



N° 40

DESCARTES

Christian SCOTTA



Les Cahiers de la SAN

DESCARTES

Christian SCOTTA

Édition 2011

Les « *Cahiers de la SAN* » sont édités par la Société d'Astronomie de Nantes,
Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports.

35, boulevard Louis-Millet

44300 NANTES

Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23 - E-mail : contact-san@san-fr.com

© Toute reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation de la Société d'Astronomie de Nantes, est interdite

Table des matières

I - Philosophie première (métaphysique).....	9
2 - Dieu existe.....	9
3 - Création continuée.....	11
4 - Dieu garant de la véracité de nos perceptions.....	11
5 - Interprétation de nos sensations.....	11
5 - Autres idées innées.....	12
II - Règles pour la connaissance.....	13
1 - la règle d'évidence.....	13
2 - La règle d'analyse.....	13
3 - La règle d'ordre.....	14
4 - La règle de dénombrement.....	14
III - Philosophie seconde (la physique).....	16
1 - L'étendue et la divisibilité de la matière sont des idées clairement perçues par l'entendement.....	16
2 - Le temps.....	17
3 - Les lois de la nature.....	18
IV - Le système du monde.....	22
1 -Descartes est copernicien.....	22
2 - Mobilité de la Terre.....	22
3 - Critique du système de TYCHO.....	23
4 - Le système solaire.....	24
5 - Les Étoiles Fixes et les Tourbillons.....	25
6 - Fonctionnement d'un tourbillon.....	27
V - La Pesanteur.....	29
VI - La lumière.....	31
1 - La nature de la lumière.....	31
2 - La réflexion.....	32
3 - La réfraction.....	34
4 - La lunette.....	36
Newton et Descartes.....	39
Conclusion.....	42

DESCARTES

Quatre centième anniversaire de la naissance de Descartes.
1596-1650

DESCARTES est né le 31 mars 1596 à La Haye en Touraine. Il fait ses études au collège jésuite de la Flèche, l'un des plus réputés de France. Il poursuit des études de droit. Puis, à partir de 1618, il s'engage dans l'armée, l'Europe étant en guerre (Guerre de Trente Ans). S'est-il battu ? En tout cas, il parcourt l'Europe et se retrouve en Hollande, où il rencontre un jeune médecin, Isaac BEECKMANN.

En Hollande, il rédige *Le Monde ou Traité de la Lumière* qu'il renonce à publier après avoir appris la condamnation de GALILÉE. Il publie *Le Discours de la Méthode suivi de la Dioptrique et des Météores* (1637), ce qui l'amène à correspondre avec les savants de l'Europe. En 1641, il écrit *Les Méditations métaphysiques* et rassemble sa philosophie et sa science dans *Les Principes de la Philosophie* (1644). *Les Passions de l'Âme* constituent son dernier traité.

La reine CHRISTINE DE SUÈDE l'invite à Stockholm : mais il doit donner des cours de philosophie à cinq heures du matin et il meurt d'une pneumonie en 1650.

Dans ce fascicule, nous étudions l'apport de DESCARTES en physique et en astronomie, en délaissant ses études sur la nature humaine (anatomie, médecine, psychologie).

I - Philosophie première (métaphysique)

DESCARTES est un philosophe rationaliste : la raison est à la source de la connaissance ; l'homme naît avec des idées innées qui précèdent toute expérience. Il s'oppose aux philosophes empiristes, pour lesquels notre connaissance provient des sens.

1 - Cogito, ergo sum *ou* je pense, donc je suis.

DESCARTES se met à douter de tout, des perceptions de ses sens et même de sa propre existence. Dans les *Méditations*, il suppose qu'un malin génie pourrait le tromper. Tout ce qui existe (corps, figure, étendue...) serait une chimère. Cependant, dit DESCARTES, le génie peut me tromper tant qu'il veut : la proposition *je suis, existe* est vraie chaque fois que je la prononce. Il aboutit à une première certitude : j'existe autant que je le pense ; car il se pourrait que je cesse d'exister si je cessais de penser. Je suis donc une chose qui pense, c'est-à-dire un esprit, une intelligence, un entendement, une raison...

C'est le « *premier principe de la philosophie que je cherchais* » (*Discours*, 4^e partie).

2 - Dieu existe.

L'idée d'un Dieu infini et parfait est innée : elle n'est pas puisée des sens ni forgée par moi. Étant un être fini, l'idée d'infini vient de Dieu. Étant imparfait, l'idée du parfait vient de Dieu. De plus, l'idée de perfection implique celle de l'existence : un être parfait qui n'existerait pas serait imparfait. C'est l'argument ontologique de la preuve de l'existence de Dieu (*Discours*, 4^e partie ; 5^e Méditation).

DESCARTES aboutit aussi à la dualité corps-esprit : l'esprit « *n'a besoin d'aucun lieu ni ne dépend d'aucune chose matérielle* » (*Discours*, 4^e partie).

De plus, la clarté avec laquelle il perçoit la certitude de son existence lui fait croire que les choses conçues « *fort clairement et fort distinctement* » sont vraies (*Discours*, 4^e partie).

3 - Création continuée.

Les êtres imparfaits (les corps, les intelligences) dépendent de Dieu et ne peuvent pas « *subsister sans lui un seul moment* » (*Discours*, 4^e partie).

