



**HAL**  
open science

## La nature de la lumière selon Descartes

Sophie Roux

► **To cite this version:**

Sophie Roux. La nature de la lumière selon Descartes. Le Siècle de la Lumière, Presses de l'ENS de Fontenay Saint-Cloud, pp.49-66, 1997. halshs-00808829

**HAL Id: halshs-00808829**

**<https://shs.hal.science/halshs-00808829>**

Submitted on 7 Apr 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## LA NATURE DE LA LUMIERE SELON DESCARTES

### Introduction

Dans le premier chapitre de la *Dioptrique*, Descartes déclare n'avoir pas besoin d'entreprendre de dire au vrai quelle est la nature de la lumière : il se contenterait d'en examiner les diverses propriétés. On a parfois décelé dans ce passage le signe d'une nouvelle attitude envers les choses de la nature en général : la science aurait renoncé à saisir des natures ; elle n'aurait qu'à établir des lois sans se soucier des choses. Cette attitude nouvelle expliquerait en particulier que Descartes ne se soit pas soucié d'harmoniser les trois comparaisons qu'il propose dans ce premier chapitre.

Cette interprétation positiviste est selon moi erronée : il est vrai que Descartes n'entend pas le mot de "nature" comme ses prédécesseurs, mais il n'a pas renoncé à l'ambition de connaître la nature des choses en général et de la lumière en particulier. Donner la nature de la lumière, dire ce qu'elle est au vrai, c'est non pas chercher quel est son genre d'être scolastique, mais préciser quelle est sa matière et quel est son mouvement. C'est que le projet de la *Dioptrique* n'est pas représentatif des œuvres cartésiennes en général ; loin de considérer la nature de la lumière comme un objet par principe inaccessible, Descartes l'a examinée dans *Le Monde*, ou *Traité de la Lumière*.

Aussi m'efforcerai-je tout d'abord de distinguer le statut épistémologique de deux œuvres de Descartes quasiment contemporaines : la *Dioptrique*, premier des essais qui accompagnent le *Discours de la Méthode* (publiés en 1637) et le traité *Du Monde* ou *De la Lumière* (écrit en 1633, non publié du vivant de Descartes)<sup>1</sup>. J'analyserai ensuite successivement chacune de ces œuvres, en m'intéressant particulièrement dans la première aux contradictions que présentent les comparaisons employées dans le premier chapitre, et dans la seconde à ce que signifie pour Descartes décrire la nature de la lumière. Enfin, j'examinerai la fonction des comparaisons dans ces deux œuvres.

### 1. Présentation épistémologique des deux traités

Même lorsque Descartes souligne le caractère conjectural de ses propos, ceux-ci n'excluent pas que la lumière soit saisie dans sa nature ; c'est en particulier le cas du

---

<sup>1</sup> Conformément à l'usage, je parlerai dans les pages qui suivent du traité *Du Monde*.

Je me réfère le plus souvent à l'édition qu'a donnée F. Alquié des *Œuvres philosophiques* de Descartes, abrégée F. A. ; lorsque cela n'est pas possible, je renvoie à l'édition de référence d'Adam et Tannery, abrégée A. T.

célèbre énoncé auquel j'ai fait allusion en introduction : "il suffira que je me serve de deux ou trois comparaisons qui aident à la concevoir en la façon qui me semble la plus commode pour expliquer toutes les propriétés que l'expérience nous fait connaître, et pour déduire ensuite quelques autres qui ne peuvent être si aisément remarquées"<sup>2</sup>.

Si on peut, à partir des comparaisons proposées, déduire des propriétés moins connues de la lumière, c'est que ces comparaisons présentent quelque rapport avec la nature de la lumière : si elles ne nous apprenaient absolument rien sur cette nature, on ne pourrait rien en déduire. La correspondance de Descartes confirme cette hypothèse et répond à la question qu'elle suscite : d'où vient que les comparaisons expriment la nature de la lumière ?

"Pour ce qui est de la lumière, si vous prenez garde à la troisième page de la *Dioptrique*, vous verrez que j'ai mis là expressément que je n'en parlerai que par hypothèse, et en effet à cause que le traité qui contient tout le corps de ma physique porte le nom *De la Lumière*, et qu'elle est la chose que j'explique le plus amplement et le plus curieusement de toutes, je n'ai pas voulu mettre ailleurs les mêmes choses que là, mais seulement en représenter quelque idée par des comparaisons et des ombrages, autant qu'il m'a semblé nécessaire pour le sujet de la *Dioptrique*"<sup>3</sup>.

Descartes prétend bien imiter les suppositions des astronomes "presque toutes fausses ou incertaines"<sup>4</sup> ; il est cependant peu vraisemblable qu'il ait choisi des suppositions fausses et incertaines alors qu'il déclare avoir expliqué la lumière "le plus amplement et le plus curieusement de toutes choses" : les comparaisons sont bien plutôt des "ombrages". Les ombrages d'une nature ne la révèlent pas toute nue, mais montrent certains de ses profils qui considérés tous ensemble la font deviner ; la nature de la lumière perce ainsi à travers la série de ses ombres portées.

Pourquoi cependant se contenter d'ombrages lorsqu'on dispose d'un traité sur la lumière ? Descartes use d'un argument rhétorique : il n'aurait pas voulu se répéter d'un ouvrage à l'autre ; mais cet argument est rhétoriquement sans valeur, puisque l'ouvrage en question n'avait pas été publié et ne devait pas l'être<sup>5</sup>. La véritable raison est donc ailleurs. C'est tout d'abord que Descartes, s'adressant principalement dans la *Dioptrique* aux tailleurs de verre, a tâché "de [s]e rendre intelligible à tout le monde, et

---

<sup>2</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. 1 pp. 653-654.

<sup>3</sup> A Vatier, 22 février 1638 ; F. A. II p. 28. Voir également A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II p. 197 et p. 201.

<sup>4</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I p. 654.

<sup>5</sup> Descartes s'en explique dans la sixième partie du *Discours de la Méthode* ; F. A. I. p. 638 sqq.

de ne rien omettre, ni supposer, qu'on doive avoir appris des autres sciences"<sup>6</sup>. C'est surtout qu'il concevait la science comme un système, c'est-à-dire comme un ensemble de propositions "si jointes ensemble, et dépendant si fort les unes des autres, qu'on ne saurait s'en approprier aucune sans les avoir toutes"<sup>7</sup> ; celui qui n'a pas médité la totalité de la physique cartésienne ne peut juger de la vérité d'une de ses parties, ni prétendre la connaître suffisamment pour en déduire quoi que ce soit<sup>8</sup>.

