

L'éther de l'Antiquité au début du XIX^e siècle

1.1. L'éther d'Aristote

Selon Aristote (384-322 av. J.-C.), il y a cinq corps simples, les quatre éléments d'Empédocle (la terre, l'eau, l'air et le feu), plus l'éther ou le ciel. Ce dernier élément, qui est supérieur à tous les autres, a un mouvement circulaire ; le monde est donc divisé en deux grandes régions. La première est la région céleste, celle de l'éther (ou aether) et la seconde est la région sublunaire, c'est-à-dire située au-dessous de la sphère de la lune ; cette région est celle des quatre éléments, c'est aussi celle du changement permanent et celle des mouvements linéaires.

Dans *La Météorologie* on peut lire¹ :

Ainsi ce qu'on appelle l'éther a reçu très anciennement cette dénomination, qu'Anaxagore, ce me semble, a voulu identifier avec celle du feu ; car pour lui les régions supérieures étaient pleines de feu, et il pensa devoir appeler éther la force qui les remplit. En ceci il a bien vu ; car on a pu avec toute raison regarder comme divin le corps qui jouit d'un mouvement éternel et appeler par conséquent ce corps Ether, à cause de cette propriété qui le fait si différent de tous les corps que nous voyons. C'est qu'il faut bien le dire : ce n'est pas une fois, deux fois, ni même un petit nombre de fois que les mêmes opinions se reproduisent périodiquement dans l'humanité ; c'est un nombre de fois infini.

Et dans *Le ciel*² :

Voilà pourquoi supposant qu'il y a quelque premier corps différent de la terre et du feu, de l'air et de l'eau, les anciens ont désigné du nom d'éther le lieu le plus élevé, tirant cette appellation de la course perpétuelle de ce corps et voulant lui imposer pour son nom même l'éternité du temps. Anaxagore a, du reste, mal employé ce mot ; et il l'applique faussement, puisqu'il confond l'éther avec le feu. [...]

1. *Météorologie*, chapitre I, traduction J. Barthélemy Saint-Hilaire Lib. Ladrangé, Paris, 1866.

2. *Le Ciel*, livre I, chapitre 3, traduction J. Barthélemy Saint-Hilaire Lib. Ladrangé, Paris, 1866.

Il est évident, d'après ce qui vient d'être dit, qu'il ne peut y avoir plus de corps simples que ceux qu'on a nommés ; car il faut nécessairement que le mouvement d'un corps simple soit simple comme lui. Or, pour nous, les seuls mouvements simples sont le mouvement circulaire et le mouvement en ligne droite ; et ce dernier se divise en deux parties, le mouvement qui part du centre, et le mouvement qui va vers le centre ou le milieu.

1.2. L'éther lumineux

Les Grecs ne se sont pas intéressés à la nature de la lumière, mais uniquement à la vision. Pour Platon et Euclide, l'œil est un émetteur d'effluves qui se propagent de façon subtile, c'est-à-dire invisible, et rencontrent les objets extérieurs. Ces rayons visuels, pour Euclide, obéissent à une optique géométrique (les *Catoptrica*, théorie des miroirs). Héron d'Alexandrie, au I^{er} siècle de notre ère, écrit également des *Catoptrica* et au siècle suivant Ptolémée (vers 90-168) rédige une *Optique* (sans doute postérieure à son *Almageste*), dans laquelle il traite des propriétés de la lumière, notamment de la réflexion, de la réfraction et de la couleur.

La synthèse de toutes les connaissances des anciens dans le domaine de l'optique a été réalisée par le physicien Arabe Alhazen (Ibn al-Haitham, vers 965-1038). Son travail a été publié en 1572 sous le titre *Opticae thesaurus Alhazeni, Arabis libri septem*¹.

La première théorie vibratoire de la lumière qui se propage dans un milieu rempli d'éther est due à l'évêque Robert Grossetête² (1168-1253). Elle est critiquée par Thomas d'Aquin (1224-1274), pour qui la lumière ne se propage pas, car elle est de nature céleste. Roger Bacon (1214-1294) dans son *Commune naturalium*, aborde l'optique en revenant aux idées de Grossetête.