Dieu est la cause directe de notre existence. Tout le temps de notre vie peut être divisé en une infinité de parties aucune de dépendant des autres. Mon existence en cet instant ne dépend pas de mon existence à l'instant précédent. Il faut une cause qui agisse à chaque instant, qui me crée à chaque instant, qui me conserve.

C'est la théorie de la création continuée (4^e Méditation et *Principes de la Philosophie*, 1^{ère} Partie, Article 21), où le présent ne dépend pas nécessairement du passé et n'implique pas nécessairement l'avenir.

4 - Dieu garant de la véracité de nos perceptions.

Dieu n'est pas trompeur, comme le malin génie, sinon, il serait imparfait. Il garantit que nos perceptions proviennent des choses qui nous sont extérieures. Dieu serait trompeur si les idées des choses corporelles reçus par nos organes sensuels et présentes en nous ne provenaient pas de choses corporelles existant dans le monde, même si ces idées ne sont pas exactement semblables aux objets extérieurs. Dieu fait donc correspondre nos impressions (ce qu'on perçoit par les sens) avec le monde extérieur (6^e Méditation).

5 - Interprétation de nos sensations.

Mais il ne faut pas se fier entièrement à ce qu'on perçoit. Les sens peuvent être trompeurs. Vue de loin, une grande tour

nous apparaît minuscule. Prenons un autre exemple. Un feu vu d'assez loin peut avoir le même éclat apparent qu'une étoile. Les deux objets n'en ont pas pour autant la même taille. Nos perceptions ne sont vraies que dans la mesure où on les passe au crible de l'accord entre des sens différents, de notre entendement et de notre mémoire (6^e Méditation). Par exemple, la vue et le toucher pour un même objet. Le raisonnement géométrique pour la taille apparente et réelle des objets (l'entendement). La comparaison d'une image perçue maintenant avec d'autres images perçues autrefois (la mémoire). Dieu n'étant pas trompeur, nous avons la garantie qu'en agissant ainsi, nous ne nous trompons pas.

La différence entre l'état de veille et l'état de sommeil est celle-ci : à l'état de veille, la mémoire relie les choses perçues au reste de notre vie, sans interruption, rien ne surgit devant nous, du néant. Si, étant éveillé, je vois surgir devant moi un homme sans pouvoir dire d'où il vient et où il va, et s'il disparaît ensuite, sans pouvoir dire où, je puis me dire qu'il s'agit d'une hallucination forgée par mon cerveau, comme lorsque je dors (6^e Méditation).

5 - Autres idées innées.

Les figures mathématiques ont des propriétés intemporelles, non forgées par l'esprit humain. L'idée du triangle n'est pas issue de la nature même s'il existe des objets vaguement triangulaires : en effet, on peut imaginer des figures mathématiques qui n'existent pas réellement (5^e Méditation). DESCARTES rejoint le monde des Idées de PLATON.

II - Règles pour la connaissance.

DESCARTES est un rationaliste : la raison est une source de connaissance plus sûre les sens. DESCARTES établit les règles pour bien conduire sa raison.

Ce sont les fameuses règles de DESCARTES (*Discours*, 2^e partie).

1 - la règle d'évidence

Nous croyons spontanément à ce que nous voyons et sentons. Nous avons vu à quel crible passer nos perceptions. DESCARTES va plus loin : seules les idées claires et distinctes sont vraies, c'est-à-dire seule les idées connues et analysée par la raison, le *bon sens* ou la *lumière naturelle* ; les idées claires et distinctes sont immédiatement présentes à l'entendement.

À propos des corps, les idées claires et distinctes sont la grandeur (ou l'étendue en longueur, en largeur et en profondeur), celle de la divisibilité d'un corps en parties, celle du mouvement local, celle du lieu, du mouvement, de la durée et du nombre (3^e Méditation). Ce sont des modes de la substance. Par contre, les qualités sensibles (lumière et couleur, son, chaleur et froid) sont des idées confuses, qui proviennent de moi-même (3^e méditation ; *Principes de la Philosophie*, 2^e Partie, Article 11).

2 - La règle d'analyse

DESCARTES divise un problème compliqué en *parcelles* pour mieux le résoudre. Par exemple, un mouvement peut être décomposé en plusieurs : DESCARTES énonce la règle du parallélogramme (*Principes*, 2^e partie, article 32).

3 - La règle d'ordre

L'étude suit un ordre de complexité, en allant des objets les plus simples et des plus aisés à connaître pour arriver aux objets les plus composés, ceci par degrés.

4 - La règle de dénombrement

On procède enfin à des *dénombrements si entiers* afin de ne faire aucune omission dans les règles d'analyse et d'ordre.

Ce que l'entendement perçoit clairement et distinctement est vrai (5^e Méditation). DESCARTES base sa physique sur ces idées innées, « *des vérités qui sont naturellement dans nos âmes* » (*Discours*, 6^e partie).