Les comparaisons cartésiennes ne sont donc pas des hypothèses fausses, mais expriment à leur manière la nature de la lumière ; Descartes s'en contente, car démontrer quelle est cette nature exigerait un exposé de tout son système physique. Mais quelle est en ce cas la valeur démonstrative des comparaisons proposées ? Si une démonstration véritablement scientifique suppose un exposé des principes premiers de la physique, quel est le statut d'un énoncé qui s'en dispense ?

Descartes répond à cette question en distinguant deux espèces de démonstrations : celles qui procèdent *a priori* et celles qui procèdent *a posteriori*. "Quant à ce que j'ai supposé au commencement des *Météores*, je ne le saurais démontrer *a priori* sinon en donnant toute ma physique ; mais les expériences que j'en ai déduites nécessairement, et qui ne peuvent en même façon être déduites d'aucuns autres principes, me semblent le démontrer assez *a posteriori*"<sup>9</sup>. Il faut, par-delà Kant, restituer à l'*a priori* et l'*a posteriori* leur sens aristotélicien : ils ne différencient pas les connaissances selon leurs sources subjectives (certaines connaissances procèdent de l'expérience, d'autres n'en procèdent pas), mais selon la manière de les prouver (certaines preuves consistent à déduire des causes les effets, d'autres remontent des effets aux causes)<sup>10</sup>.

Le physicien peut selon Descartes légitimement proposer des énoncés qui procèdent des effets aux causes ; ils n'ont assurément pas la valeur des démonstrations *a priori* qui déduisent d'une première évidence une chaîne de conséquences, mais ils sont suffisants pour persuader un lecteur de bonne volonté et de bon sens<sup>11</sup>. Il reste que la démonstration *a posteriori* pose un problème particulier : n'y a-t-il pas un cercle logique entre expériences et comparaisons ? Les expériences démontrent en effet la valeur des comparaisons, tandis que les comparaisons servent à déduire les expériences. Descartes répond à cette objection en remarquant que le lien logique n'est pas identique

---

<sup>6</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I p. 653.

<sup>7</sup> A Vatier, 22 février 1638 ; F. A. II p. 29.

<sup>8</sup> *Discours de la Méthode*, sixième partie ; F. A. I. p. 648.

<sup>9</sup> A Vatier, 22 février 1638 ; F. A. II p. 29. Voir de même : A Plempius, 20 décembre 1637 ; F. A. I p. 819. *Discours de la Méthode*, sixième partie ; F. A. I p. 647.

<sup>10</sup> L'origine de cette distinction se trouve en *Analytiques Seconds* I 13.

<sup>11</sup> A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. I p. 201.

dans les deux cas : les expériences *prouvent* la validité des comparaisons, les comparaisons *expliquent* les expériences<sup>12</sup>.

Le traité *Du Monde* démontre donc *a priori* quelle est la nature de la lumière, autrement dit la déduit des principes de la physique comme on déduit un effet de ses causes ; la *Dioptrique* procède par contre *a posteriori* : certaines propriétés bien connues de la lumière suggère des comparaisons qui laissent entrevoir la nature de la lumière et permettent de déduire des propriétés moins connues.

Un dernier point reste cependant à préciser pour avoir fait le tour de l'épistémologie cartésienne : les démonstrations physiques, fussent-elles *a priori*, doivent pour être totalement valides être fondées sur des principes métaphysiques. "Vous demandez si je tiens que ce que j'ai écrit de la réfraction soit démonstration ; et je crois que oui, au moins autant qu'il est possible d'en donner en cette matière, sans auparavant avoir démontré les principes de la physique par la métaphysique (ce que j'espère faire quelque jour, mais que ne l'a pas été par ci-devant), et autant qu'aucune autre question de mécanique, ou d'optique, ou d'astronomie, ou autre matière qui ne soit pas purement géométrique, ou arithmétique, ait jamais été démontrée. Mais d'exiger de moi des démonstrations géométriques en une matière qui dépend de la physique, c'est vouloir que je fasse des choses impossibles"<sup>13</sup>.

Descartes avance successivement deux propositions : pour s'approcher de la perfection des démonstrations mathématiques, les démonstrations physiques doivent reposer sur des principes métaphysiquement démontrés ; une démonstration parfaite est cependant impossible en physique. Si la *Dioptrique* trouve son fondement dans le *Monde*, celui-ci a à son tour besoin d'un fondement, que l'on pourra appeler métaphysique. Mais si les principes physiques sont métaphysiquement démontrables, pourquoi est-il impossible de proposer des démonstrations physiques parfaites ?

Toute la question est de déterminer ce que sont les fondements métaphysiques de la physique. Descartes pense que la physique doit, comme toutes les sciences, recevoir un fondement métaphysique, mais il sait aussi qu'on ne peut pas à strictement parler *déduire* la physique de ce fondement. Le fondement métaphysique de la physique, c'est la démonstration de l'existence des corps en général et la détermination de leur essence, là encore en général ; ces propositions établies métaphysiquement ne permettent pas de produire de vraies démonstrations physiques, tout simplement parce qu'il y aura toujours une rupture lorsqu'on passe d'énoncés généraux sur l'existence et l'essence de n'importe quel corps à l'explication particulière des propriétés de corps singuliers. Les

---

<sup>12</sup> *Discours de la Méthode*, sixième partie ; F. A. I. p. 647. A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II pp. 197-198.

<sup>13</sup> A Mersenne, 17 mai 1638 ; F. A. II p. 62 (cette lettre est datée du 27 mai dans A. T.).

premières déductions, qui mènent des vérités premières aux effets ordinaires en passant sur les premières causes, sont analogues aux déductions des mathématiques ; mais l'expérience est ensuite par deux fois nécessaire, manifestant la spécificité de la physique : elle l'est d'abord pour manifester l'existence du fait particulier qu'il faut expliquer ; elle permet ensuite de choisir entre différentes explications possibles de ce fait. Dans les deux cas, il s'agit de combler l'abîme qui sépare le général du particulier, le possible de l'actuel<sup>14</sup>.

