussi à décider de sa fortune et de son futur. Et Baillet, biographe et apologiste de Descartes, en était bien conscient. La question agite en effet les pages de sa biographie consacrées au *Discours*² dans lesquelles il présente un tableau très complexe des diverses interprétations de cette question capitale en offrant ainsi, à travers une enquête historique détaillée, une contribution philosophique significative au débat de l'époque non moins qu'une réponse théorique de relief aux critiques de Descartes dans un des moments les plus durs des attaques au cartésianisme.

La première interprétation, selon laquelle la véritable logique de la philosophie cartésienne serait proprement la méthode, apparaît à Baillet la plus répandue – « plusieurs » interprètes –, soutenue comme elle l'était par l'autorité de Descartes même qui l'avait affirmé explicitement dans le *Discours*³ et l'avait confirmé dans la lettre à Picot en préface de la traduction française des *Principia*, en déclarant avoir « mis sommairement les principales règles de la logique » (*sic*) juste dans le *Discours*⁴. D'ailleurs – affirme Baillet – « il est difficile de n'être pas de [ce] sentiment, lorsqu'on considère que la fin de sa méthode n'est autre que de former le jugement, & de prescrire des règles à l'esprit pour se conduire ».

2 Baillet A., *La vie de Monsieur Descartes*, Paris, Daniel Horthemels, 1691, P. I, p. 280-286.

3 Ce passage est bien connu. Dans la seconde partie du *Discours*, juste avant « les quatre préceptes de la méthode », Descartes affirme : « ainsi, au lieu de ce grand nombre de préceptes dont la Logique est composée, je crus que j'aurais assez des quatre suivants, pourvu que je prisse une ferme et constante résolution de ne manquer pas une seule fois à les observer » (AT VI, p. 18).

4 *Les Principes de la Philosophie. Préface*, AT IX-2, p. 15.

Mais – continue-t-il – « quelques-uns prétendent que la véritable logique de Descartes n'était d'autre que sa *Géométrie*, parce qu'ils l'ont regardée comme la clef de tous les arts libéraux et de toutes les sciences » : parmi les autres, il cite Daniel Lipstorp, élève de Frans van Schooten⁵ et auteur des *Specimina philosophiæ cartesianæ*⁶, dans lesquels il avait proposé une identification explicite de la logique de Descartes avec sa *Géométrie*.

D'autres – continue Baillet – « ont estimé que la vraie logique de Descartes est proprement le traité des *Méditations métaphysiques* », parce que c'est là principalement qu'il a établi « la pensée pour le grand principe sur lequel il voulait bâtir toute sa philosophie ». Le principal théoricien de cette dernière interprétation – affirme-t-il – était Gassendi qui, dans son *Syntagma philosophicum*, avait donné le titre de *Logica Cartesii* à la synopsis de cet ouvrage si célèbre de Descartes.

Baillet évoque enfin une quatrième interprétation qui renvoie à une logique de Descartes contenue dans « un ouvrage qui n'a point encore vu le jour » : les *Regule*. À son avis, écrit-il, elles « peuvent servir de modèle pour une excellente logique, et sont sans doute une portion considérable de sa méthode, dont ce que nous avons d'imprimé à la tête de ses *Essais* ne fait qu'une petite partie ».

- 5 La première traduction latine de la *Géométrie* est de 1649 : dédiée à la princesse Élisabeth, exécutée en latin par Frans van Schooten et revue par Florimond de Beaune, elle a été éditée à Leyde chez Le Maire avec les commentaires et les ajouts du traducteur et les notes du même de Beaune. La deuxième édition, augmentée en deux volumes, est de 1659 (Amsterdam, chez les Elzevier). La troisième, augmentée d'un appendice pour les résolutions des équations, d'un additif et d'une introduction à la *Géométrie* par van Schooten, de deux traités sur la nature et la construction des équations par de Beaune, d'un traité sur les éléments des courbes par Johannes de Witt et d'un traité sur les réductions des équations toujours par van Schooten, est de 1683 (Amsterdam, chez Blay). Remonte à 1650 un traité latin inspiré de la *Géométrie* : édité par Érasme Batholin (Amsterdam, chez Blay), il contient une introduction de van Schooten à la *Géométrie* de Descartes, comme selon le titre *Principia Matheseos universalis, seu Introductio ad Geometria methodum Renati Des Cartes*. La deuxième édition est de 1651 (Amsterdam, chez les Elzevier); la troisième est de 1683 (Amsterdam, chez Blay).
- 6 Lipstorp D., *Specimina Philosophiæ cartesianæ*, Amsterdam, chez les Elzevier, 1653.

C'est bien connu: Baillet fait partie du cercle des cartésiens qui, à l'époque, connaissent les inédits de Descartes. Et toutefois, quant à lui, il confirme que les *Regule*, cet ouvrage « encore dans les ténèbres », cédaient au *Discours*, qu'on devait regarder comme « la vraie Logique ». Certes, le *Discours* n'était qu'« une ébauche d'une juste Dialectique », affirme-t-il: mais Descartes

« n'avait voulu dans cet ouvrage et par la méthode qu'apprendre seulement à découvrir certaines vérités par la seule lumière naturelle. On prétend néanmoins que ce peu qu'il a donné, mérite mieux le nom de Logique ou d'entrée à la philosophie, & à toutes les autres sciences, que l'*Organe* d'Aristote, parce que cela est plus simple et moins métaphysique, et que cela paraît plus propre à des esprits qui ne sont encore prévenus d'aucune connaissance ».

D'ailleurs, ajoute-t-il,

« ce que M. Descartes s'était contenté d'ébaucher, a été depuis porté à sa perfection par ses disciples et, après ce que Clauberg [...] en Allemagne et principalement l'Auteur de l'*Art de penser* en France ont publié sur ce sujet, il n'est plus permis de se plaindre que la philosophie de M. Descartes soit déstituée d'une Logique régulière et méthodique »⁷.

Comme on le voit, les pages de Baillet esquissent un tableau articulé et exhaustif des interprétations de l'époque, qui jouent la définition de la logique de Descartes entre la méthode, la géométrie et la métaphysique, en essayant de compléter parmi les textes du philosophe l'encyclopédie cartésienne des savoirs. Mais, la biographie de Baillet va au-delà du tableau et dit davantage en suggérant en glose une interprétation ultérieure qui appelle les cartésiens à compléter la logique de Descartes. Relativement traditionnelle moyennant vieux et nouveau, elle pouvait proposer en effet une solution équilibrée du problème philosophique comme elle pouvait donner une réponse adéquate à la question critique soulevée par les censeurs de Descartes plus liés à la tradition: comme le jésuite René Rapin, auteur des *Comparaisons des grands hommes de l'Antiquité* qui, tout en appréciant le philosophe comme le plus solide « des rêveurs modernes », avait pourtant défini la méthode comme « rien de moins méthodique »⁸. Baillet en était certain en lui opposant la logique

7 Baillet A., *La vie de Monsieur Descartes*, cit, P. I, p. 283.

8 Rapin R., *Les comparaisons des grands hommes de l'Antiquité, qui ont le plus excellé dans les belles Lettres*, Paris, F. Muguet, 1684, vol. I, p. 322-323:

de Clauberg et de Port-Royal. Dans ces textes d'école on pouvait trouver enfin cette logique cartésienne « régulière et méthodique » qui manquait au maître⁹ : la *Logica vetus et nova* de Clauberg (1654), avec son relief de la métaphysique et sa conjugaison de la doctrine cartésienne de l'évidence avec celle des universels et du syllogisme ; l'*Art de penser*, avec cette définition d'une logique naturelle pourvue de règles pour l'analyse et la synthèse applicables à toute forme de raisonnement dans leur totale réversibilité, selon la métaphore de la descendance généalogique ; le *Commentaire* de Poisson avec son illustration des préceptes méthodiques de Descartes comme étant des principes naturels à tous les hommes, entre la pédagogie de l'esprit et l'*emendatio* de l'entendement.

La réponse de Baillet était parfaitement mesurée sur l'interlocuteur. D'ailleurs, les textes de Descartes, le *Discours*, la *Géométrie* et les *Méditationes*, auraient-ils pu satisfaire les instances de ses adversaires ? Ces ouvrages particuliers n'auraient-ils pas plutôt mis en discussion la légitimité même de la critique, en montrant le caractère de nouveauté de la philosophie cartésienne par rapport au passé ? La *Géométrie*, avec cette connexion nouvelle de l'analyse philosophique avec les procédures analytiques des études contemporaines de géométrie et d'algèbre ; les *Méditationes*, soumises à la législation de l'analyse qui retrouve dans la temporalité suivie de la méditation métaphysique l'exercice des actions « simples et faciles » de l'ordre méthodique¹⁰ ; le *Discours*, avec cette

« Descartes avait commencé une Logique qu'il n'a pas achevée : il en est resté quelques fragments entre les mains d'un de ses disciples, sous le titre de l'érudition. Il y a quelques traits de Dialectique dans sa méthode, où il dit, que l'esprit de l'homme étant borné, il faut commencer à l'occuper à des objets simples ; l'accoutumer peu à peu à la connaissance des objets composés & à distinguer les uns des autres. [...] Après tout, comme il a le mieux rêvé des modernes, ce qu'il dit, tout nouveau qu'il est, n'est pas mal imaginé : on y trouve une profondeur de méditation qui lui est particulière. Mais il n'a rien de moins méthodique que son discours de la Méthode ».