Dans ses *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle* (3^e édition), Isaac NEWTON souligne le traitement mathématique qu'il opère à propos de la science des corps et du mouvement. Au début du *Troisième Livre*, il énonce lui aussi quatre règles pour philosopher :

- 1^{ère} règle : il ne faut pas multiplier le nombre de causes pour étudier les phénomènes naturels ;
- 2^e règle : les mêmes causes produisent les mêmes effets ; Les deux autres règles constituent une critique de la pensée cartésienne ;
- 3^e règle : NEWTON accorde la priorité aux sensations et à l'expérimentation. Les qualités des corps ne sont connues que par les expériences. Ainsi, l'expérience nous fait connaître l'extension de certains corps, mais nous étendons cette qualité aux corps qui ne tombent pas sous nos sens. La dureté, la mobilité et l'impénétrabilité sont des qualités perçues par les sens et ne sont pas déduites de la raison.
- 4^e règle : les propositions sont déduites des expériences et restent vraies tant qu'elles ne sont pas infirmées par les expériences.

NEWTON a rédigé une 5^e règle qu'il n'a pas publiée : il appelle *Phénomènes* tout ce qui se fait connaître à nous

par l'intermédiaire des sens et tout ce que nous considérons dans nos esprits en pensant. Les pensées « *je suis* », « *je crois* », « *je veux* », etc., sont les phénomènes d'une chose, moi-même, perçus par la sensation de mes pensées intérieures. « *Mais je ne sens pas qu'une idée soit innée* ». (cité in Cohen, *Introduction to Newton's Principia*, p.30).

Pour étudier *Le Monde naturel*, DESCARTES procède comme suit : (*Discours*, 6^e Partie; *Principes*, 3^e partie, article 46).

- il s'efforce de trouver les « *principes ou premières causes* » de tout ce qui est. Ces principes sont déduits de l'existence de Dieu ou sont tirés des idées innées, présentes en nous. Exemple de ces principes, ou *hypotheses* ou *suppositions* : une seule matière, divisible ; une égale quantité de mouvement dans *Le Monde* ;
- il déduit ensuite « *les premiers et plus ordinaires effets de ces causes* ».
- enfin, il voit si ces effets déduits *a priori* sont conformes aux phénomènes. L'expérience permet de trancher entre plusieurs causes possibles (voir aussi, *Principes*, 3^e partie, article 4).

Dans *Le Monde*, DESCARTES déclare : « *nous prenons la liberté de feindre cette matière à notre fantaisie* » et de lui attribuer les propriétés géométriques de l'étendue, la divisibilité et la capacité de recevoir tous les mouvements (chapitre 6). Ensuite, la comparaison de ce monde imaginaire avec le monde réel montre une grande ressemblance entre eux (voir aussi *Discours*, 5^e partie).

Cette façon de procéder diffère de la méthode expérimentale : on déduit une loi d'un phénomène ou d'une expérience et on étend cette loi à un ensemble de phénomènes du même genre.

III - Philosophie seconde (la physique).

1 - L'étendue et la divisibilité de la matière sont des idées clairement perçues par l'entendement

Il n'existe qu'une seule matière. Cette matière est divisible en un nombre indéfini de parties (il y en a plusieurs millions dans le moindre grain de sable). (*Le Monde*, chapitre 3 ; *Principes*, 2^e partie, article 46).

Mais cette matière a fini par composer trois sortes d'éléments, classés selon leur comportement vis à vis de la lumière : l'élément de feu, émis par le Soleil et les Étoiles Fixes, l'élément de l'air, qui transmet cette lumière et compose les Cieux ; et l'élément de terre, qui réfléchit cette lumière et compose la Terre, les planètes et les comètes. À la surface de la Terre, ces éléments composent des corps composés à la fois de feu, d'air et de Terre (*Le Monde*, chapitre 5 ; *Principes*, 2^e partie, article 52). La flamme émet la lumière, comme le Soleil, et la chaleur s'explique par l'agitation des parties de la matière.

Partout où il y a de l'étendue, il y a une chose étendue (*Principes*, 2^e partie, article 17). L'étendue se confond avec la substance.

L'espace ou le lieu intérieur d'un corps ne diffère de l'espace que par la pensée : on attribue au corps une étendue particulière qui change de place quand le corps est transporté ; on attribue à l'espace une étendue vague et générale (*unitatem tantum generiam* ou unité générique) qui reste quand le corps a quitté sa position (*Principes*, 2^e Partie, Article 10; cf NEWTON, *De Gravitatione*, p.34.)

Il n'existe donc pas d'espace vide.

La raréfaction d'un liquide ou d'un gaz s'explique parce que l'espace laissé entre les parties qui s'écartent est rempli par un autre corps (*Le Monde*, chapitre 4 ; *Principes*, 2^e partie, article 6), une matière subtile.

Quand un corps quitte sa place, il prend celle d'un autre corps et sa place est aussitôt prise par un autre corps. Ainsi, au même instant, la place laissée par le premier corps est occupée au même instant par le dernier corps (*Le Monde*, ch 4; *Principes*, 2^e partie, article 33).

Il se crée alors un mouvement circulaire : si on a des anneaux concentriques de matière, le mouvement des parties est uniforme. Si les anneaux ne sont pas concentriques, la vitesse des parties est plus rapide dans les espaces étroits et plus lente dans les espaces larges, en sorte que la même quantité de matière passe au même instant au même endroit (*Principes*, 2^e partie, article 33).

Les Tourbillons célestes se comportent de cette manière.

Transmission du mouvement.