Si dont le *Monde* est démonstrativement plus satisfaisant que la *Dioptrique*, il ne faut cependant pas s'attendre à y trouver le dernier mot de la science cartésienne. D'autre part, et de manière provisoire, Descartes n'a pas encore publié de métaphysique qui fonde la physique ; d'autre part, et cette fois de manière irrémédiable, toute métaphysique est par essence générale, et incapable à ce titre de fournir un fondement adéquat à une physique, décidément particulière.

## 2. Les comparaisons de la *Dioptrique*

Dans le discours premier de la *Dioptrique*, Descartes recourt à trois comparaisons : "il vous est sans doute arrivé quelquefois, en marchant de nuit sans flambeau, par des lieux un peu difficiles, qu'il vous fallait vous aider d'un bâton pour vous conduire (...). Voyez une cuve au temps de vendange, toute pleine de raisins à demi foulés (...). Lorsque [les rayons] rencontrent quelques autres corps, ils sont sujets à être détournés par eux, ou amortis, en la façon que l'est le mouvement d'une balle ou d'une pierre jetée dans l'air, par ceux qu'elle rencontre"<sup>15</sup>.

Ce ne sont pas là des expériences scientifiques en ce sens qu'elles nécessiteraient instruments de mesure et dispositifs techniques, mais des observations et des opérations familières. Songer aux comparaisons que la scolastique ressassait depuis Aristote restituera à ces images leur vigueur et leur fraîcheur : comme Galilée, Descartes se réapproprie le monde des choses naturelles grâce à des choses vues ou faites de la main ou de l'esprit, à la ville ou à la campagne.

Je signalerai quelles caractéristiques de la lumière chacune d'elle illustre, puis montrerai qu'elles suscitent des contradictions lorsqu'elles sont prises toutes ensemble ; pour se débarrasser de ces contradictions, la plupart des commentateurs ont invoqué la notion de modèle et se sont réfugiés dans une épistémologie positive : après avoir dénoncé de telles références, il me restera à expliquer pourquoi Descartes ne s'offense pas de telles contradictions.

---

<sup>14</sup> *Discours de la Méthode*, sixième partie ; F. A. I pp. 636-637. Voir de même : *Principes de la Philosophie* IV 206 ; F. A. III p. 525. A Mersenne, 28 octobre 1640 ; F. A. II p. 270.

<sup>15</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I p. 654, p. 656 et p. 661 respectivement.

La première comparaison est “principalement apportée pour faire voir en quelle sorte le mouvement peut passer sans le mobile”<sup>16</sup> ; cela est important pour deux raisons. Si le mouvement ne pouvait être sans le mobile, la lumière ne pourrait tout d’abord être un mouvement sans impliquer un transport de matière, ce qui fait naître des contradictions sans nombre<sup>17</sup>. En second lieu, elle ne pourrait pas être instantanée : un mouvement ne peut se faire en un instant (quoiqu’il puisse se transmettre en un instant<sup>18</sup>) ; or cette instantanéité est pour Descartes un fait d’expérience<sup>19</sup>. La lumière ne bascule pas pour autant du côté de l’immatérialité : elle ne suppose aucun transport de matière, mais sa transmission nécessite un support matériel.

La deuxième comparaison permet d’apporter une première précision sur ce support : il est plus subtil que les corps terrestres. Mais il s’agit surtout de “distinguer entre le mouvement, et l’action ou inclinaison à se mouvoir”<sup>20</sup>. L’action est un mouvement instantané, un mouvement sans mobile : les particules de vin “tendent vers” les trous – à l’instant où ils sont percés, elles ne bougent pas encore, et pourtant elles font déjà effort vers eux. C’est parce que la lumière n’est pas un mouvement, mais un effort ou une inclinaison au mouvement, que les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans plusieurs directions à la fois et ne sont gênés ni par les corps plus massifs ni par les autres rayons de lumière : ils se croisent sans se confondre ni entraver leur cours respectifs.

Si la deuxième comparaison souligne la différence entre action et mouvement, la troisième comparaison accentue au contraire leur parenté : l’inclinaison à se mouvoir suit les mêmes lois que le mouvement<sup>21</sup>. C’est que Descartes a besoin d’une comparaison qui permette de rendre compte géométriquement et mécaniquement des variations lumineuses que sont la réflexion, la réfraction et les couleurs.

Descartes ne manque pas de souligner la justesse de ces comparaisons<sup>22</sup>. Mais, à les considérer toutes ensemble, elles sont doublement déficientes : aucune d’elle n’est suffisante pour comprendre les propriétés de la lumière ; elles sont contradictoires entre elles. Le premier énoncé va de soi : si l’une de ces comparaisons suffisait à analyser

---

<sup>16</sup> A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II p. 206.

<sup>17</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I p. 655. Voir de même : A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II p. 206.

<sup>18</sup> A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II p. 215.

<sup>19</sup> A Beeckman, 22 août 1634 ; F. A. I p. 502. A Marsenne, 17 mai 1638 ; F. A. II p. 64. A Marsenne, 17 mai 1638 ; F. A. II p. 64.

<sup>20</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I p. 658.

<sup>21</sup> *Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I p. 659.

<sup>22</sup> *Dioptrique*, chap. 2 ; F. A. I p. 677.

toutes les propriétés de la lumière, Descartes n'aurait pas besoin d'en changer. Le second est presque aussi évident : si la lumière est comme l'action que transmet un bâton, deux rayons lumineux ne peuvent se croiser sans se confondre (deux actions se composent) ; si elle est comme l'effort du vin, elle ne peut pas être rectiligne et il n'y a pas d'ombre (le vin contourne les obstacles) ; si elle est comme une boule qui se meut, elle ne peut se propager instantanément et deux rayons qui se croisent rebondissent l'un sur l'autre.

Peut-être dira-t-on que ces comparaisons sont contradictoires macroscopiquement, mais qu'elles sont microscopiquement conciliables. Ce serait tomber de Charybde en Scylla : il n'y aurait dès lors plus d'analogie entre le monde macroscopique et le monde microscopique, et partant plus aucun moyen de connaître les structures microscopiques supposées être les causes des phénomènes macroscopiques. Ces contradictions doivent donc être expliquées ; il n'y a pas moyen d'échapper à la tâche.