9 Borghero C., « Méthode » e « Géométrie », *art. cit.*, p. 30.

10 *Méditationes de Prima Philosophia. Secunde Responsiones*, AT VII, p. 155 (tr. fr. AT IX-1, p. 121). Et aussi à Mersenne, 24 décembre 1640, AT III, p. 266-270. La voie analytique – explique Descartes – est la plus juste pour la métaphysique, « la plus vraie et la plus propre pour enseigner » : méthode de l'invention, l'analyse remonte du confus de l'expérience commune aux premières notions claires et distinctes et recompose les chaînes des raisons qui lient les effets aux causes selon la dépendance du complexe du simple ; style de la recherche, l'analyse impose la discipline intellectuelle de

méthode qui se trouve réalisée «plus en pratique qu'en théorie», comme Descartes l'avait affirmé et démontré.

En effet, la méthode cartésienne est affaire d'opérations plutôt que de principes: elle est invention réglée et constitution progressive des chaînes des connaissances vraies selon les diverses instances de l'ordre intellectuel du vrai. Si les *Regulae* avaient déclaré en latin les conditions épistémologiques de cette quête de l'évidence sous la forme d'une théorie, d'une logique des facultés et d'une morphologie, les «quatre préceptes» du *Discours* s'écrivent en français comme des indications pratiques destinées à faciliter leur application à la recherche scientifique dans tous les champs du savoir.

Quatre préceptes

La pensée méthodique, avec ses principes d'unité et d'évidence, s'atteste comme instance de tout savoir humain: condition, commencement et forme. Et, à ce titre, savoir universel. Répandue partout et partout agissante, les *Regulae* et le *Discours* la rendent explicite. Les *Regulae* en donnent l'instauration théorique à partir de la définition d'une science nouvelle et d'une ample réflexion sur l'essence de la vérité, qui s'impose par la force et l'originalité du projet mais aussi par la loyauté d'une confrontation ouverte avec la tradition et la volonté d'une révision radicale de ses principes. Le *Discours* en consigne les énoncés fondamentaux sous la forme plus modeste de «quatre préceptes» qui la traduisent dans l'opérativité effective de la recherche scientifique et dans l'application concrète aux matières des *Essais*. Rien que «quatre préceptes» simples et faciles qu'il énonce en toute modestie dix ans après les *Regulae* – il confesse avoir «employé assez de temps [...] à chercher la vraie méthode»¹¹ –, et dans lesquels il présente «sa méthode» dans le corps d'un discours: «une Préface ou Avis touchant la méthode [...] pour montrer que je n'ai pas dessein de l'enseigner, mais seulement d'en parler», comme il le confirme à Mersenne. Rien que «quatre

l'évidence au lecteur qui doit résister aux séductions de l'apparente vérité du sensible et de l'imaginaire, et l'invite à partager et à faire sienne l'aventure philosophique d'un sujet qui essaie de conduire ses pensées par la seule lumière de la raison, dans la connaissance de son esprit comme dans la science des corps.

11 *Discours de la Méthode*, AT VI, p. 17.

préceptes» contre «le grand nombre» de la logique traditionnelle, comme il souligne explicitement dans le *Discours*. Mais enfin, il ne faut pas l'oublier : selon Descartes, la méthode «consiste plus en pratique qu'en théorie». À ses yeux, sa valeur devait être jugée à celle des *Essais* et des exemples insérés dans le *Discours* d'ouverture – la métaphysique de la quatrième partie, la physique et la médecine de la cinquième –, pour prouver «qu'elle s'étend à tout»¹².

Texte non technique d'introduction aux *Essais*, le *Discours* redit les conditions de la science, mais sous une forme concise qui renvoie aux opérations intellectuelles propres de la connaissance vraie plus qu'elle n'en détaille la théorie. Ainsi, les «quatre préceptes» de la méthode, exposés à la première personne comme une réflexion personnelle sur les modalités d'une recherche en cours, introduisent par leur richesse et à la fois par leur simplicité une sorte de logique pratique de la découverte scientifique visant à gouverner l'usage spontané de la lumière naturelle et à éviter les erreurs de précipitation et de prévention : le premier déclare l'évidence comme le caractère propre de la connaissance vraie, énumère les conditions épistémologiques requises – la clarté et la distinction – et offre le doute comme instrument du contrôle ; le deuxième indique les conditions effectives de la mise en évidence : la réduction du complexe au simple et la décomposition du problème en ses parties essentielles ; le troisième établit l'ordre de la connaissance comme une disposition des vérités instituée sur le critère de la simplicité et structurée par la déduction selon des séries linéaires. Enfin, «le dernier» intègre les trois précédents, comme à compléter la logique cartésienne de la recherche de la vérité : il prescrit de vérifier la chaîne des inférences par une énumération «entière» des éléments minimes d'évidence, qui puisse achever l'analyse, et par une «revue générale» de toute la série d'enchaînement qui puisse recomposer de façon exhaustive tous les différents termes dans l'unité claire et distincte de l'idée.

Par une heureuse alliance de la parole et de la pensée, ces formules confirment le discours cartésien sur la méthode avec leur relief opérationnel, qui en appelle avant tout à l'initiative de la volonté qui les prescrit et à l'acte du jugement qui les gouverne. Les commande la résolution «ferme et constante» à la science que le savant à l'œuvre assume à la première personne : la règle de tout exercice de la raison

12 Descartes à ***, mai 1637, AT I, p. 370.

résidant dans la fermeté de la résolution, vertu morale par excellence. Les dicte le souci du philosophe pour les situations de risque et d'égarement de la recherche: la diligence et la vigilance de l'attention renvoyant aux techniques de la construction de la science et du contrôle de son discours.

Descartes le dit en renvoyant à l'image de la chaîne des démonstrations mathématiques, forme de rationalité industrielle et modèle de travail intelligent:

« Ces longues chaînes de raisons, toutes simples et faciles, dont les Géomètres ont coutume de se servir, pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations m'avaient donné occasion de m'imaginer que toutes les choses, qui peuvent tomber sous la connaissance des hommes, s'entresuivent en même façon, et que, pourvu seulement qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il faut, pour les déduire les unes des autres, il n'y en peut avoir de si éloignées, auxquelles enfin on ne parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre »¹³.

La figure de la chaîne des raisons, qui métaphorise la suite ordonnée de la vérité, s'impose comme la configuration de toute intelligibilité : une connexion suivie et nécessaire de termes évidents ordonnés en classes *selon* les relations instituées par l'entendement. La chaîne est à la fois la forme et la loi de l'ordre des connaissances: la forme parce qu'elle offre la progression linéaire des causes et des effets dans son résultat formel et dans son évidence d'énonciation; la loi parce qu'elle apprécie la liaison des raisons dans la cohérence scientifique, qu'elle norme dans sa rigueur démonstrative, le mouvement déductif étant dirigé par l'unique critère de l'évidence dans la multiplicité des accès à la vérité, et les liaisons déductives garantissant, en leur réversibilité, la consistance des solutions, en vertu de cette distinction entre les preuves fournies « par les effets » et les explications données « par les causes » que Descartes évoquait dans la réponse à Morin du 13 juillet 1638.

Les *Essais* de 1637 en seront l'application et en offriront la preuve. Descartes l'atteste dans la sixième partie du *Discours*, lorsqu'il énonce la forme commune des régimes de démonstration de la *Dioptrique* et des *Météores* comme organisation du savoir selon l'ordre des causes et des effets.

13 *Discours de la Méthode*, AT VI, p. 19.

« Car il me semble que les raisons – écrit-il – s’y entresuivent en telle sorte que, comme les dernières sont démontrées par les premières, qui sont leurs causes, ces premières le sont réciproquement par les dernières, qui sont leurs effets »¹⁴.