Le mouvement passe d'un corps à un autre « *selon les diverses rencontres* » (*Principes*, 2^e partie, article 42). Le mouvement se transmet de proche en proche, par poussée (comme dans les anneaux de matière) ou par choc.

On doit rejeter l'action à distance par laquelle deux corps s'attirent : en effet, ces deux corps seraient avertis de ce qui se passe loin d'eux, sans intermédiaire, et seraient capables d'exercer leurs forces loin d'eux (lettre à MERSENNE du 20 avril 1646, cité in Dugas, *La Mécanique au XVII^e siècle*", p163).

2 - Le temps

La durée est une des idées claires et distinctes que nous avons sur les corps (3^e Méditation).

La durée d'une chose est la façon dont nous connaissons cette chose en tant qu'elle continue d'être (*Principes*, Partie 1, Articles 55). Le temps est dans notre pensée et non pas dans les choses : c'est la façon dont nous pensons la durée. La durée des choses en mouvement est la même que celle des choses immobiles. Nous avons l'habitude de comparer la durée à « *certaines mouvements*

réguliers » comme celui qui engendre les jours et les années et, en faisant cette comparaison, nous nommons la durée *temps*.(ibidem, Article 57).

3 - Les lois de la nature.

Chez *Descartes*, ce n'est pas l'expérience qui peu à peu nous amène à découvrir les lois de la Nature. Il les déduit des « *perfections infinies de Dieu* » (*Discours*, 5^e partie). En effet, Dieu a établi des lois dans la Nature et il en a imprimé la notion dans nos âmes (*Discours*, 5^e partie). Retenons comme lois de la nature :

- le principe d'inertie ;
- la conservation de la quantité de mouvement dans le monde ; les deux se déduisent de l'immutabilité d'un Dieu parfait (idée innée).
- Le principe d'inertie : DESCARTES l'énonce sous forme de trois lois. Dans *Le Monde*, il énonce la persévérance du mouvement « *si rien n'empêche c'est-à-dire si rien ne s'y oppose; la conservation du mouvement, lors des chocs, et la conservation de la direction du mouvement* » (chapitre 7).

Dans les *Principes de la Philosophie*, DESCARTES formule trois lois de conservation : la conservation du même état (par exemple, ce qui est carré reste carré) ; la conservation du mouvement rectiligne et celle de la quantité de mouvement (2^e partie, articles 37 à 39).

« *Chaque chose en particulier continue d'être en même état autant qu'il se peut, et que jamais elle ne le change que par la rencontre des autres* » (*Principes*, 2^e Partie, article 37) ou

« *Chaque chose persiste autant qu'elle peut à demeurer au même état où elle se trouve* » (*Principes*, 2^e partie, article 43). Phrase reprise presque mot à mot par NEWTON, qui introduit la notion de force : « *la force inhérente à la matière est la faculté de résistance par laquelle chaque corps, autant qu'il le peut,*

*persévère dans son état... » (Principia, Définition 3). L'expression « autant qu'il le peut – quantum in se est » est présente chez DESCARTES et chez NEWTON (Principia, Définition 3) et renvoie à la tendance ou l'effort – le conatus du corps – à aller en ligne droite (A. KOYRÉ, *Études Newtoniennes : Newton et Descartes*, Gallimard, p 97 et note 57).*

Dieu conserve les choses en l'état où elles sont (création continuée) : le mouvement est un état et non plus un changement, comme chez ARISTOTE. L'acte de conservation est simple : le mouvement rectiligne est le plus simple et Dieu le reporte d'instant en instant. Par contre, le mouvement circulaire est plus complexe, il faut considérer deux instants successifs ou combiner deux forces (la tendance inertielle et la force centripète, bien que DESCARTES n'utilise pas ces termes).

Les dispositions de la nature, c'est-à-dire l'arrangement des corps matériels, modifient le mouvement inertiel. Dieu maintient un mouvement simple, et la Nature transforme ce mouvement simple en mouvements plus complexes.

Chez *Descartes*, l'action divine est interne : il assure la conservation du mouvement rectiligne car il les corps n'ont pas cette puissance en eux-même (KOYRÉ, *ibidem*, p 97 et note 38). Chez NEWTON, l'action divine est externe : les corps ont en eux une force inhérente à la matière (*vis insita*) qui leur permet de conserver leur état de mouvement ou de repos : par contre, l'attraction par laquelle les corps agissent les uns sur les autres à distance est peut-être une action divine.

Mais *Descartes* n'établit pas l'équivalence du mouvement rectiligne uniforme avec le repos, comme le fera *Newton* : seuls les mouvements effectués à la même vitesse sont équivalents.

Dans sa Définition 3 et sa 1^{ère} Loi, NEWTON reprend le terme cartésien de *statut-en* latin : *status* (KOYRÉ, *ibidem*, p102).

Mais quand deux mouvements se font à des vitesses différentes, le moins rapide est comme au repos par rapport au plus rapide. Dans ce cas, le mouvement est contraire au repos (2^e partie, article 44). Pourtant, *Descartes* n'ignore pas

qu'il faut autant d'action pour mouvoir un corps que pour l'arrêter dans son mouvement (2^e partie, article 26).

La conservation de la quantité de mouvement dans le Monde.