L'interprétation la plus répandue du premier discours de la *Dioptrique*, et particulièrement des contradictions présentées par les comparaisons, tient en deux propositions :

1) Il serait tout aussi déplacé d'exiger des comparaisons de la *Dioptrique* qu'elles soient compatibles entre elles que de l'exiger des modèles mécaniques des scientifiques du XIX<sup>ème</sup> siècle, Hertz, Maxwell ou Lord Kelvin<sup>23</sup>.

2) Fondamentalement en effet, ces comparaisons ne portent pas sur la nature des choses : comme Maxwell et Lord Kelvin<sup>24</sup>, Descartes aurait en général renoncé à connaître la nature des choses ; il fait preuve de positivisme et d'instrumentalisme avant la lettre<sup>25</sup>.

Ces deux propositions ne me paraissent pas soutenables ; pour le dire en un mot, on ne gagne rien à interpréter les comparaisons du XVII<sup>ème</sup> siècle en se référant aux modèles mécaniques du XIX<sup>ème</sup> siècle. Il serait bon tout d'abord de dissiper une fois pour toutes le brouillard pseudo-scientifique qui recouvre la notion de "modèle", ou plus exactement d'admettre qu'elle est si floue qu'elle n'est pas un sésame qui à coup sûr

---

<sup>23</sup> G. Leisegang, *Descartes Dioptrik*, p. 22 et A. Gabbey, "Explanatory Structures and Models in Descartes' Physics", p. 276, note 7.

<sup>24</sup> Voir les textes cités par P. Duhem, p. 123 de *La Théorie Physique*, et M. B. Hesse, p. 349 de "Action at a Distance in Classical Physics", dans *Isis* n° 46, 1955.

<sup>25</sup> C'est l'interprétation d'E. Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie*, p. 402, ou de G. Rodis-Lewis, "Limitations of the Mechanical Model in the Cartesian Conception of Organism", pp. 152-153.



ouvre la porte des bénéfiques épistémologiques<sup>26</sup>. A supporter ensuite que les savants du XVII<sup>ème</sup> siècle recourent effectivement à des modèles mécaniques semblables à ceux du XIX<sup>ème</sup> siècle, les problèmes propres au XVII<sup>ème</sup> sont plus obscurcis qu'éclairés par des allusions vagues à des débats pourtant incompréhensibles si l'on n'analyse pas pour elle-même la science qui les a faits naître – je pense ici à l'opposition entre "mécanistes" et "énergétistes"<sup>27</sup>, mais aussi à la "crise des modèles" qu'engendra la physique quantique<sup>28</sup>.

L'analyse des textes n'avance donc pas d'un pouce si l'on se contente de faire allusion à l'existence d'un "modèle" ; cette notion appartient à l'espèce des attrape-mouches intellectuels, notions changeantes de texte en texte, qui dissimulent les problèmes plus qu'elles ne les expliquent. Comment dès lors rendre compte des contradictions que présentent les différentes comparaisons de la *Dioptrique*<sup>29</sup> ?

Chaque comparaison illustre une caractéristique particulière de la lumière : aucune ne nous livre à proprement parler sa nature, mais aucune non plus ne la trahit. La lumière est une nature complexe : la connaître c'est donc la décomposer en plusieurs natures simples ; mais les choses que nous observons autour de nous ne nous donnent aucune nature simple à l'état pur ; elles apparaissent mêlées les unes aux autres dans des natures complexes. Ce qui est dès lors contradictoire, ce ne sont pas les différentes natures simples qui composent la lumière (elles ne le sont pas par définition, puisque *de facto* elles forment à elles toutes la lumière), mais les natures simples propres au terme qui sert de référence dans la comparaison. Si les comparaisons de la *Dioptrique* présentent des contradictions c'est donc parce que, loin d'être des modèles idéaux artificiellement construits, elles renvoient à plusieurs réalités à la fois qui sont aussi complexes que la réalité à expliquer.

Pour illustrer ce qui précède par une analogie, supposons un être qui, ayant l'expérience des triangles rouges et des carrés noirs, n'aurait pas d'idée de ce que peuvent être intrinsèquement la triangularité ou la noirceur ; on pourra lui faire comprendre la nature

---

<sup>26</sup> L'article "Models and Analogies" qu'a rédigé M. B. Hesse pour l'*Encyclopedia of Philosophy* constitue une bonne mise au point.

<sup>27</sup> L'article fondateur d'Ostwald, "Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus" et les réponses qu'il suscita sont repris dans *Les Atomes. Une Anthologie historique*, pp. 207-259.

<sup>28</sup> Sur ce point, voir l'introduction de C. Chevalley à *Physique atomique et Connaissance humaine*.

<sup>29</sup> L'explication que je propose des contradictions est similaire à celle de G. Leisegang, *Descartes Dioptrik*, p. 22, mais je supprime toute référence aux modèles des scientifiques du XIX<sup>ème</sup> siècle.

du triangle noir en l'amenant à considérer les ombrages de cette nature que sont un triangle rouge et un carré noir. Ni le triangle rouge ni le carré noir ne suffirait cependant à cette tâche, et ils sont en quelque manière contradictoires : un triangle n'est pas un carré et du noir n'est pas du rouge.

La fonction des comparaisons de la *Dioptrique* est par là-même éclairée. Si Descartes choisit, malgré leur complexité, de se référer à certaines natures, c'est en raison de leur familiarité ; les comparaisons ont donc une intention surtout pédagogique : les lecteurs, faisant l'aller-retour entre ce qu'ils peuvent voir (imaginer, se représenter) et ce qu'ils peuvent comprendre (entendre, juger, décider) s'habituent progressivement à l'idée que la lumière n'est qu'un mouvement, ou plutôt une inclinaison à se mouvoir, une action ; petit-à-petit, ils s'accoutument à ce qu'ils trouvaient tout d'abord étrange et ne pouvaient comprendre<sup>30</sup>. Il s'agit par conséquent dans ce premier chapitre de pédagogie et de rhétorique autant que de science à proprement parler ; ainsi les comparaisons illustrent-elles une idée sans la soumettre au verdict de l'expérience : par exemple, la comparaison avec un bâton d'aveugle montre qu'une action peut exister sans transport de matière, mais suppose résolue la question de savoir si, de fait, la lumière est bien une action sans transport de matière.