Reste ouvert pourtant le problème des principes. La science des *Essais* est une science hypothético-déductive prouvée par l'expérience et ouverte à des applications heureuses : sa certitude morale est suffisante au travail du savant immergé dans la recherche en cours. Mais le philosophe ne se contente pas de ce système 'positif' d'une science expérimentale et demande davantage. Sans discuter ou violer l'ordre des raisons imposé par la méthode – et quel autre ordre pour la raison sinon l'ordre des raisons ? – il avance la question des fondements de ce même savoir qui, tout cohérent qu'il est en déductions et utile en œuvres, pourrait au fond n'être qu'une fable d'une intelligence brillante qui raconte les illusions séduisantes d'un univers mystérieux. La réponse de Descartes est métaphysique et sera une méditation sur le fondement de la vérité, qui prendra la figure d'un appel de l'esprit à l'intériorité originaire de toute connaissance vraie et d'une découverte philosophique du vrai sens de la création divine. Descartes, auteur en 1629 d'un « petit traité de métaphysique », théoricien en 1630 des *a priori* de la science par la thèse de la libre création des vérités éternelles et d'un *Monde* dans lequel elles prennent un sens physique véritable et réel, pense depuis longtemps à cette métaphysique de l'âme et de Dieu qui avère la science des corps. Dans le *Discours*, il l'ébauche : comme à évoquer les limites de la science alors même qu'il en exhibe les ressources.

La *Dioptrique*

Eclaircies dans les *Regulae* les conditions de la relation épistémique fondamentale *mens-objectum*, développées dans *L'Homme* les conditions physiologiques de la perception comme transcription du modèle de la figure dans la physique du corps-machine, c'est dans la *Dioptrique* que Descartes propose la théorie complète de la lumière et de la vision en ses termes classiques d'opposition conceptuelle du sujet percevant et de l'objet perçu *via* le modèle de l'image-peinture « en taille douce » de l'objet ; c'est dans la *Dioptrique* qu'il la met à l'épreuve de l'unité psycho-

14 *Discours de la Méthode*, AT VI, p. 76.

physiologique de l'homme. Et c'est encore dans la *Dioptrique* qu'il applique la méthode de façon extrêmement articulée: ce qui lui permet d'aborder la complexité des phénomènes lumineux et de résoudre «les difficultés» des questions relatives selon plusieurs stratégies, mais sous l'unique régime de la rationalité scientifique, sans renoncer jamais aux préceptes de l'ordre et de la mesure. Représentations schématiques des phénomènes lumineux rendus comparables selon une certaine imputation et réduits à leurs proportions, abstraction faite de leur nature; réduction des termes d'une question à la mesure par la mise en rapport réciproque, même dans les cas de systèmes qui échappent à la quantification; transfert des relations entre les données constitutives d'un problème connu à celles qui structurent un problème encore inconnu; construction de modèles qui déterminent les conditions d'un phénomène par analogie: la méthode est universelle mais elle est industrieuse. Face aux multiples problèmes traditionnels de l'étude de la lumière – sa nature, la propagation des rayons, les milieux... –, la raison méthodique ne cède pas et active ses ressources:

- l'induction avant tout, qui contracte les phénomènes divers sous une unique notion claire et distincte, en les dégageant de leurs annexes accidentelles et les ramenant au système de leurs corrélations essentielles, réduites à l'ordre de la dépendance des raisons;
- la comparaison, qui permet de se passer des qualités de l'expérience et de la nature de la chose en les réduisant à leurs rapports¹⁵ ;
- l'analogie, qui transforme la question de la cause dans la détermination de la loi de production et dans la recherche des conditions de fonctionnement à partir d'hypothèses possibles qui se complètent et se corrigent mutuellement;
- le recours méthodique à l'expérience dans sa valeur de ressource heuristique capable d'orienter l'hypothèse mais en se soumettant à l'analyse du théoricien qui l'interroge, et dans son rôle de contrôle apte à trancher entre deux modèles possibles, en se pliant aux instructions du savant qui la provoque par l'institution d'expériences cruciales.

15 *Regule ad directionem ingenii*, Regula XIV, AT X, p. 439: «*adeo ut in omni ratiocinatione per comparationem tantum veritatem precise cognoscamus*».

Le *Discours Dixième* donne un exemple de cette théorie de l'invention méthodique avec l'explication « par ordre » de la machine pour « tailler les verres » et les dessins des figures selon une échelle de complexité progressive, à partir des modèles mathématiques plus simples jusqu'aux parties de plus en plus complexes des engins singuliers et aux silhouettes complètes des machines tout entières. Mais, il fournit aussi un discours de la méthode destiné aux artisans. Il offre d'abord une conception des arts mécaniques qui les soustrait au hasard des inventions fortuites et les engage à perfectionner la nature en suivant ses lois et en imitant ses mécanismes, puisque la nature elle-même s'explique comme construction des corps. Il donne une doctrine de l'ordre qui arrange la pratique artisanale comme une démonstration géométrique et l'organise dans une série d'exercices successifs de difficulté progressive. Il révèle enfin une théorie de la connaissance qui exige des instruments artificiels qui prolongent les ressources originaires de l'homme pour avancer dans la recherche scientifique et contribuer à « la connaissance de la nature des corps » : c'est-à-dire « de la grosseur, de la figure, de l'arrangement, et des mouvements de leurs parties », selon les impératifs d'ordre et les limitations de méthode propres à la philosophie cartésienne de la matière.

Ouvrage définitif dans l'histoire de la science, dans lequel Descartes réunit les recherches d'optique de sa jeunesse et les achève par la découverte 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 ; livre de doctrine et de confrontation avec la presque homonyme *Dioptrice* de Kepler qu'il appellera « mon premier maître en optique »¹⁶ ; texte d'une extrême complexité et de grand écho déjà de la première heure, la *Dioptrique* est un écrit d'importance dans la biographie intellectuelle de Descartes savant, qui l'avait pensé d'abord comme une étude complémentaire au *Monde* et par Descartes philosophe qui, à la suite de la condamnation de Galilée et après la crise du 1633, le publie avec le *Discours* comme un essai autonome de la méthode sur « un sujet mêlé de philosophie et de mathématique »¹⁷ : par sa théorie hypothétique de la lumière tirée par induction suffisante à partir de trois comparaisons avec des phénomènes hétérogènes, mais

16 Descartes à Mersenne, 31 mars 1638, AT II, p. 86.

17 Descartes à Mersenne, [27 avril 1637], AT I, p. 370.

ramenés à l'égalité des rapports institués par la demande scientifique – les mouvements du bâton de l'aveugle; le passage du raisin à travers la cuve au temps de vendange, les trajets d'une balle –; par ses découvertes scientifiques acquises à travers le précepte de l'analyse des termes, la règle des proportions entre quantités et le recours à la validation de l'expérience – faut-il rappeler la détermination de la loi de la réfraction à travers de successives modélisations pour expliquer l'instantanéité de la transmission de la lumière en ligne droite dans toutes les direction et ramener «son action» aux lois générales du mouvement ? –; par ses résultats surprenants qui relèvent des stratégies plurielles de la réduction, de l'énumération et de l'analogie – une distinction nette entre la lumière et la vision; un modèle mécanique de la lumière comme tendance de la matière au mouvement: «une action ou inclinaison à se mouvoir»; un modèle tactile de la vision–; par ses énoncés parfois paradoxaux – la vision comme pensée de l'image effectuée par l'âme qui est distincte du corps mais, en même temps, «demeure dans le cerveau»: «une âme corporelle», selon la définition cartésienne d'âme «en tant qu'elle est propre à s'unir au corps»¹⁸, «concevant son union avec le corps»¹⁹.

Enfin, la *Dioptrique* ne peut ne pas nous surprendre par sa nature mixte, qui débute sur une doctrine géométrique de la lumière et sur une théorie psychophysique de la vision impliquant la question philosophique de l'union de l'âme et du corps. Tout cela à partir de l'intention technique qui l'inspire: «augmenter la puissance de l'œil» par l'invention de lunettes toujours plus puissantes, la vue étant «le plus universel et le plus noble» de nos sens desquels «dépend toute la conduite de notre vie». Si le *Discours* la présente comme un essai visant à montrer «qu'on peut aller assez avant en la philosophie pour arriver par son moyen jusqu'à la connaissance des arts qui sont utiles à la vie», la *Dioptrique* ne s'ouvre-t-elle pas par un hommage à Jacob Metius, l'inventeur selon la tradition des lunettes d'approche? Et c'est bien la demande technique de mieux voir qui impose à Descartes la réduction fondamentale de l'œil au statut d'organe extérieur de la vue – un système de corps transparents (cornée, cristallin, humeur) corrigible et modifiable, donc susceptible d'être perfectionné comme les lunettes –, et qui dicte son intégration géométrique dans le cadre des autres milieux

18 Descartes à Arnauld, 29 juillet 1648, AT V, p. 223.

19 Descartes à Elisabeth, 28 juin 1643, AT III, p. 691.

transparents, donc susceptible d'être traité physiquement dans la théorie de la formation de l'image. L'œil n'est pas l'organe immédiat de la vision ; il n'est qu'un dioptre physiologique, un instrument optique de la vue. La vue est intelligente : elle préside à la reconnaissance d'un objet, comme elle est la cause d'une erreur de reconnaissance. Aussi n'est-ce pas le sens qui nous trompe : c'est l'entendement, et lui seul, qui commet des méprises et les corrige. Une condamnation de la sensibilité ou des sens serait ainsi une condamnation de l'entendement même. La philosophie de l'union dispose d'un formidable argument de l'intelligence du sensible issu d'une technique de la nature.