Il y a « *une infinité de mouvements qui durent perpétuellement dans le Monde* » (*Le Monde*, chapitre 3). « *Dieu conserve dans l'Univers autant de mouvement et de repos qu'il y en a mis en le créant* ». Mais si globalement la quantité de mouvement reste la même, elle varie dans les différentes parties du monde matériel (*Principes*, 2^e partie, article 36).

La relativité du mouvement.

Descartes ne rapporte pas le mouvement à un espace absolu, comme le fera Newton. Le mouvement « *selon la vérité* » est « *le transport d'une partie de la matière, ou d'un corps, du voisinage de ceux qui le touchent immédiatement, et que nous considérons comme au repos, dans le voisinage de quelques autres* » (*Principes*, 2^e partie, article 25).

Descartes prend l'exemple de la montre portée par un marinier sur un bateau. Les rouages internes de cette montre participent au mouvement du marinier qui se promène sur son bateau, au mouvement du bateau sur la mer, au mouvement de la mer dans son flux et son reflux, au mouvement de la Terre, en rotation « *sur son essieu* ». Mais nous devons considérer un seul mouvement en chaque corps considérer. Pour étudier les mouvements des rouages de la montre, il n'est pas utile de considérer les autres mouvements auxquels la montre participe (*Principe*, 2^e partie, article 31).

Cette relativité du mouvement mène DESCARTES à se contre-dire lui-même. Pour lui, il y a autant de mouvement dans deux corps qui vont en sens contraire en frottant l'un contre l'autre (« *qui se touchent immédiatement* »; *Principes*, 2^e Partie, Article 29). Ce qui est contraire à sa 3^e Loi (ibidem, Article 39) dans laquelle deux corps qui se

rencontrent se transmettent du mouvement de façon que la quantité de mouvement (mv) totale reste la même (A. KOYRÉ, *Études newtoniennes, Newton et Descartes*, NRF Gallimard note 69).

IV - Le système du monde

Référence, *Principes*, 3^e partie.

1 - *Descartes est copernicien.*

Les planètes sont emportées autour du Soleil (article 30). Les cieux sont liquides (article 24) : DESCARTES entend par là que leurs parties ne sont pas liées comme dans un solide, mais qu'elles sont en agitation continue. Les cieux transportent les planètes dans leurs mouvements circulaires (articles 25 et 30). Un liquide a autant de matière qu'un solide et ne résiste pas aux mouvements des solides parce qu'il est agité en tous sens. Mais si les mouvements du liquide se font tous « *vers un même côté* », les parties du liquide emportent les corps qui y sont immergés (article 25). Ainsi, les cieux liquides – les *Tourbillons* – tournent en rond autour du Soleil, les plus proches allant plus vite, les plus éloignés allant plus lentement. Les planètes sont emportées par ces tourbillons comme un fœtus de paille l'est par un tourbillon dans une rivière (article 30).

Mais les orbites de ces tourbillons ne sont pas parfaitement circulaires, à cause des imperfections « *que nous voyons arriver en tous les autres effets de la nature* » (article 34). La vitesse d'une planète varie car sa distance au Soleil change : la distance de Saturne au Soleil est plus grande dans le Sagittaire que dans les Gémeaux, d'une 20^e de partie (article 36). Bien sûr, les lieux où une planète s'approche ou s'éloigne le plus du Soleil sont le Périhélie et l'Aphélie mais DESCARTES n'emploie pas ces mots.

DESCARTES ignore les lois de KÉPLER publiées en 1609.

2 - *Mobilité de la Terre.*

Descartes va tenter de concilier le système de COPERNIC et le dogme de l'immobilité de la Terre.

La Terre est environnée de tous côtés par « *un ciel très liquide* ». Elle n'a pas de tendance à se mouvoir, car on ne remarque rien de tel. Cependant, le cours de son ciel l'emporte et elle suit ce mouvement, sans se mouvoir elle-même. DESCARTES compare la Terre à un navire en repos au milieu de la mer qui participe au flux et au reflux de celle-ci (article 26).

Selon la définition du mouvement (2^e partie, article 35), la Terre ne se meut pas. Elle est au repos par rapport aux parties du ciel qui la touchent « *car nous considérons ces parties comme au repos* » (article 28). C'est de façon incorrecte qu'on dit que la Terre se meut. Le lieu en son vrai sens doit être déterminé par les corps contigus et non par les corps très éloignés (article 29). DESCARTES rejette donc la notion moderne de système de référence. On ne peut pas exclure la possibilité qu'il existe des corps au delà des étoiles, par rapport auxquels la Terre serait fixe alors que les étoiles seraient mobiles. En tous cas, la Terre n'est pas plus en mouvement qu'un passager sur un navire allant de Calais à Douvres : ce passager est immobile dans le navire, seul le navire se déplace (article 29).

DESCARTES se trompe, bien sûr : par rapport au système de référence lié à la Terre (ou à Douvres et à Calais), le mouvement du passager est bien réel.

DESCARTES argumente ainsi après avoir appris la condamnation de GALILÉE, le 22 juin 1633. Apprenant cela, il renonce à publier son traité *Le Monde ou Traité de la Lumière* parce que l'église a « *désapprouvé une opinion de physique* » (*Discours*, début de la 6^e partie), sans préciser qu'il s'agit de la mobilité de la Terre. Dans son *Discours de la Méthode* (5^e partie), il fait un résumé de son traité du *Monde* sans faire la moindre allusion au mouvement de la Terre.