1.3. L'éther de Descartes, Malebranche et Huygens

1.3.1. Descartes

Le XVII^e siècle voit avec Descartes (1596-1650) apparaître la première théorie physique élaborée de l'éther. La conception mécanique du monde de Descartes repose sur la notion d'action directe entre les corps par pression ou par impact. Il refuse toute idée d'action à distance, et pense que les corps ne peuvent interagir que s'ils sont en contact. Il imagine, en 1633, que l'espace est rempli d'une substance subtile qui, bien qu'imperceptible à nos sens, est

1. Basileae, 1572.

2. Cf. A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science. 1100-1700*, Oxford, Clarendon Press, 1971.

capable de transmettre des forces aux corps qui y sont immergés. Descartes postule que les particules de cet « éther » sont en perpétuel mouvement et que ces divers déplacements constituent les « vortices » à l'origine, entre autres, de la gravitation. La lumière est, quant à elle, une vibration traversant le fluide constituant l'éther.

Le monde de Descartes est donc matériel et corpusculaire. Pour ne laisser aucun vide, selon lui, des mouvements tourbillonnaires sont permanents. Dans la théorie de Descartes, l'univers est constitué de trois éléments. Le premier est l'élément constitutif de l'éther qui est lui-même le deuxième élément et qui remplit l'espace qui sépare deux corps matériels. Ces derniers sont constitués par le troisième élément. La lumière n'est pas matérielle mais c'est une vibration ou une pression propagée par le milieu très subtil qu'est l'éther. Elle se propage instantanément.

Voici un texte de Descartes inclus dans *Les Météores*¹ en 1637 :

Je suppose premièrement que l'eau, la terre, l'air et tous les autres tels corps qui nous environnent sont composés de plusieurs petites parties de diverses figures et grosseurs, qui ne sont jamais si bien arrangées ni si justement jointes ensemble, qu'il ne reste plusieurs intervalles autour d'elles ; et que ces intervalles ne sont pas vides, mais remplis de cette matière fort subtile, par l'entremise de laquelle j'ai dit ci-dessus que se communiquait l'action de la lumière. Puis en particulier, je suppose que les petites parties, dont l'eau est composée, sont longues, unies et glissantes, ainsi que de petites anguilles, qui, quoiqu'elles se joignent et s'entrelacent, ne se nouent ni ne s'accrochent jamais pour cela en telle façon qu'elles ne puissent aisément être séparées ; et, au contraire, que presque toutes celles tant de la terre que même de l'air et de la plupart des autres corps ont des figures fort irrégulières et inégales, en sorte qu'elles ne peuvent être si peu entrelacées qu'elles ne s'accrochent et se lient les unes aux autres, ainsi que font les diverses branches des arbrisseaux, qui croissent ensemble dans une haie. Et lorsqu'elles se lient en cette sorte, elles composent des corps durs, comme de la terre, du bois, ou autres semblables ; au lieu que, si elles sont simplement posées l'une sur l'autre, sans être que fort peu ou point du tout entrelacées, et qu'elles soient avec cela si petites, qu'elles puissent être mues et séparées par l'agitation de la matière subtile qui les environne, elles doivent occuper beaucoup d'espace, et composer des corps liquides fort rares et fort légers, comme des huiles ou de l'air.

1. *Discours de la Méthode*, Leyde, Maire, 1637.

De plus, il faut penser que la matière subtile qui remplit les intervalles qui sont entre les parties de ces corps est de telle nature qu'elle ne cesse jamais de se mouvoir çà et là grandement vite, non point toutefois exactement de même vitesse en tous lieux et en tous temps, mais qu'elle se meut communément un peu plus vite vers la superficie de la terre, qu'elle ne fait au haut de l'air où sont les nues, et plus vite vers les lieux proches de l'équateur que vers les pôles, et au même lieu plus vite l'été que l'hiver et le jour que la nuit. Dont la raison est évidente, en supposant que la lumière n'est autre chose qu'un certain mouvement ou une action, dont les corps lumineux poussent cette matière subtile de tous côtés autour d'eux en ligne droite, ainsi qu'il a été dit en la Dioptrique. Car il suit de là que les rayons du soleil, tant droits que réfléchis, la doivent agiter davantage le jour que la nuit, et l'été que l'hiver, et sous l'équateur que sous les pôles, et contre la terre que vers les nues. Puis il faut aussi penser que cette matière subtile est composée de diverses parties, qui, bien qu'elles soient toutes très petites, le sont toutefois beaucoup moins les unes que les autres, et que les plus grosses, ou pour mieux parler, les moins petites, ont toujours le plus de force, ainsi généralement tous les grands corps en ont plus que les moindres quand il sont autant ébranlés. Ce qui fait que, moins cette matière est subtile, c'est-à-dire composée de parties moins petites, plus elle peut agiter les parties des autres corps. Et ceci fait aussi qu'elle est ordinairement le moins subtile aux lieux et aux temps où elle est le plus agitée, comme vers la superficie de la terre que vers les nues, et sous l'équateur que sous les pôles, et en été qu'en hiver, et de jour que de nuit. Dont la raison est que les plus grosses de ces Parties, ayant le plus de force, peuvent le mieux aller vers les lieux où, l'agitation étant plus grande, il leur est plus aisé de continuer leur mouvement. Toutefois, il y en a toujours quantité de fort petites qui se coulent parmi ces plus grosses.