Une fois admise par hypothèse et par induction suffisante la possibilité de penser la lumière comme une chaîne de pressions de la matière conçue sur le modèle tactile du bâton de l'aveugle – à partir de la matière subtile jusqu'au nerf optique –, Descartes dégage la triple question d'optique géométrique – trajet des rayons lumineux jusqu'au fond de l'œil –, d'optique physiologique – la transmission nerveuse de ces rayons aux parties aptes à la vision – et de sémiologie – la transformation selon laquelle une modification cérébrale peut donner à voir quelque chose hors du corps, c'est-à-dire provoquer un phénomène de conscience radicalement différent de sa cause immédiate. Dans le sixième discours, Descartes peut enfin affirmer la théorie : « c'est l'âme qui voit et non pas l'œil »²⁰. Combien de connaissances sont en fait sans image oculaire : ni la situation des corps, ni la distance ne sont perçues par « aucune image » des yeux²¹. C'est en fait l'image rétinienne qui « donne moyen à l'âme de sentir toutes les diverses qualités des objets auxquels elles se rapportent, & non point comment elles ont en soi leur ressemblance » : image géométrique, réelle et visible elle-même – regardez en anatomiste « l'œil d'un homme fraîchement mort, ou, au défaut, celui d'un bœuf ou de quelque autre gros animal », et « vous verrez [sur la rétine] non peut-être sans admiration ni plaisir, une peinture qui représentera fort naïvement en perspective tous les objets qui seront au dehors » –, mais non ressemblante à l'objet : même, déformée « quasi

20 *La Dioptrique*, AT VI, VI, p. 141. Cf. aussi les *Réponses aux Sixièmes Objections*, AT IX-1, p. 236-237.

21 *Table de la Dioptrique*, AT VI, p. 490 : « La vision ne se fait point par le moyen des images qui passent des yeux dans le cerveau, mais par les mouvements qui les composent ».

en même façon que dans un tableau de perspective», mais qui, comme les tailles-douces²², nous les font concevoir selon un système de codage institué par la nature.

D'où la critique radicale de la théorie traditionnelle de la perception comme transport matériel des petites images «voltigeant par l'air», nommées «espèces intentionnelles», et le refus de la doctrine de la sensation-tableau qui tombe sous l'objection du tiers voyant: il faudrait «d'autres yeux en notre cerveau». La dissemblance, réglée par la figuration géométrique de l'objet, devient le mode de la connaissance du sensible comme tel, un mode insensible parce qu'intelligible. Donc, celui qui connaît la nature de la lumière, c'est par excellence l'aveugle. Nul autre paradoxe ici que celui de la figuration, qui abstrait et transpose. Seul, parmi les hommes, l'aveugle pratique directement et spontanément la figuration. D'abord il abstrait: la lumière, qui se refuse à lui comme sentiment, lui advient comme un mouvement et une action, sous la forme d'un bâton qui ne lui transmet que les variations de l'étendue: rien que des figures sans qualités. Ensuite, l'aveugle transpose: les rapports des figures rendent intelligibles les rapports des sentiments. À la différence de l'aveugle-né de la *Regula* XIV, incapable de connaître les couleurs en manque de l'expérience des couleurs primitives, et à la différence du demi-voyant, capable seulement d'un parallèle entre les rapports des figures et les rapports des couleurs, l'aveugle de la *Dioptrique*, concevant les figures et les rapports entre elles, parvient à tout connaître de la lumière, mouvements et rapports de figures constituant toute la nature et les propriétés de la lumière.

Merleau-Ponty a souligné le prix de cette physique de la vision: la vision devient une vue de l'esprit. Tout l'effort de Descartes consiste à instituer une séparation radicale entre le visible et le voyant, en posant ce dernier comme abstrait du visible, sorti du sensible, c'est-à-dire comme pure pensée. Descartes résout le problème en faisant passer le visible dans l'ordre de la pensée et du langage qui l'exprime. La physique de Descartes renvoie en fait à une philosophie qui instaure une sémiotique: les qualités de choses dans le quatrième discours de la *Dioptrique* sont perçues à condition d'être traduites en figures et signes selon un système de signification – interprétation fondé sur la différence et la dissemblance de quelque chose qui reste pourtant représentatif: par institution de la

22 *La Dioptrique*, AT VI, V, respectivement p. 115, p. 112-113.

nature. Descartes l'affirme clairement: «Ce sont les mouvements par lesquels [la peinture des objets] est composée [...] qui sont institués de la Nature pour faire avoir à l'âme de tels sentiments». Tout comme «les paroles qui, n'ayant aucune ressemblance avec les choses qu'elles signifient, ne laissent pas de nous les faire concevoir» par l'institution des hommes. Mais le langage, institution des hommes, n'acquiert valeur de science qu'à condition de se laisser conduire et contrôler par une logique définie comme topologie des pensées et comme théorie du jugement.

Conséquence générale: l'esprit étant la condition pour percevoir un monde, c'est-à-dire un ensemble organisé de significations et non un chaos de sensations, la science humaine, qui abdique à la science de l'être, ne peut être qu'une science de figures obéissant à des lois de transposition connues et réglées: à cette «géométrie naturelle» qui est à la fois système des lois de la nature et système de codage de la figuration du sensible. Husserl ne l'entendra pas autrement, lorsqu'il parlera de «la vision en général, en tant que conscience donatrice originaire, l'ultime source de droit pour toute affirmation rationnelle».

Enfin, sans multiplier des références bien connues, Foucault l'avait bien démontré: derrière l'optique et sa localisation dans l'ensemble des savoirs d'une époque, ce qui est en question c'est «l'archéologie du regard» de l'homme voyant, de son rapport au visible. L'instance des fondements, que Descartes avait posée lors de la rédaction du *Monde*, revient avec toute son acuité: avec l'institution de la science, il revient aux principes d'une philosophie première entendue comme science des conditions de la vérité et de la réalité de l'idée. La philosophie première doit garantir que la dissemblance n'entraîne pas l'insignifiance²³.

Les *Météores*

Traité rigoureux et solide d'importance scientifique, conçu comme «un tout pur de Philosophie» – «presque purement physique», selon la définition de Roberval qui joue la synonymie pensant aux calculs de réfractions de l'arc-en-ciel –, pour concourir avec la *Dioptrique* et la *Géométrie* à montrer l'application universelle de la méthode et en présenter en détail les résultats dans la physique particulière; ouvrage intermédiaire entre les premières ambitions générales et le résultat

23 Marion J.-L., *Sur la théologie blanche de Descartes*, Paris, PUF, 1986, p. 241.

final considérablement réduit, d'abord projeté selon une progression méthodique de généralité croissante – on s'en souvient: d'abord l'idée de l'explication du phénomène des parhélies, ensuite la détermination à une étude plus ample qui demandait un «examen par ordre de tous les météores» qui, à son tour, renvoyait à celle plus générale encore de «tous les phénomènes sublunaires», avec «la raison des couleurs de l'arc-en-ciel», qui commandait l'étude plus générale encore de «tous les phénomènes de la nature, c'est-à-dire de toute la Physique», selon la démarche analytique régressive inscrite dans les *Regule* –, mais réalisé enfin selon l'ordre de l'enchaînement de la cause tout en manquant néanmoins toutefois à l'ampleur totale d'une physique générale de «tous les phénomènes de la nature» d'un monde copernicien de nécessité scientifique, impossible à produire au public dans un monde anti-copernicien d'autorité ecclésiastique; traité scientifique aux acquis modestes et discutables, comme déjà ses premiers lecteurs l'avaient remarqué, mais texte littéraire aux effets surprenants – «arbitraires et problématiques, mais admirables pourtant», selon le jugement de Chapelain –, rédigé comme une étude ingénieuse de physique par le savant attentif à l'ordre des phénomènes naturels et écrit souvent comme un journal de travail par l'observateur avide de leur variété; essai exemplaire de la méthode appliquée à un sujet classique de la Scolastique, les «phénomènes sublunaires», rédigé et défendu comme celui dans lequel devaient éclater les différences majeures avec la tradition, les *Météores* étaient une œuvre de position de la philosophie cartésienne et d'exposé de ses résultats mais aussi, dès le titre qui évoque Aristote et les manuels de l'École, un livre stratégique de comparaison et d'attaque des anciens maîtres. Tellement que Descartes se disait certain que, après leur publication, la physique des corps terrestres avait été complètement changée, et qu'elle était devenue enfin cartésienne: qu'il fallait donc ou la réfuter ou la suivre²⁴. Quant à lui, il l'aurait défendue inlassablement, «bec et ongle»²⁵, comme si c'était sur les *Météores* que se jouait toute la science des *Essais* dans un corps à corps avec l'aristotélisme dominant de l'École.