3 - Critique du système de TYCHO.

Tycho BRAHÉ pensait que la Terre est immobile au centre du Monde. Or son système montre le contraire

Rotation diurne du Ciel

Pour Tycho BRAHÉ, la Terre est fixe et le ciel tourne autour d'elle en une journée. Mais chaque partie de la Terre est successivement en contact avec les différentes parties du Ciel en rotation : on peut donc attribuer le mouvement aussi bien au Ciel qu'à la Terre. Cependant, le contact se fait sur toute la surface de la Terre mais ne se fait que sur la partie inférieure du ciel (sa surface concave est petite par rapport à sa surface convexe) : donc, c'est bien la Terre qui se meut, contrairement à ce qu'affirmait Tycho (article 38).

Révolution annuelle du Soleil

Tycho pensait que le Soleil tourne en un an autour de la Terre, les planètes tournant toutes autour du Soleil.

Le ciel est liquide et les cieux des planètes supérieures (Mars, Jupiter et Saturne) tournent autour du Soleil. Dans ce mouvement, ces cieux touchent la Terre, qui est plus proche du Soleil : pour conserver son immobilité, la Terre doit s'opposer aux révolutions des cieux des planètes supérieures. La matière céleste glisse sur la Terre : on doit appeler cela le mouvement de la Terre (article 39).

4 - Le système solaire.

DESCARTES se contente de valeurs approchées pour les périodes de révolution des planètes (article 31) et leurs distances au Soleil (articles 5 et 6).

<i>Planète</i>	<i>Période</i>	<i>Distance en diamètres terrestres</i>
Saturne	30 ans	5000 ou 6000
Jupiter	12 ans	3000 et davantage
Mars	2 ans	900 ou 1000
Terre	1 an	600 ou 700
Vénus	8 mois	400
Mercure	3 mois	200

Nous convertissons ces distances en *Unités Astronomiques*, en prenant les deux valeurs de DESCARTES :

1 UA = 600 rayons terrestres
et 1 UA = 700 rayons terrestres.

Nous donnons en même temps les valeurs données par KÉPLER.

<i>Planète</i>	<i>1 UA = 600</i>	<i>1 UA = 700</i>	<i>Képler</i>
Saturne	8,33 ou 10	7,14 ou 8,57	9,51
Jupiter	5	4,28	5,1965
Mars	1,5 ou 1,66	1,28 ou 1,428	1,5235
Terre	1	1	1
Vénus	0,66	0,571	0,724
Mercure	0,33	0,285	0,388

KÉPLER établit une relation entre les distances moyennes des planètes (a) et les périodes de révolution (T) : $a^3 = T^2$.

KÉPLER avait besoin de connaître ces valeurs le plus exactement possible pour établir cette relation qu'il publiera en 1618. DESCARTES se contente d'une description approximative du Système solaire et ne cherche pas à quantifier les phénomènes.

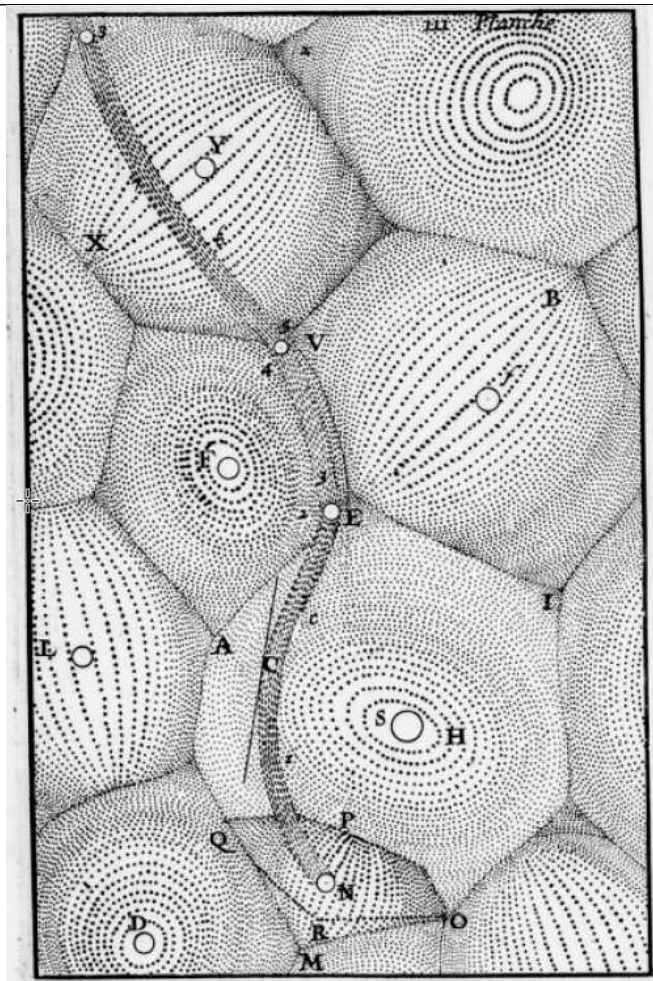
5 - Les Étoiles Fixes et les Tourbillons.