### **3. La nature de la lumière dans le *Monde***

Contrairement à la *Dioptrique*, le *Monde* censé indiquer explicitement quelle est la nature de la lumière. Comment cela se manifeste-t-il dans le déroulement même des traités ?

Le *Monde* est au premier abord décevant ; il semble comme la *Dioptrique* repousser la révélation de la vérité et se réfugier derrière le masque des comparaisons et des hypothèses. En effet, la plus grande partie de ce traité (du chapitre 5 au chapitre 15) est dite relever du registre des fables<sup>31</sup> ; la métaphore des ombrages surgit de nouveau dans l'aperçu que le *Discours de la Méthode* donne de ce traité<sup>32</sup>. mais la déception s'estompe à y regarder de plus près. D'une part, Descartes souligne de plus en plus la ressemblance entre le monde de la fable et le nôtre<sup>33</sup> ; présenter la genèse du monde comme une fable évite simplement que l'ouvrage ne prête excessivement le flanc à la censure catholique. D'autre part, la métaphore des ombrages n'est pas appliquée dans

---

<sup>30</sup> Le premier chapitre n'arrête pas les va-et-vient entre ce que le lecteur voit, ce qu'il juge, ce qu'il trouve étrange, ce qu'il croit, ce qu'il comprend, etc. (*Dioptrique*, chap. 1 ; F. A. I pp. 654-661).

<sup>31</sup> *Le Monde*, chap. 5 ; A. T. XI p. 31.

<sup>32</sup> *Discours de la Méthode*, cinquième partie ; F. A. I p. 614.

<sup>33</sup> Les planètes du nouveau monde sont par exemple désignées par les signes qui servent usuellement à désigner les planètes de notre monde : T pour la terre, 7 pour la lune, etc.

l'aperçu du *Discours de la Méthode* à la lumière, mais aux choses du monde<sup>34</sup>. Reprenons donc confiance, et examinons en quoi le *Monde* diffère-t-il de la *Dioptrique*.

*Le Monde* indique en premier lieu les fondements qui permettent de déterminer la nature d'une chose matérielle en général, et en particulier celle de la lumière. Il commence en effet par établir le cadre général de toute explication physique : parler intelligiblement en physique, c'est parler matière et mouvement. Le chapitre 1 donne plusieurs exemples de "la différence qui est entre nos sentiments et les choses qui les produisent"<sup>35</sup>, et suggère par là-même de ne pas confondre les choses et le sentiment que nous en avons, bref de les dépouiller de toutes les qualités sensibles que leur attribuaient les scolastiques.

Le chapitre 2 examine alors la production du phénomène particulier qu'est la lumière, non dans le cas des astres, trop lointains, mais dans le cas de la flamme. L'analyse montre qu'il n'y a pas de feu sans mouvement, donc que le mouvement est nécessaire pour l'expliquer la lumière ; et il est vraisemblablement suffisant puisqu'il en explique les différents effets : le bois qui se consume, la sensation de chaleur. On comprend rétrospectivement pourquoi la *Dioptrique* a dès ses premières lignes posé comme allant de soi que la lumière relevait du mouvement : elle se fonde sur le *Monde* pour déterminer en quels termes la lumière doit être analysée.

En deuxième lieu, alors que la *Dioptrique* procédait des effets aux causes, le *Monde* va des causes aux effets en deux sens. C'est après avoir déterminé la nature de la lumière (chapitre 13) que ses propriétés sont énoncées (chapitre 14) ; surtout, Descartes montre comment les causes premières engendrent le système du monde : "ceux qui sauront suffisamment examiner les conséquences de ces vérités [les vérités éternelles] et de nos règles [les règles du mouvement], pourront connaître les effets par leurs causes ; et, pour m'expliquer en termes de l'Ecole, pourront avoir des démonstrations *a priori* de tout ce qui peut être produit en ce nouveau monde"<sup>36</sup>.

Cette génération concerne tout d'abord les éléments fondamentaux du *Monde*. une théorie des éléments est proposée dès le chapitre 5, complète parce qu'elle provient de la déclinaison de toutes les variations possibles des modes fondamentaux des corps (matière, figure et mouvement) : le premier élément, l'élément des corps lumineux, le feu des aristotéliens et la matière subtile des cartésiens, est constitué de raclures de

---

<sup>34</sup> *Discours de la Méthode*, cinquième partie ; F. A. I pp. 614-615.

<sup>35</sup> *Le Monde*, chap. 1 ; A. T. XI p. 3.

<sup>36</sup> *Le Monde*, chap. 7 ; A. T. XI p. 47.

forme indéterminée, de petite taille et de grande mobilité<sup>37</sup> ; le deuxième élément, l'élément des corps transparents, l'air des aristotéliens et l'éther des cartésiens est fait de boules de taille et mobilité moyennes ; le troisième élément, l'élément des corps opaques, la terre des aristotéliens, est composé de figures irrégulières et empêchantes, de grande taille et petite mobilité.

On pourrait dès lors s'étonner que, trois chapitres plus loin, cette même théorie des éléments soit de nouveau formulée sans aucun changement décisif. Descartes, prétextant une fable, fait en effet naître un nouveau monde tout semblable au nôtre ; les trois éléments sont engendrés à partir du "chaos le plus confus et le plus embrouillé que les poètes puissent décrire"<sup>38</sup> : le troisième élément constitue les planètes et les comètes, le deuxième la matière du ciel, et le premier le soleil et les étoiles. Là est justement la différence : dans le chapitre 8, Descartes propose une démonstration *a priori* de ce qu'il avait simplement posé au chapitre 5 : il va des causes (la matière et les lois du mouvement) aux effets (le système des éléments, puis la structure du nouveau monde). Cette génération concerne ensuite le monde lui-même ; les trois lois du mouvement appliquées aux trois éléments engendrent les principaux effets du monde : le système planétaire, la pesanteur, les marées et la lumière. Ces trois lois du mouvement, qui constituent les seules "lois de la nature", sont assurément présentées dans le cadre d'une fable ; mais Descartes les rattache expressément à ces "vérités éternelles (...) dont la connaissance est si naturelle à nos âmes que nous ne saurions les 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"<sup>39</sup>. En effet, les deux premières "suivent manifestement de cela seul que Dieu est immuable", et la troisième "est appuyée sur le même fondement que les deux autres et ne dépend que de ce que Dieu conserve chaque chose par une action continue"<sup>40</sup> ; or aucune connaissance n'est plus naturelle à nos âmes que celle de l'existence d'un Dieu immuable.