La similitude des contenus avec les exposés traditionnels – les vapeurs et les exhalations, les vents, les nues, la neige, les tempêtes,

24 Descartes au Père Noël, octobre 1637, AT I, p. 455.

25 Descartes à Mersenne, [décembre 1640], AT III, p. 255.

l'arc-en-ciel, les parhélies... – ne doit pas en fait en cacher les variations : comme l'élimination des comètes, que Descartes considère comme des corps célestes et non comme des phénomènes sublunaires ; comme la suppression des tremblements de terre et des minéraux, puisqu'il ne s'occupe que des « mixtes imparfaits » avec la seule exception du sel, le seul « mélange parfait » d'éléments qu'il ajoute au texte pour témoigner des ressources inépuisables de la méthode²⁶. Ces écarts par rapport à la tradition ne sont pas toutefois de simples détails : ils tiennent à la différence plus profonde et radicale qui sépare les deux philosophies, qui est celle la méthode, dont les *Météores* constituent un formidable essai d'application à « la nature des corps terrestres ». Abandon de la théorie classique des éléments, rejet des formes substantielles et des qualités réelles : les météores cartésiennes oublient définitivement le traitement de la tradition, et, en vertu d'une *Mathesis universalis* qui a perdu son nom propre mais a gardé son inspiration générale et son universelle puissance sur tout genre de problèmes, se disposent en suites de raisons, selon les « longues chaînes des raisons » inspirées de la géométrie que la méthode ordonne et configure, à tel point que Descartes pouvait affirmer que sa physique « n'était que géométrie »²⁷. Mais alors une physique géométrique sans géométrie, qui ne tire aucune ressource des procédures de symbolisation et de la mise en équation de la *Géométrie*, comme les interprètes l'ont souvent remarqué et même déploré ? Ou plutôt une physique inspirée d'« une autre sorte de géométrie », celle « qui se propose pour questions l'explication des phénomènes de la nature », comme Descartes l'écrivait à Mersenne²⁸ : « une physique conçue comme une géométrie explicative des phénomènes », « une géométrie concrète », soustraite à l'échelle quantitative des mathématiques, mais instaurée et commandée par les impératifs de l'ordre qui la structurent selon les enchaînements de l'effectivité de la cause qui devient raison de la chose.

26 *Les Météores*, AT VI, p. 232 : « Puis, à cause que ces vapeurs, s'élevant de l'eau de la mer, forment quelquefois du sel au-dessus de sa superficie, je prendrai de là l'occasion de m'arrêter un peu à le décrire, et d'essayer en lui si on peut connaître les formes de ces corps, que les Philosophes disent être composés des éléments par un mélange parfait, aussi bien que celles de Météores, qu'il disent n'en être composés que par un mélange imparfait ».

27 Descartes à Mersenne, 27 juillet 1638, AT II, p. 268.

28 Descartes à Mersenne, 27 juillet 1638, AT II, p. 268.

C'est la puissance de la méthode de l'ordre qui dérobe les choses célestes à l'admiration des arts et les propose à l'explication de la philosophie qui en «trouve la cause», les normalisant à la physique terrestre; c'est l'instauration de l'ordre qui classe les différents phénomènes naturels selon leur généralité graduée et établit en série continue la succession de termes absolus et relatifs, selon les liens de dérivation nécessaire; c'est l'exercice des procédures de l'ordre qui démonte chaque phénomène particulier en son explication par la mise en rapport de certaines de ses propriétés avec celles analogues d'autres plus connus.

Analyse, comparaison, synthèse, dénombrements complets et revues générales: toute la méthode des *Météores* est là, dans cet exercice ferme et raffiné de l'ordre sur une matière réfractaire à la mesure mais passible de mise en ordre. À la jonction des *Regule* et du *Discours*, le texte même s'écrit comme une étude méthodique sur «la nature des corps terrestres» qui se dénoue entre ces instances. Le premier discours les énonce par une critique préliminaire de l'admiration, qui légitime la recherche de l'explication scientifique; le dernier les assure par la réaffirmation du pouvoir de la cause dans une physique qui, par le prestige et l'éminence de la raison, ne donne plus aucun «sujet d'admiration». Méthode mise en discours, et même surdéterminée comme théorie et pratique de la méthode, à la fois exposé de ses procédures, application de ses préceptes et révision de ses résultats, la trame narrative le répète sous la forme d'enchaînement de raisons claires et distinctes dont le premier discours dénombre chaque anneau comme à les récapituler dans une suite ordonnée d'évidences: d'abord une présentation des corps terrestres en général qui prépare l'explication des exhalations et des vapeurs; ensuite, un détour sur un «mélange parfait» par le récit de la formation du sel; ensuite l'explication des vents par l'ascension aérienne des vapeurs et celle de la formation des nues par le rassemblement des vents; ensuite les phénomènes de la pluie, de la grêle et de la neige dérivés de la dissolution des nues; enfin l'explication des tempêtes, du tonnerre, de la foudre et des divers feux et des lumières qui se voient en l'air: tous les phénomènes météorologiques étant dérivés des mouvements de condensation ou de raréfaction de la matière des nues, les nues étant la cause et l'origine de toutes les transformations, ayant été à leur tour l'effet et le résultat des procès originaires d'exhalation auxquels est soumise la matière réchauffée par le soleil. La nature et les couleurs de l'arc-en-ciel comme un cas particulier, mais aussi comme

étude exemplaire qui introduit l'explication des couleurs des nues, et des couronnes des astres; «enfin la cause des soleils, ou des lunes, qui paraissent quelquefois plusieurs ensemble»: c'est-à-dire ces parhélies, l'observation desquels était à l'origine des *Météores* cartésiens. Descartes en retrouve l'explication à la conclusion.

Dans les *Météores* cartésiens, Gilson a bien remarqué la présence et la persistance de certains éléments communs aux explications aristotéliennes et scolastiques, et a souligné même l'insistance, presque obsessionnelle, de Descartes qui met à l'épreuve sa théorie sur les détails des descriptions traditionnelles non moins que sur «les superstitions» du savoir populaire. Combien de mers agitées, de ciels orageux, de merveilles ou de terreurs sur le fond de la scène d'une raison qui agit pour les dissoudre! Nouveau Lucrèce, Descartes se plaît à démonter les augures des Anciens tirés des figures des nues ou les présages des navigateurs induits en erreur par les lumières du ciel, comme il n'hésite pas à décrire l'origine des tornades suivant les terribles récits des marins flamands; nouveau Balzac, il s'arrête à expliquer le vol bas des hirondelles lors du vent qui précède de fortes pluies comme à évoquer les avalanches d'après sa propre expérience du passage des Alpes datant du retour d'Italie.

Mais alors qu'Aristote introduisait le traitement de la matière prochaine avant celui de la matière éloignée et que les Scolastiques classaient les météores d'après les quatre éléments, Descartes rétablit l'ordre de l'explication rationnelle, en exposant tout d'abord une théorie générale d'une matière homogène, divisée en «plusieurs petites parties de diverses figures et grosseurs» infiniment divisibles, dans les interstices desquelles se meuvent perpétuellement les parties plus petites de la matière subtile, agitées par des mouvements de vitesse différente. Ce qui est complètement et radicalement cartésien: anti-atomiste comme anti-scolastique. Si la philosophie première en dira davantage, en installant la physique de l'étendue et du mouvement sur les fondements inébranlables du vrai, les *Météores* se soutiennent sur cette théorie hypothétique de la matière, qui suffit à rendre compte de tous les phénomènes terrestres, toutes les formes et les qualités et les transformations de tous les corps pouvant être expliquées comme des variations réglées du mouvement et de figure de cette unique et même matière. Dans cette science de la nature la démonstration est inattaquable non en ce qu'elle est soumise au calcul – elle est «une physique de l'objet non mesuré», selon la définition de Bachelard –, mais en ce qu'elle est conduite sans paralogismes à partir

d'hypothèses simples et réduites, qui soient conciliables avec l'expérience et puissent expliquer les faits, qui sont convoqués à leur tour à prouver l'hypothèse, selon le principe de réversibilité que Descartes énonce à la fin du *Discours*, justifiant son recours aux « suppositions » de la *Dioptrique* et des *Météores*²⁹.