La notion de *Sphère des Fixes* est erronée. Chaque étoile est extrêmement éloignée des autres étoiles, et leurs distances au Soleil sont très différentes. La petitesse des étoiles est due à leur grande distance : si nous étions proche d'une étoile, « *celle-ci nous paraîtrait grande et lumineuse comme un soleil* » (article 9). Les étoiles sont « *éparses par toutes les dimensions de*

l'espace » (article 23). DESCARTES préfère dire que le monde est indéfini plutôt qu'infini, cet adjectif étant réservé à Dieu.

DESCARTES reprend à son compte l'argument de COPERNIC. Le mouvement de la Terre autour du Soleil n'entraîne aucune variation dans la distance des étoiles fixes. En effet,

la distance des étoiles est si grande « *que tout le cercle que la Terre décrit autour du Soleil, à comparaison d'elle, ne doit être comptée que pour un point* » (article 40). Chaque étoile est au centre d'un tourbillon (article 65 et figure et article 68). Tous ces tourbillons tournent dans différents sens.



	<i>centre</i>	<i>sens de rotation</i>
<i>1^{er} tourbillon</i>	<i>S</i>	<i>A vers E vers I</i>
<i>2^e tourbillon</i>	<i>F</i>	<i>A vers E vers V</i>
<i>4^e tourbillon</i>	<i>f autour axe EB</i>	<i>I vers V</i>

6 - Fonctionnement d'un tourbillon

Parce que le tourbillon tourne autour de son axe, la matière placée à l'équateur fait effort pour s'éloigner de l'axe

de rotation. Il y a donc transfert de matière, depuis l'équateur d'un tourbillon jusqu'aux tourbillons voisins dont les pôles touchent cet équateur. En effet, l'effort centrifuge (c'est HUYGENS qui inventa le mot) est nulle au pôle, et rien ne peut empêcher la matière de passer par là (article 69).

Mais ce transfert ne concerne que la matière du premier élément, celui du feu, dont l'agitation est plus vive et qui passe facilement entre les parties du second élément, un assemblage de boules (article 70). Cet élément du feu peut s'accumuler au centre du tourbillon et former « *un corps très liquide* », le Soleil (articles 71 et 72). Certes, des parties du second élément s'échappent mais elles ne peuvent aller très loin à cause de la résistance de la matière du tourbillon qu'elles pénètrent.

La vitesse des parties du tourbillon solaire décroît depuis le Soleil jusqu'à l'orbite de Saturne ; puis elle croît à nouveau depuis l'orbite de Saturne jusqu'aux limites du *Tourbillon* (articles 83 et 84). De plus, les parties de ce *Tourbillon* sont plus petites en dessous de l'orbite de Saturne et sont plus grosses au delà.

Les grosses parties composant le 3^e élément (la matière terrestre) ont pu se joindre lors de leurs diverses rencontres pour former des corps plus importants. Les plus massifs se sont éloignés vers la circonférence du *Tourbillon* et ont même pu passer dans un autre tourbillon : ce seront les comètes. Les moins massives ont été rejetées vers le centre du *Tourbillon* : ce sont les planètes (*Le Monde*, ch 9).

Les comètes ont du se briser les unes contre les autres en passant dans différents cieux, c'est pourquoi elles doivent être peu nombreuses. Les comètes sont toujours à la périphérie d'un Tourbillon et ne peuvent jamais être placées auprès des planètes ni même en dessous (*Le Monde*, ch 9).

Les planètes occupent les parties centrales du *Tourbillon*, à différentes distances du centre. Chaque planète se place en équilibre dans le Tourbillon, en étant entourée par de la matière céleste qui ait la même force

qu'elle « à continuer son mouvement en ligne droite » (*Le Monde*, ch 9). Autrement dit, les forces centrifuges de la matière céleste et de la planète doivent s'équilibrer pour que la planète ne soit pas poussée vers l'intérieur ou vers l'extérieur.

Les planètes les moins massives sont proches du centre et les plus massives sont plus lointaines. Mais l'espace entre la planète la plus lointaine et la limite du *Tourbillon* est immense. De plus, la masse d'une planète s'apprécie non seulement par la quantité de matière qu'elle renferme mais aussi par son volume ou par sa densité. aussi, sa force à continuer son mouvement en ligne droite dépend de la quantité de matière et du volume (ou de la densité). Une boule en bois, composée d'un bois peu resséré, dans un grand volume, n'a pas la même force à continuer son mouvement en ligne droite qu'une autre boule composée du même bois, dans un petit volume mais avec une matière ressérée, même si les deux boules sont poussées avec une force proportionnée à leur grosseur (*Le Monde*, ch 9).

V - La Pesanteur

La pesanteur n'est pas due à une attraction de la Terre, car DESCARTES rejette l'action à distance. La pesanteur est due à la révolution de la matière céleste autour de la Terre.

Supposons un milieu fluide dans lequel deux corps sont mus à la même vitesse dans un mouvement circulaire : le plus massif est rejeté vers l'extérieur et le moins massif vers l'intérieur.

Supposons maintenant que le corps tourne moins vite que le fluide. Le fluide tend davantage à continuer son mouvement rectiligne que le corps immergé dedans : il s'écarte donc du centre de révolution, et le fluide placé en-dessous du corps ne peut monter qu'en repoussant le corps vers le centre de révolution. Ainsi, le fluide monte alors que le corps descend.