---

<sup>37</sup> Depuis 1630, Descartes avait besoin d'une matière "incomparablement plus subtile" que la matière subtile, autrement dit du premier élément, pour réussir à expliquer les phénomènes de condensation et raréfaction (A Mersenne, 15 avril 1630 ; F. A. I p. 257. Au même, 25 février 1630 ; F. A. I p. 243). Il n'en parle pas dans la *Dioptrique* ; elle était cependant nécessaire pour remplir les interstices entre les boules du second élément (A Mersenne, 9 janvier 1639) ; F. A. II p. 118. A Renéri, avril ou mai 1638 ; F. A. II p. 58 A Morin 13 juillet 1638 ; A. T. II p. 207).

<sup>38</sup> *Le Monde*, chap. 6 ; A. T. XI p. 34.

<sup>39</sup> *Le Monde*, chap. 7 ; A. T. XI p. 47.

<sup>40</sup> *Le Monde*, chap. 7 ; A. T. XI p. 43 et p. 44.

Il faut, en troisième et dernier lieu, réserver une place particulière à l'élaboration de la notion d'effort : dans la *Dioptrique*, la lumière est appréhendée comme effort, action, inclinaison ou tendance au mouvement, mais cette notion est abordée seulement par le biais de comparaisons ; le *Monde* la précise. L'effort apparaît tout d'abord au détour de la troisième loi du mouvement<sup>41</sup> ; au chapitre 13, il est analysé en lui-même avec pour but explicite de comprendre la nature de la lumière. L'interprétation animiste que l'on pourrait donner de la notion d'effort une fois récusée<sup>42</sup>, elle est caractérisée qualitativement : un effort est un mouvement empêché<sup>43</sup> ; d'où suit qu'il peut y avoir plusieurs efforts dans un même corps. Le problème est alors de déterminer en quelle direction se fait à proprement parler l'effort des parties du ciel. L'exemple qui avait déjà servi à illustrer la troisième loi du mouvement, celui d'une fronde, est ici de nouveau invoqué : soit P la pierre qui tourne dans une fronde de centre D suivant le cercle AB. Lorsque P est en A, elle tend vers l'intersection C de la tangente en A et de DB si elle est considérée toute seule, vers B si elle est considérée comme retenue par la corde, et vers E (situé sur DA) si l'on considère la partie de son mouvement qui est empêchée par la corde. Il y a ici une première approximation quantitative des efforts en jeu :  $AC$  (effort de P toute seule) =  $AB$  (effort de P considérée avec la fronde) +  $BC$  (effort que P oppose la fronde)<sup>44</sup>. Si cependant tout effort implique une résistance, P ne fait pas effort à proprement parler de A vers B, car rien ne s'oppose à son mouvement selon AB ; l'effort de P à proprement parler, c'est-à-dire ce qui est empêché, n'est donc "que pour s'éloigner directement du centre D"<sup>45</sup>.

Cette décomposition des efforts et des mouvements est appliquée au cas de la lumière ; on regarde certaines parties du ciel E entraînées sur un cercle TR qui a le même centre S que le soleil. Considérées en elles-mêmes, les parties E tendent à se mouvoir selon la tangente en E au cercle TR ; leurs parties avoisinantes résistent cependant à ce mouvement comme la corde de la fronde, et les contraignent à se mouvoir sur le cercle TR : "cette résistance, opposée à l'inclinaison qu'elles ont de continuer leur mouvement en ligne droite, les fait tendre, c'est-à-dire est cause qu'elles font effort pour se mouvoir vers M [point situé sur la droite SE]"<sup>46</sup>.

---

<sup>41</sup> *Le Monde*, chap. 7 ; A. T. XI pp. 43-44.

<sup>42</sup> *Le Monde*, chap. 13 ; A. T. XI p. 84.

<sup>43</sup> *Le Monde*, chap. 13 ; A. T. XI p. 84.

<sup>44</sup> *Le Monde*, chap. 13 ; A. T. XI p. 85.

<sup>45</sup> *Le Monde*, chap. 13 ; A. T. XI p. 86.

<sup>46</sup> *Le Monde*, chap. 13 ; A. T. XI p. 86.

Mais les parties E diffèrent de la pierre d'une fronde : elles ne tendent pas seulement vers M, car elles sont poussées par toutes les parties du ciel comprises en AED, EA et ED étant les tangentes au cercle du soleil passant par E. Montrer que toutes ces parties, et elles seulement, tendent vers E revient à examiner quelles seraient les parties qui viendraient à la place de E si E était vide. Descartes procède par l'absurde : si une partie du ciel B extérieure à AED tendait vers E, alors une partie plus proche du soleil Y tendrait vers B ; Y tendrait donc vers B qui tendrait vers E sans que Y, B et E soient alignées. Mais cela est absurde car la troisième loi de la nature interdit que la nature n'utilise des voies détournées : "tous les mouvements se continuent, autant qu'il est possible, en ligne droite ; et par conséquent, lorsque la nature a plusieurs voies pour parvenir à un même effet, elle suit toujours invariablement la plus courte"<sup>47</sup>. Les parties E ne sont donc pas pressées par celles qui se trouvent à l'extérieur du triangles AED ; d'une manière analogue, Descartes montre que toutes les parties comprises dans AED doivent presser E.

Donner les fondements, aller des causes aux effets, analyser précisément la notion d'effort, voilà les trois différences principales entre le *Monde* et la *Dioptrique* qui expliquent pourquoi selon Descartes le premier dit au vrai quelle est la nature de la lumière, mais non la seconde. Un point cependant reste à éclaircir : non seulement les comparaisons de la *Dioptrique* demeurent dans le *Monde*, mais de nouvelles comparaisons apparaissent<sup>48</sup>. Etant donné la différence entre ces deux traités, elles n'ont assurément pas la même fonction : dans le premier, elles familiarisent le lecteur avec des idées nouvelles, dans le second, elles exhibent les mécanismes réels de la lumière. Il est cependant indéniable et remarquable que les deux exposés sur la lumière recourent à des comparaisons : quelle est leur fonction dans la science cartésienne ?