Enfin, la recherche de la vérité procède comme l'invention des arts, avec ses interrogations préalables sur ses conditions de possibilité, la prise en charge de ses limites constitutives, l'élaboration de ses préceptes de rationalité, l'étude de ses moyens d'effectivité. D'abord – « pour le commencement » –, c'est l'expérience qui oriente l'hypothèse et c'est l'hypothèse qui instruit la recherche en utilisant aussi cet art de l'expérimentation qui force l'indistinct de la nature au relief de l'objet intellectuel³⁰; ensuite, c'est la raison qui opère l'analyse du système des corrélations issues des « suppositions » en empruntant plusieurs voies selon une complémentarité de stratégies méthodiques que seule la pratique peut maîtriser: l'induction, qui réduit la multiplicité des phénomènes sous l'unité conceptuelle de la classe par recours à l'analogie et procède aux contrôles nécessaires; la multiplication d'expériences, encore, par exemple à travers l'inversion de l'ordre des effets et des causes et la transformation artificielle des conditions; enfin, l'invention d'expériences cruciales qui décident les cas d'explications distinctes mais compossibles. Les hypothèses possibles deviennent ainsi principes de la science – « causes » et « raisons » –, sélectionnés selon les critères de la simplicité et la facilité de leurs énoncés et de la fécondité de leurs explications. Quant aux raisons de leur vérité, « je me réserve à le démontrer en un autre endroit »³¹, répondait Descartes aux critiques d'avoir donné une physique hypothétique et sans fondements. C'est en fait la philosophie première qui trouvera sa place dans ce passage

29 *Discours de la Méthode*, AT VI, p. 76. Et aussi la lettre à Vatieur du 13 juillet 1638 (AT II, p. 197), avec le commentaire de Descartes sur « la différence entre *prouver* et *expliquer* ».

30 « Une seule observation que je fis de la neige hexagone, en l'année 1635, a été la cause du traité que j'en ai fait », écrivait Descartes en rappelant les jours et les nuits mémorables pendant lesquels l'étude méthodique des météores avait réduit les formes infiniment variées de la neige hollandaise sous l'unité de la loi de la raréfaction et de la condensation (à Chanut, 6 mars 1646, AT IV, p. 377).

31 Descartes à Morin, 13 juillet 1638, AT II, p. 199.

du possible au vrai³², lorsque les explications *a posteriori* pourront être proposées sous la forme de démonstrations *a priori*, «dédites par ordre, comme il le dira, des premiers principes de la métaphysique»³³. Pour le moment, la recherche scientifique des *Météores* se voit commandée par la seule pensée méthodique qui structure la logique du modèle. Aux *Principia* à faire le passage des hypothèses à la vérité de la science.

Exemplaire l'étude de cette «merveille de la nature» qu'est l'arc-en-ciel – météore en forme d'arc de diverses couleurs, qui paraît lorsque le temps est pluvieux, dans une partie du ciel opposée au soleil – Descartes en détermine la nature et explique la distribution des couleurs de l'arc intérieur et de l'arc extérieur par le recours à une démonstration physico-géométrique qui constitue un des résultats plus importants des *Essais* et un des acquis plus significatifs de l'optique jusqu'à Newton. Descartes l'offre comme l'échantillon le plus réussi de sa méthode³⁴, aussi inflexible sur la détermination de l'ordre que flexible aux modalités de la recherche – dans ce cas l'étude d'un phénomène qui se place à la frontière entre la physique des météores traditionnels et la géométrie cartésienne de la lumière – et l'écrit sous la forme d'un journal de travail, qui suit les différentes étapes de la recherche comme la trame d'un protocole expérimental, de sorte que l'explication du phénomène devient aussi la démonstration de sa production : d'abord l'observation, qui détermine les données susceptibles de traitement scientifique; ensuite la reproduction artificielle de l'expérience par «un moyen analogue» – «une grande fiole de verre toute ronde et fort transparente» remplie d'eau, qui permet de reproduire en laboratoire le phénomène inaccessible en nature, en le définissant dans le cadre d'une connaissance de rapports, en en éliminant ainsi les données accidentelles et en en

32 Descartes à Mersenne, 28 octobre 1638, AT I, p. 212 : «Je crois bien qu'on peut expliquer un même effet particulier en diverses façons qui soient possibles; mais je crois qu'on ne peut expliquer la possibilité des choses en général que d'une seule façon, qui est la vraie».

33 Descartes au Père Vatier, 22 février 1638, t. I, p. 563.

34 *Météores*, Discours VIII, AT VI, p. 325 : «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 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 eues».

déterminant les conditions nécessaires et suffisantes par l'expérience cruciale qui confirme enfin la théorie: l'arc-en-ciel est le phénomène se produisant «aux confins de l'ombre et de la lumière» qui résulte de la décomposition de la lumière solaire par les petites gouttes d'eau dispersées dans l'atmosphère, décomposition due à deux réfractions et une réflexion entre les deux³⁵. Le recours à la doctrine de nature de la lumière «exposée dans la *Dioptrique*» en complète la théorie par l'explication des diverses couleurs de l'arc-en-ciel, dérivées de la composition du mouvement rectiligne par pression de la lumière et du mouvement circulaire des « petites boules qui roulent dans les pores des corps terrestres », les couleurs intermédiaires entre le rouge et le bleu traduisant la plus ou moins grande tendance à la rotation dans un sens un dans un autre à différentes vitesses.

Énumération des circonstances, décomposition des difficultés en leurs éléments nécessaires et accidentels, recombinaison ordonnée des données susceptibles de clarté et distinction, adresse de l'expérimentation, emploi de l'hypothèse visant à l'explication: la méthode est à disposition d'un savoir qui maîtrise la nature par l'explication rationnelle de tous ses phénomènes, même des plus « admirables ». Et « en tout ceci – écrivait Descartes –, la raison s'accorde si parfaitement avec l'expérience, que je ne crois pas qu'il soit possible [...] que la chose ne soit telle que je viens d'expliquer ». Et que ce phénomène ne soit reproductible enfin à l'aide des inventions techniques savantes, dignes « de l'admiration » des spectateurs ignorants de l'artifice: comme dans les jeux d'eaux des fontaines disposées selon l'ordre juste de la méthode. À l'époque du baroque, la science, qui dissipe les sentiments liés à l'ignorance, ne

35 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. 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.

dédaigne pas de les susciter comme sujets de divertissement, mettant l'imagination à disposition du savoir qui l'a soumise à la technique.

La *Géométrie*

Chef-d'œuvre de Descartes savant, célèbre et célébré dans l'histoire des sciences comme un ouvrage décisif de fondation de la géométrie analytique moderne, et toutefois ouvrage discuté dès sa parution qui avait suscité un ample débat et même d'âpres polémiques dans la communauté savante ; ouvrage d'embarras pour les lecteurs³⁶, oscillant entre le classique des sujets, l'originalité du traitement et l'éclat des résultats d'innovation radicale, l'obscurité volontaire du style³⁷ et la simplicité de la rédaction à la première personne ; ouvrage énigmatique encore aujourd'hui pour la critique, disputé entre philosophie et mathématique, méthode et science, susceptible d'une interprétation constructiviste comme d'une lecture formaliste : la *Géométrie* reste un texte difficile, destiné par Descartes au public élitare des savants déjà initiés au savoir traditionnel³⁸, « mais aussi très laborieux, intelligents et attentifs » aux nouveautés³⁹. Composée entre la rapidité de l'écriture, la précipitation de la publication et le long mûrissement de la théorie, rédigée dans un style plutôt enclin à la digression qu'à la démonstration, installée consciemment par son auteur entre le passé de la discipline et son nouveau commencement cartésien⁴⁰, conçue selon le vaste projet d'une réforme radicale de la matière par la

36 En relation aux polémiques avec « les analystes » parisiens, parfois rudes et déchirantes, Descartes écrivait à Mersenne : « Mais le bon est, touchant cette question de Pappus, que je n'en ai mis que la construction et la démonstration entière, sans y mettre toute l'analyse, laquelle ils s'imaginent que j'ai mise seule : en quoi ils témoignent qu'ils y entendent bien peu. [...] Pour l'analyse, j'en ai omis une partie, afin de retenir les esprits malins en leur devoir ; car si je leur eusse donnée, ils se fussent vantés de l'avoir sue longtemps auparavant, au lieu que maintenant ils n'en peuvent rien dire qu'ils ne découvrent leur ignorance » (31 mars 1638, AT II, p. 83).

37 Descartes à Mersenne, mai 1638, AT II, p. 152 : « Je me suis expressément rendu [...] obscur en quelques endroits, afin que telles gens ne se pussent vanter d'avoir su sans moi les mêmes choses ».

38 *La Géométrie, Avertissement*, AT VI, p. 368.

39 Descartes à Plémpius, 3 octobre 1637, AT I, p. 411.

40 Descartes à Mersenne, [fin décembre 1637 ?], AT I, p. 479 : « j'ai commencé – écrit-il – où il [Viète] avait achevé ».

production d'une mathématique nouvelle, la *Géométrie* selon Descartes n'était pas simplement un corps de théorèmes originaux ou un ensemble de constructions ingénieuses de figures. Elle était un *Essai* définitif et parfaitement maîtrisé de la nouvelle méthode de l'ordre: un essai de science soustrait au poids des continuités et des contiguïtés historiques, et marqué du seul caractère de l'unité, de la pérennité et de l'universalité indéfectible du vrai humain.