Et il est à remarquer que tous les corps terrestres ont bien des pores, par où ces plus petites peuvent passer, mais qu'il y en a plusieurs qui les ont si étroits, ou tellement disposés qu'ils ne reçoivent point les plus grosses ; et que ce sont ordinairement ceux-ci qui se sentent les plus froids quand on les touche, ou seulement quand on s'en approche. Comme, d'autant que les marbres et les métaux se sentent plus froids que le bois, on doit penser que leurs pores ne reçoivent pas si facilement les parties subtiles de cette matière, et que les pores de la glace les reçoivent encore moins facilement que ceux des marbres ou des métaux, d'autant qu'elle est encore plus froide.

L'éther de l'Antiquité au début du XIX^e siècle

DISCOURS
DE LA METHODE

Pour bien conduire sa raison, & chercher
la vérité dans les sciences.

P L U S

LA DIOPTRIQUE.

LES METEORES.

ET

LA GEOMETRIE.

Qui sont des essais de cete METHODE.



A L E Y D E

De l'Imprimerie de I A N M A I R E.

C I D I D C X X X V I I .

Avec Privilège.

1.3.2. Malebranche

Dans son ouvrage *De la recherche de la vérité*,¹ Nicolas Malebranche (1638-1715) décrit un éther qui transmet la lumière sous forme de compressions et des dilatations se succédant dans le temps, les couleurs étant liées à ces fréquences.

Il écrit :

Puisque la réflexion et la réfraction des rayons ne sont point produites par l'action de l'air, ni du verre dans leur passage de l'un dans l'autre, il est donc nécessaire que la cause s'en tire de l'action même de la matière subtile, puisqu'il n'y a là que de l'air, du verre et de la matière subtile.

Pour expliquer la manière dont cela se fait, il faut remarquer que toutes les parties de l'éther, ou tous les petits tourbillons dont je crois avoir démontré qu'il est composé, sont également comprimés, et en équilibre entre eux, ou qu'ils tendent sans cesse s'y mettre. Car comme tout corps se meut actuellement du côté qu'il est moins pressé, si quelque partie de l'éther était moins pressée que les autres, il est clair que les autres tomberaient sur elle, et la comprimeraient autant qu'elles le sont elles-mêmes. Sans cet équilibre et égalité de pression où se mettent les petits tourbillons, par leurs forces centrifuges, leurs diverses vibrations produites par les mouvements variés des petites parties, dont les étoiles sont composées, et dont l'une paraît d'une lumière tirant sur le bleu, et l'autre d'une lumière rougeâtre, ne pourraient pas se transmettre jusqu'à nous et en un instant. (...)

Supposons donc que tous les petits tourbillons de l'éther sont également et comme infiniment comprimés, et qu'ils se contrebalancent tous par leurs forces centrifuges, dès que les petites parties du corps lumineux pressent les petits tourbillons qu'ils rencontrent, leur pression se communique à tous les autres jusqu'à nous, et cela en un instant, à cause qu'il n'y a point de vide. Ces petites parties du corps lumineux, par leurs mouvements divers reprenant par secousses les tourbillons qui leur résistent, causent en eux des vibrations de pression. Or, toutes ces vibrations de pression se font en ligne droite, tant qu'elles sont dans l'éther. Car tous les tourbillons se contrebalancent par leurs forces centrifuges, les rayons ou vibrations de pression sont autant pressés à droite qu'à gauche. Ainsi les rayons ne peuvent changer de direction. Mais lorsqu'ils rencontrent obliquement la surface de verre, ils y souffrent réfraction et se détournent vers la perpendiculaire à cette surface ; et cette

1. Amsterdam, 1688 ; *Œuvres complètes*, Tome 1, p. 377, Paris, 1837.

réfraction est d'autant plus grande que les corps où ils rentrent sont plus pesants et plus denses que ceux dont ils sortent.