#### **4. La philosophie mécanique comme fondement des comparaisons cartésiennes.**

La publication de la *Dioptrique* fut suivie d'un échange de lettres entre Descartes et Morin. Les objections de Morin s'appuient en général sur les principes scolastiques sans lesquels il ne peut raisonner ; elles sont particulièrement dirigées contre l'usage systématique de comparaisons en physique.

Pour Morin, dire que la lumière est une nature, c'est du même coup affirmer son incommensurabilité à toute autre nature ; aussi le rapport entre lumière et matière en mouvement ne peut-il être qu'un rapport de comparaison entre deux termes par principe distincts : la lumière est "comme l'action ou le mouvement d'une certaine matière fort subtile", mais elle n'est pas action ou mouvement car "toute comparaison est entre

---

<sup>47</sup> *Le Monde*, chap. 13 ; A. T. XI pp. 87-91.

<sup>48</sup> *Le Monde*, chap. 14 ; A. T. XI pp. 100-102, *passim*.

choses différentes”<sup>49</sup>. L’objection de Morin dans le cas particulier de la lumière vaut pour toutes les comparaisons possibles entre des natures physiques essentiellement distinctes : “Les difficultés physiques se peuvent rarement vider par des comparaisons : il y a presque toujours de la différence, ou de l’ambiguïté, ou de l’*obscurum per obscurius*”<sup>50</sup>. Morin a d’un certain point de vue raison : à force de comparer, on peut oublier d’analyser la chose même et juger clair ce qui est seulement familier. Mais sa position impose d’étroites limites : si l’on ne veut pas comprendre les choses sinon à partir d’elles-mêmes, on finit par ne plus du tout chercher à les comprendre ; on les réfère simplement au principe créateur de toutes choses, comme Morin dans sa dernière lettre, que Descartes laissa sans réponse. “Je m’étonne que vous fassiez tant d’état des comparaisons pour prouver les choses physiques (...) vu qu’en la nature il se peut trouver tant d’effets qui n’ont point de semblables, comme entre autres ceux de l’aimant. Et si je vous disais ce que je sais des influences célestes, c’est bien autre choses [sic] encore, vu qu’elles ne reçoivent en leur manière d’agir autre comparaison que Dieu même”<sup>51</sup>.

Le point de vue de Descartes diffère tellement de celui de Morin qu’on peut d’ailleurs à peine parler de réponse. Pour lui, une nature physique n’a pas à être définie *per genus et differentiam* selon les usages de la scolastique<sup>52</sup>, car elle n’est que de la matière diversement affectée ; concevoir la nature de la lumière *comme* l’action ou le mouvement d’une manière fort subtile, c’est donc la concevoir *en tant qu’*action et mouvement de la matière subtile. “Vous rétrécissez merveilleusement la signification du mot *comme*; (...) et vous voulez qu’il ne serve qu’à joindre les termes d’une comparaison, qui est entre des choses différentes. Mais si cela était vrai, lorsqu’on dit qu’un tel a fait cela comme savant, ce serait à dire qu’il n’est pas savant ; et quand on dit qu’il tient tel rang dans les états, non comme comte d’un lieu, mais comme baron d’un tel, ce serait à dire qu’il n’est ni comte ni baron. Et je ne sache en notre langue aucun mot que celui de *comme* dont j’eusse pu user en l’endroit que vous citez (...) pour signifier l’identité”<sup>53</sup>. La lumière n’étant qu’un être physique comme les autres, elle doit être pensée en tant que mouvement et matière ; Morin ne peut le comprendre car les prend comme natures particulières, non des principes constitutifs de toute nature. C’est pourquoi il considère comme modèle artificiel, comparaison obscure ou image imparfaite d’un être radicalement inconnu, ce qui selon Descartes est la réalité même de

---

<sup>49</sup> Morin à Descartes, 22 février 1638 ; A. T. II p. 543. Je souligne.

<sup>50</sup> Morin à Descartes, 12 août 1638 ; A. T. II p. 291.

<sup>51</sup> Morin à Descartes, octobre 1638 ; A. T. II p. 411.

<sup>52</sup> A Morin, 12 septembre 1638 ; A. T. II pp. 366-367.

<sup>53</sup> A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II pp. 204-205.

la lumière, présentée à travers des réalités plus familières et surtout mieux adaptés à nos sens.

Il n'y a donc pas selon Descartes comparaison entre la lumière et l'action de boules de matière subtile, mais identité ; les seules comparaisons qu'il estime par conséquent avoir à justifier sont celles qu'il propose entre réalités insensibles et réalités sensibles, par exemple entre boules de matière subtile et de bois. Cette justification passe par l'opposition entre les comparaisons scolastiques, illégitimes car elles passent d'un genre d'être à un autre, et les comparaisons mécaniques, parfaitement légitimes car elles portent sur des réalités qui sont foncièrement identiques, parfaitement légitimes car elles portent sur des réalités qui sont foncièrement identiques, car composées de matière et de mouvement. "Il est vrai que les comparaisons dont on a coutume d'user dans l'Ecole, expliquant les choses intellectuelles par les corporelles, les substances par les accidents, ou du moins une qualité par une autre, n'instruisent que fort peu ; mais pour ce qu'en celles dont je me sers, je ne compare que des mouvements à d'autres mouvements, ou des figures à d'autres figures, etc., c'est-à-dire, que des choses qui à cause de leur petitesse ne peuvent tomber sous nos sens à d'autres qui y tombent, et qui d'ailleurs ne diffèrent pas davantage d'elles qu'un grand cercle diffère d'un petit cercle, je prétends qu'elles sont le moyen le plus propre, pour expliquer la vérité des questions physiques que l'esprit humain puisse avoir, jusque-là que, lorsqu'on assure quelque chose touchant la nature, qui ne peut être expliqué par aucune comparaison, je pense savoir par démonstration qu'elle est fausse".<sup>54</sup> La tâche du physicien consiste à expliquer comment les phénomènes naturels que nous percevons peuvent être produits par des corpuscules par définition imperceptibles ; puisque ces corpuscules ne sont pas perçus directement par les sens, il ne reste plus qu'à les représenter dans l'imagination par analogie avec les corps macroscopiques. Les comparaisons ainsi justifiées en général, Descartes a beau jeu de signaler les quelques différences qui existent entre les boules de matière subtile et les boules de bois<sup>55</sup>.