Par la théorie inaugurale de la *Mathesis universalis*, les *Regulae* autorisent ce programme aux vastes ambitions; le *Discours* en fait une épreuve bien consistante et l'expression la plus réussie et la plus complète, en mesure de réorienter par sa conception nouvelle de l'espace les deux essais de physique qui précèdent, encore incertains en leurs principes premiers. D'autant plus qu'en vertu d'un échange significatif de déterminations épistémologiques, si les mathématiques sont susceptibles d'être soumises à la rigueur de la méthode et d'être unifiées sous le signe de l'évidence intellectuelle, pour Descartes la méthode elle-même, en sa généralité et son universelle applicabilité, se dessine comme exercice d'une rationalité proche des mathématiques, progressant d'intuitions certaines en déductions assurées, des énoncés les plus simples aux théorèmes les plus complexes. Simplicité de l'objet, aisance de démonstrations, certitude des résultats: la facilité des mathématiques, «leurs fondements étant fermes et solides», se prête à la constitution possible d'un contenu de savoir certain: une science des relations quantitatives. Analyse du complexe et de l'inconnu en leurs éléments simples et bien connus par l'insertion des moyennes proportionnelles successives et l'institution de rapports légitimes: la normalité des mathématiques, «à cause de la certitude et de l'évidence de leurs raisons»⁴¹, s'offre comme paradigme de l'opérativité de la méthode qui forge les outils propres à toute connaissance certaine⁴². La *Géométrie* n'implique pas la mise en discussion du modèle de l'évidence euclidienne pas plus qu'elle n'ouvre la question des fondements, comme le fera la réflexion de Pascal autour de l'axiomatique des principes: la *Géométrie* aborde des problèmes de méthode qu'elle résout par la translation de l'intelligibilité mathématique du domaine de la mémoire et de l'imagination à celui de la raison.

41 *Discours de la Méthode*, AT VI, p. 7.

42 Un renvoi au texte de Jullien V., *Descartes. La «Géométrie» de 1637*, Paris, PUF, 1996: ici p. 20-35 *passim*.

Descartes l'avait rappelé dans le *Discours* par le récit de sa jeunesse, lorsque, après les premiers espoirs d'une méthode véritablement féconde mais masquée et souvent confuse parmi les domaines variés et incertains des mathématiques contemporaines, il en avait dressé le tableau de l'état à son époque sous la forme d'une critique de l'analyse géométrique des Anciens et de l'algèbre des Modernes: la première, vraie en ses solutions, mais «trop astreinte à la considération des figures» trop bornée aux données spatiales pour pouvoir dégager un ordre général, et trop désordonnée en ses procédures pour parvenir à un classement assuré de tous les problèmes; la seconde, «un art confus et obscur» vraie en ses démonstrations et ses règles de calculs, lourde en ses notations, creuse en ses résultats, pauvre en sa représentation des puissances parce que soumise aux liens de l'imagination. «Ce qui fut la cause que je pensai qu'il fallait chercher quelque autre méthode qui, comprenant les avantages de ces trois [la logique, l'analyse géométrique et l'algèbre], fut exempte de leurs défauts»: libérant la géométrie des contraintes du réalisme pour la reclasser dans le champs de la grandeur continue à l'aide des procédures de réduction et de classification⁴³ qui relèvent plutôt de la puissance de l'entendement que des conditions d'une imagination strictement reproductive; rejetant de l'algèbre la confusion des diverses notations et les limites des figurations spatiales pour réduire toutes les diverses dimensions – racine, carré, cube, bicarré... – sous la norme de la ligne, la figure la plus simple⁴⁴, représentable en sa simplicité par les signes concis des lettres⁴⁵. Enfin, en vertu de l'instance d'évidence de l'entendement et des principes d'une économie de pensée se formule le programme cartésien: décharger la géométrie des représentations imaginaires, en réduisant les figures à des lignes et les lignes à des lettres; dépurar l'algèbre de ses nomenclatures variables et obscures, la dissocier de ses objets habituels, en les réduisant à leur forme la plus abstraite, et la convoquer à l'exercice méthodique de ses procédures de généralisation

43 *La Géométrie*, AT VI, p. 369: «tous les problèmes de géométrie se peuvent facilement réduire à tels termes, qu'il n'est besoin, par après, que de connaître la longueur de quelques lignes droites, pour les construire».

44 *La Géométrie*, AT VI, p. 389: «rien de plus simple, ni que je pusse plus distinctement représenter à mon imagination».

45 *Regulae ad directionem ingenii*, Regula XVI, AT X, p. 456: «Quoniam eadem magnitudo, quamvis cubus vel biquadratus vocetur, nunquam aliter quam ut linea vel superficies imaginationi est proponenda».

à fin que soient « manifestes les termes de la difficulté sous une forme pure et nue ».

Détermination schématique des problèmes géométriques sous la classe de l'étendue: par sa théorie, la *Géométrie* se structure selon les énoncés des *Regulae*, inscrite dans le programme originaire de la *Mathesis universalis*: dans cette invention d'une méthode universelle comme théorie générale de l'ordre et de la mesure⁴⁶. Traduction symbolique et algébrisation de la géométrie, ainsi que l'algèbre organise la connaissance de l'étendue: par sa position éditoriale et ses doctrines, la *Géométrie* constitue bien un *Essai* du *Discours* comme science déployée selon les préceptes d'une méthode capable de valoriser les « avantages » des mathématiques traditionnelles, sans être affectée « de leurs défauts ». Selon le programme, « j'emprunterai la meilleure »: une méthode visant à « trouver la solution » des problèmes géométriques à travers la construction d'une courbe par l'emploi d'une équation algébrique qui puisse la déterminer exactement. D'où l'abolition radicale de la coupure aristotélicienne entre la science des nombres et celle des quantités continues, en vertu de l'universalité et de l'unité de la méthode analytique. D'où l'abandon du critère antique de classement des figures constructibles « à la règle et au compas »: critère insuffisant en ses démarches erratiques, astreint à la logique bornée de la machine et assujéti à l'axiomatique de la « justesse de l'ouvrage » plutôt qu'à celle de la « justesse du raisonnement »⁴⁷. D'où, encore, la critique de la démonstration par l'absurde – la censure de la démonstration de Fermat « qui réduit à l'impossible » est très dure – et le privilège de la démonstration par ostension, tirée non de la contradiction logique, mais « d'une connaissance de la nature des équations » – « du fond de l'algèbre », comme il dit –: en cela, la démonstration par construction est une véritable démonstration *a priori*⁴⁸.

Connaissance par intuition géométrique des lignes; connaissance par construction algébrique des chaînes déductives: selon ces critères complémentaires, la *Géométrie* débute là où ses prédécesseurs s'étaient

46 J. Vuillemin, *Mathématiques et métaphysique chez Descartes*, Paris, PUF, 1960, p. 10.

47 *La Géométrie*, AT VI, p. 389.

48 Descartes à Mersenne, [janvier 1638], AT I, p. 490. La démonstration par l'absurde est jugée comme « la moins estimée et la moins ingénieuse de toutes celles dont se sert en mathématique » et comme « peu industrielle » (à Mersenne, 29 juin 1638, AT II, p. 177).

arrêtés et prétend avancer infiniment jusque là où se situeront les découvertes de ses successeurs⁴⁹. Et toutefois, malgré la clarté du plan en trois livres titrés selon la progression du contenu⁵⁰, la *Géométrie* ne se présente pas comme l'exposé d'un cours de géométrie analytique, mais comme un exercice des ressources de l'esprit connaissant⁵¹ : comme une trame de « manipulations de l'algèbre littérale » et comme un chantier de constructions et de « compositions » de figures. Malgré les assurances de son auteur sur son excellence et son autorité définitive et décisive, elle ne s'écrit pas comme le texte général de la réforme cartésienne qui l'a rendue célèbre : elle n'est pas le traité des *Éléments* de Descartes. La théorie fondamentale de l'expression des relations géométriques par des égalités algébriques n'y est jamais thématifiée explicitement ni exposée dans sa canonique, mais elle est plutôt mise à l'œuvre comme un mode d'emploi de la méthode⁵² : « une adresse » dans la manière de choisir et de déterminer les rapports – « je choisis [...] J'ai dit, je choisis »⁵³ –, « un art » d'éclaircir les données et « démêler » les difficultés des solutions à travers la construction des courbes et l'écriture des équations algébriques qui les représentent. La mise en équation engage en fait toute la géométrie à l'essai de la méthode comme pratique de l'ordre :

49 Descartes à Mersenne, [fin décembre 1637?], AT I, p. 478-479 : « Au reste, je prétends qu'il ne faut pas seulement croire que j'ai aussi fait quelque chose de plus de ceux qui m'ont précédé, mais aussi qu'on doit se persuader que nos neveux ne trouveront jamais rien en cette matière que je ne puisse avoir trouvé aussi bien qu'eux si j'eusse voulu prendre la peine de le chercher ».