1.3.3. La théorie ondulatoire de la lumière

1.3.3.1. La diffraction

La découverte de la diffraction est due au père Francesco Maria Grimaldi (1618-1663). Le seul livre de Grimaldi, *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus, et Iride*, parut à titre posthume en 1665. C'est la première tentative d'établissement d'une théorie ondulatoire de la lumière et il décrit la découverte de la diffraction optique. Les expériences décrites montrent, selon l'auteur, « la découverte d'un nouveau mode de transmission de la lumière et ce mode contredit la notion d'un passage de la lumière uniquement rectilinéaire. » Grimaldi déclare aussi que les couleurs sont des modifications de la lumière produites par la structure fine des corps qui la reflètent et qu'elles consistent probablement à une altération dans le mode de déplacement et dans la vitesse de la lumière, les différentes couleurs étant produites lorsque l'œil est excité par des oscillations dont les vitesses diffèrent.

On sait que Newton avait eu, indirectement, connaissance des résultats de Grimaldi qu'il cite, d'ailleurs, dans ses propres travaux.

En fait, la diffraction est un phénomène de dispersion des ondes qui se produit lorsque celles-ci rencontrent un orifice ou un obstacle dont la dimension est du même ordre de grandeur que leur longueur d'onde. La diffraction de la lumière s'explique, en vertu de l'aspect ondulatoire du rayonnement lumineux, par l'addition des ondes électromagnétiques et s'interprète comme un cas particulier du phénomène d'interférence d'après le principe de Huygens, selon lequel tout point d'une surface diffractante (orifice ou obstacle) atteinte par un rayonnement lumineux peut être considéré comme une source lumineuse secondaire d'une onde de même fréquence, même amplitude, même phase.

1.3.3.2. La double réfraction

Erasmus Bartholin, physicien danois (1625-1698), publie la découverte de la double réfraction ou biréfringence du spath d'Islande en 1669. Il observe qu'en faisant tourner ce cristal réfractant de la lumière incidente une image reste fixe (celle due au rayon ordinaire) tandis que la deuxième tourne avec le cristal (celle due au rayon extraordinaire). La polarisation de la lumière (voir plus loin : Malus) est invoquée pour la première fois par Huygens (1690), dans l'explication qu'il proposa du phénomène de biréfringence. La théorie ondulatoire de la lumière de Fresnel confirmera la thèse d'Huygens, en affirmant la transversalité des ondes lumineuses.

Le phénomène est dû à l'existence de deux indices de réfraction pour des polarisations différentes de la lumière.

La biréfringence se traduit, en fait, par le dédoublement des rayons lumineux en un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire, dont les polarisations sont rectilignes et perpendiculaires l'une à l'autre, lorsqu'un faisceau de lumière traverse certains corps anisotropes comme le spath d'Islande.

1.3.3.3. L'optique ondulatoire de Huygens

En 1690, Huygens (1629-1695) publie son *Traité de la lumière*¹. Il y expose sa conception de la nature ondulatoire de la lumière, une source lumineuse émettant dans toutes les directions un mouvement ondulatoire. De nos jours, on énonce le principe de Huygens, selon lequel tout point d'une surface diffractante (orifice ou obstacle) atteinte par un rayonnement lumineux peut être considéré comme une source secondaire d'une onde de lumière de même fréquence, même amplitude, même phase, que le rayonnement initial. Ce principe est essentiellement utilisé dans la théorie de la diffraction et sa formulation actuelle est due à Fresnel.

À la fois Huygens et un autre auteur, Pierre Ango (1640-1694), professeur de mathématiques à Rouen, avaient étudié les expériences réalisées par le jésuite Ignace Gastien Pardies (1636-1673) décrites dans un manuscrit resté inédit. Ces expériences semblent avoir suggéré à Ango et Huygens leur théorie ondulatoire de la lumière. Ango avait publié en 1682 un ouvrage, qui fut en fait le premier énonçant l'hypothèse de la nature ondulatoire de la lumière et Huygens possédait dans sa bibliothèque un exemplaire de ce traité. Dans ces théories, un fluide omniprésent, l'éther, est le support nécessaire au transport de la lumière. L'éther des physiciens du dix-septième siècle, de Newton, Huygens, Hooke, Pardies, Ango, remplit tous les pores de tous les corps matériels ; c'est un milieu élastique capable de propager des vibrations. Il est responsable de la cohésion des matériaux et sa densité est variable d'un corps à un autre. Toutefois les vibrations de cet éther ne constituent pas la lumière : ainsi, au XVII^e siècle, l'éther est le fluide le plus subtil et le plus utile au physicien : il emplirait l'univers, ne pèse rien, est invisible mais il transporte la lumière.

Pour Huygens, la lumière est donc une onde qui se propage sphériquement dans un milieu de référence : l'éther.

1. Huygens C., *Traité de la lumière où sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la réflexion, & dans la réfraction. Et particulièrement dans l'étrange réfraction du cristal d'Islande. Avec un discours de la cause de la pesanteur*, Leiden, Pierre Van der Aa, 1690.