Revenons à Morin pour finir. Selon lui, le rapport entre la lumière et l'action de boules de matière subtile ne peut être qu'une comparaison entre les natures différentes ; c'est donc cette comparaison qui devrait être justifiée plus amplement par Descartes, car il n'y a aucune raison *a priori* pour que le bon fonctionnement de l'*explanans* considéré en lui-même (des boules en mouvement) garantisse son fonctionnement comme modèle de l'*explanandum* (la lumière). Quant à la comparaison entre boules de matière subtile et boules de bois, elle ne présente tout simplement aucun intérêt, elle est totalement

---

<sup>54</sup> A Morin, 12 septembre 1638 ; A. T. II pp. 367-368.

<sup>55</sup> A Morin, 13 juillet 1638 ; A. T. II p. 208. A Morin, 12 septembre 1638 ; A. T. II p. 366.



superflue : les expériences que Descartes suggère sont aussi impraticables qu'il s'agisse de boules de matière subtile ou de boules de bois ; les figures du traité cartésien ne rapportent donc pas des expériences réelles, mais seulement des expériences de pensée que l'on peut, tant qu'à faire, aussi bien concevoir pour des boules de matière subtile que pour des boules de bois<sup>56</sup>. Là encore, Morin a d'une certaine manière raison : Descartes ne démontre pas que la lumière est une action des boules de matière subtile ; les expériences sur des boules de bois sont tout aussi impossibles que les expériences que celles de Descartes : assimiler la lumière à une action des boules de matière subtile, c'est se donner les moyens de l'analyser comme un être physique.

Puisque le *Monde* dit au vrai quelle est la nature de la lumière, les comparaisons y ont une valeur particulière : elles ne rapportent pas deux natures différentes l'une à l'autre, mais transposent en termes macroscopiques, c'est-à-dire imaginables, les causes microscopiques de nos sensations ; ainsi le sentiments que nous avons de la lumière a-t-il pour cause les efforts microscopiques d'une matière subtile par principe imperceptible. On peut comme Morin objecter que la nature est un ensemble composé de natures essentiellement différentes, et non de la matière en mouvement. Descartes dispose de deux espèces de réponse à cette objection. Une réponse pragmatique pour les scientifiques : jusqu'ici, personne n'a été si loin que moi dans l'explication des propriétés de la lumière. Une réponse métaphysique pour les amateurs de fondements : lisez ma philosophie première, et vous comprendrez pourquoi par nature "je n'entends pas ici quelque Déesse, ou quelque autre sorte de puissance imaginaire", mais "la matière même en tant que je la considère avec toutes les qualités que je lui ai attribuées comprises toutes ensemble, et sous cette condition que Dieu continue de la conserver telle qu'il l'a créée"<sup>57</sup>.

## **Conclusion**

L'existence dans l'œuvre de Descartes de deux traités quasiment contemporains sur la lumière a tout d'abord retenu mon attention ; j'ai montré comment Descartes concevait leur articulation l'un à l'autre et leur intégration dans son système philosophique. Il fallait ensuite examiner la réalisation de ce double projet ; cet examen a en particulier révélé que l'usage de comparaisons était essentiel à la science cartésienne, dans la mesure où celle-ci a partie liée avec la philosophie mécanique. Comment pour conclure juger la façon dont Descartes analyse la nature de la lumière ? Je n'invoquerai pas

---

<sup>56</sup> Morin à Descartes, 12 août 1638 ; A. T. II pp. 293-294. Morin à Descartes, octobre 1638 ; A. T. II p. 418.

<sup>57</sup> *Le Monde*, chap. 7 ; A. T. p. 37. Voir également *Méditations*, méditation sixième ; F. A. II pp. 491-492.

contre lui, comme les scolastiques, une autre conception de la nature ; je ne condamnerai pas par positivisme son projet de décrire des natures. Les limites de l'œuvre de Descartes sur la lumière ne sont pas selon moi dans son projet, mais bien plutôt dans sa réalisation : quantité de données restent, et il faudrait montrer dans le détail, imprécises et qualitatives. En ce sens, c'est dans le *Traité de la Lumière* de Huygens que le projet mécanique de Descartes se réalise.

**Sophie Roux**  
**Centre Alexandre Koyré / fondation Thiers**

## **Bibliographie**

### **1. Œuvres de Descartes**

ALQUIE, F. : Œuvres philosophiques, Paris 1963.

ADAM, C. et TANNERY, P. : Œuvres complètes, Paris 1964-1974 (rééd.)

### **2. Etudes consacrées aux traités optiques de Descartes**

GABBEY, A. : “Explanatory Structures and Models in Descartes’Physics”, dans Descartes : il Metodo e i Saggi, Atti del Convegno per il 350° anniversario della pubblicazione del *Discours de la Méthode* e degli *Essais*, a cura di G. Belgioioso, G. Cimino, P. Costabel, G. Papuli, Rome 1990.

GALISON, P. : “Descartes’s Comparisons : from the Invisibles to the Visible”, dans Isis, n° 75, 1984.

LEISEGANG, G. : Descartes Dioptrik, Meisenheim am Glau, 1954.

MARTINET, S. : “Rôle du problème de la Lumière dans la Construction de la Science Cartésienne”, dans Matière et Lumière au XVIIème Siècle, XVIIème Siècle, n° 1365, 1982.

RODIS-LEWIS, G. : “Limitations of the Mechanical Model in the Cartesian Conception of Organism”, dans Descartes : Critical and Interpretative Essays, M. Hooker éd. Baltimore 1978.

SABRA, A. I. : Theories of Light from Descartes to Newton, Londres 1967.

### **3. Autres références**

CASSIRER, E. : Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit, Berlin 1906.

BENSAUDE-VINCENT, B. et KOUNELIS, C. : Les Atomes. Une Anthologie historique, Paris 1991.

BOHR, N. : Physique atomique et Connaissance humaine (avec une introduction de C. Chevalley), Paris 1991.

LINDBERG, D. C. : “The Genesis of Kepler’s Theory of Light : Light Metaphysics from Plotinus to Kepler”, dans Osiris, 2nd Series, n° 2, 1986.