50 *La Géométrie*, AT VI : LIVRE PREMIER. *Des problèmes qu'on peut construire sans y employer que des cercles et des lignes droites*. LIVRE SECOND. *De la nature des lignes courbes*. LIVRE TROISIÈME. *De la construction des problèmes qui sont solides, ou plus que solides*. Voir : Bos H.J.M., 'The structure of Descartes' *Géométrie*, in G. Belgioiso G., Cimino G., Costabel P., Papuli G. (dir.), *Descartes. Il metodo e i Saggi*, op. cit., p. 356-358 (repris en français in *Revue d'histoire des sciences*, 51 – 2/3, Avril-Septembre 1998, p. 291-318). Et aussi du même auteur, « On the representation of curves in Descartes' *Géométrie* », *Archives for History of Exact Sciences*, 24, 1981, p. 295-338.

51 *La Géométrie*, AT VI, p. 374.

52 Jullien V., *Descartes. La « Géométrie » de 1637*, op. cit., p. 67.

53 *La Géométrie*, AT VI, p. 394-395 : « Je choisis une ligne droite [...] et en cette ligne je choisis un point [...] pour commencer par lui le calcul. Je dis, je choisis, et l'un et l'autre, à cause qu'il est libre de les prendre tels qu'on veut, car, [...] en quelque façon qu'on les prenne, on peut toujours faire que la ligne paraisse du même genre, ainsi qu'il est aisé à démontrer ».

réduction des problèmes géométriques à la simplicité des lignes par les procédures analytiques de la comparaison et de la simplification; dénombrements suffisants qui expriment les relations géométriques sous la forme algébrique d'un langage de lettres; revues générales des chaînes des déductions, qui se soumettent au contrôle des implications mutuelles; généralisations progressives qui libèrent les résultats d'un système particulier et les étendent aux classes de plus en plus amples selon l'échelle des genres successifs. Ce que Descartes appellera d'un *hapax* remarquable «métaphysique de la géométrie»: «d'autant plus belle qu'elle est plus générale»⁵⁴.

Procédures mathématiques correctes, certes, mais aussi préceptes de la méthode et raisons de l'architecte qui «prescrive tout ce qu'il faut faire, et laisse le travail des mains aux charpentiers et aux maçons»⁵⁵, comme Descartes l'affirme à propos de sa solution du problème de Pappus, qui lui avait été soumis par Golius à la fin de 1631⁵⁶ et qu'il employa «cinq ou six semaines»⁵⁷ à mener à conclusion. C'était le point d'arrêt de la géométrie des Anciens⁵⁸ et c'est le point de départ de la géométrie cartésienne. Posée la doctrine de la réduction de toutes les figures à l'unité de mesure de la ligne, énoncée la théorie des proportions et institué le langage algébrique pour les objets géométriques, Descartes l'introduit dans le premier livre par un discours de la méthode d'une page qui plie la règle générale de l'analyse à l'opérativité de la géométrie, cas particulier de la *Mathesis universalis* appliquée à la solution des problèmes de cette science: «venir aux équations qui servent à résoudre les problèmes». Il donne quatre stratégies qui sont autant de préceptes: traitement des problèmes à résoudre comme déjà résolus; détermination des conditions nécessaires et suffisantes au résultat par les procédures analytiques et, à travers le dénombrement des déductions et le contrôle de l'ordre naturel, «de leur dépendance» réciproque; recherche des équations – «préparation des équations» selon le lexique de 1632 – qui

54 Descartes à Mersenne, 9 janvier 1639, AT II, p. 490.

55 Descartes à Mersenne, 31 mars 1638, AT II, p. 83.

56 Descartes à [Golius], [janvier 1632], AT I, p. 232-235.

57 Descartes à Mersenne, [5 avril 1632], AT I, p. 244.

58 Descartes à Mersenne, [fin décembre 1637?], AT I, p. 478: «Dès le commencement [de la *Géométrie*] j'y résous une question, qui par le témoignage de Pappus n'a pu être trouvée par aucun des Anciens; et l'on peut dire qu'elle ne l'a pu être non plus par aucun des Modernes, puis qu'aucun n'en a écrit».

identifient les lignes-solutions par deux expressions distinctes à deux inconnues, ainsi que les degrés croissants des équations expriment des courbes de plus en plus complexes, mais toujours déterminables sur le plan, point par point, par l'équation qui les caractérise; résolution des équations selon les règles générales de l'algèbre,

«selon l'ordre qui montre, le plus naturel de tous, en quelle sorte elles [les lignes connues et inconnues, sans aucune différence entre elles] dépendent mutuellement les unes des autres»⁵⁹.

Le défi du célèbre problème de Pappus, «question tant cherchée par les Anciens»⁶⁰, devient ainsi, par la langue algébrique qui le traduit en équation dans un système de coordonnées sur le plan, la question centrale de la *Géométrie*: y a-t-il des constructions dépassant la règle et le compas qui sont pourtant acceptables en géométrie? C'est-à-dire, est-il possible de dépasser la géométrie géométrique des Anciens? Descartes répond par la solution du problème proposée dans le premier livre et par sa généralisation élaborée dans le second à travers la théorie «des lignes courbes» qui trouvent dans le troisième la théorie de la simplicité qui les intègre: la construction par les courbes admises – «reçues», selon le lexique de Descartes – selon les critères de l'acceptabilité – c'est-à-dire celles qui sont tracées par des combinaisons de «mouvements continus» et réguliers: cas où la séquence ordonnée du tracé se configure comme chaîne de raisons investies de l'évidence prolongée de la déduction – et de la simplicité – c'est-à-dire celles qui sont susceptibles d'être traduites en équations algébriques, la simplicité étant liée non aux dimensions de la figure géométrique dans l'espace physique mais au degré de son équation polynomiale, de sorte qu'une courbe plus simple est celle

59 *La Géométrie*, AT VI, p. 372.

60 *La Géométrie* AT VI, p. 476. Dans sa formule traditionnelle: donné un certain nombre de lignes («trois ou quatre» dans la version des Anciens), déterminer le lieu des points P tels qu'on puisse construire un nombre égal de segments de P à ces mêmes lignes formant un angle donné avec chacune d'entre elles et tels que le rectangle défini par deux des segments ainsi construits soit en rapport donné avec le carré du troisième segment, et ainsi de suite: selon Pappus une section conique. Dans la *Géométrie* cette question est traitée dans le Livre I (AT VI, p. 377-387) et dans le Livre II (AT VI, p. 396-411).

dont le degré de son équation est plus bas⁶¹ : cas où les procédures de simplification, de division, de délimitation l'achèvent et la réalisent avec la clarté de la connaissance intellectuelle.

Essai du *Discours*, la *Géométrie* démontre toute la richesse de la méthode à disposition d'un savoir qui se définit comme une discipline nouvelle, libre des limites de l'imagination spatiale et déliée des contraintes du machinisme technologique : si la géométrie cartésienne est une géométrie « bornée », selon la critique de Leibniz⁶², elle est volontairement bornée aux conditions de la construction des courbes, et en cela infiniment progressive et généralisable. L'introduction des ovales du livre II ne permet-elle pas d'exposer en formule les cas de la réflexion et de la réfraction de la lumière de la *Dioptrique*? Et la démonstration des propriétés des ovales ne permet-elle pas de passer à l'évidence de lois de la diffusion de la lumière? Et d'ailleurs, la détermination standard des racines des équations par la construction de la parabole dite « cartésienne » ne sert-elle pas dans le livre III à introduire la théorie générale de la solution de tout problème d'un genre plus composé que les « problèmes solides » : les genres « qui sont composés à l'infini »⁶³? Descartes le souhaitait : « j'espère, concluait-il en fait dans la dernière page, que nos neveux me seront gré, non seulement des choses que j'ai ici expliquées, mais aussi de celles que j'ai omises volontairement, afin de leur laisser le plaisir de les inventer »⁶⁴. Le futur ne manquera pas de le faire, et appellera cette théorie « construction des équations ».

61 Pour les cas « des problèmes plans » il s'agit d'une courbe déterminée par une équation du second degré à deux inconnues ; pour les cas des « problèmes solides ou plus que solides » il s'agit de courbes polynomiales représentées par des équations algébriques de degré supérieur, celles qu'on nommera ensuite « géométriques ». Les autres courbes « pour lesquelles on ne trouve pas indifféremment tous les points qu'on cherche » sont celles non-géométriques qu'on appellera transcendantes.

62 Leibniz à Malebranche, 13 janvier 1679 : « sa géométrie est trop bornée » (*Die Philosophischen Schriften*, éd. Gerhardt, T. I, p. 328).

63 Costabel P., « Descartes et la mathématique de l'infini », *Historia Sci.* 29 (1985), p. 37-49.

64 *La Géométrie*, AT VI, p. 485.