La matière céleste qui entoure la Terre tourne beaucoup plus vite que la Terre : les corps grossiers possèdent moins de matière fluide dans leurs pores : la matière fluide tend à monter et repousse donc les corps grossiers vers le bas, créant l'illusion d'une attraction vers le centre de la Terre (*Le Monde*, ch 11).

DESCARTES n'envisage cette action que pour la Terre mais un tel modèle doit s'appliquer pour toutes les planètes.

Notons cependant que dans sa jeunesse, DESCARTES n'était pas aussi catégorique dans son rejet du vide. Il s'interroge avec Isaac BEECKMAN sur la loi de la chute des corps dans le vide (1618). BEECKMAN trouve la loi des espaces proportionnels au carré du temps.

DESCARTES trouve une loi différente : une des solutions de l'équation est la puissance 2,41 du temps (J. GAPAILLARD). Ce qui ne l'empêchera pas plus tard (en 1634) de prétendre avoir trouvé la loi de GALILÉE, avant GALILÉE...

La *Théorie des Tourbillons* sera popularisée par FONTENELLE dans ses *Entretiens sur la Pluralité des Mondes* (1686). Le modèle cartésien sera repris par Christian HUYGENS, avec quelques modifications (*Discours*

sur la Cause de la Pesanteur, 1690 ; suite au *Traité de la Lumière*, édition Dunod).

HUYGENS nie l'identification de la matière avec l'étendue (p 190). Il explique la pesanteur de la même façon que DESCARTES. La matière subtile en révolution autour de la Terre repousse les corps grossiers vers le centre de la Terre, car ces corps grossiers ne participent pas au mouvement de cette matière subtile (p 169). Mais cette matière subtile se meut en tous sens et non en un seul courant comme chez DESCARTES : sinon, elle provoquerait un vent. De la même façon, l'air autour de nous est agité en tous sens, sinon il ne céderait pas au mouvement de nos mains (p 169).

De plus, le tourbillon qui entoure la Terre sur une grande étendue est contenu dans un espace d'où la matière subtile ne peut pas sortir (p 167).

Les tourbillons « stellaires » de HUYGENS sont plus « restreints » que ceux de DESCARTES et ne sont pas en contact les uns avec les autres. Ils sont disséminés dans les vastes profondeurs du Ciel (*Cosmothéoros*, cité in KOYRÉ, *Études newtoniennes*, p 165).

La pesanteur des planètes vers le Soleil s'explique de la même manière que celle des corps vers la Terre.

La théorie des tourbillons se retrouve dans l'hypothèse de la nébuleuse primitive de KANT et de LAPLACE.

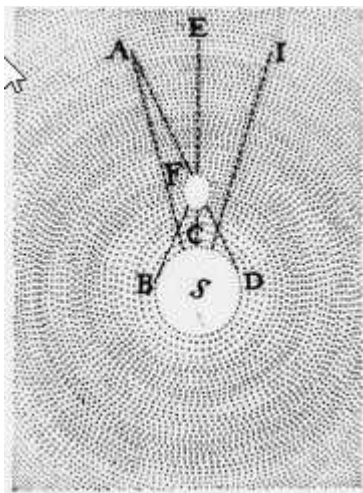
VI - La lumière

1 - La nature de la lumière

La nature de la lumière s'explique par la configuration de la matière qui remplit les cieux (matière des premier et second élément ; *Principes*, Partie 3, Article 55).

Les parties du tourbillon accomplissent un mouvement circulaire autour du Soleil et de ce fait, exercent une pression les unes sur les autres. Descartes sait qu'un corps en mouvement circulaire tend à s'éloigner du centre de sa révolution (ce que HUYGENS appellera *force centrifuge*).

Sur la figure de l'article 64, la boule *F* est poussée vers *E*, c'est-à-dire qu'elle tend à s'éloigner du Soleil *S*, du fait de sa propre révolution, mais aussi parce qu'elle est poussée par les parties qui se trouvent dans le triangle *DFB*, entre la surface *DCB* du soleil et cette boule *F*. Si le lieu de la boule *F* était vide, les parties de l'espace *BFD* rempliraient ce vide (article 62).



Les parties du tourbillon exercent donc une pression les unes sur les autres : chaque partie cherche à s'éloigner du Soleil, par sa propre tendance et parce qu'elle est poussée par les parties plus proches du Soleil qu'elle. Chaque partie est retenue en sa place, parce qu'elle est empêchée de s'éloigner par les parties plus lointaines. Mais une pression s'exerce continuellement et instantanément, et se propage autour du Soleil, en un instant. De plus, la matière du premier élément, lumineuse, passe entre les « *boules* » du deuxième élément et se propage instantanément depuis le Soleil jusqu'à nous, selon des lignes droites (Articles 76 à 79).

La matière lumineuse sort du Tourbillon solaire par l'équateur, entre dans les tourbillons voisins par les pôles, s'en échappe par l'équateur et peut ainsi revenir dans le Tourbillon solaire. Il y a ainsi « *tout un cercle de matière* » (articles 78 et 79).

Même s'il l'emplacement du Soleil était vide, on verrait de la lumière provenir de sa direction (article 64), car la lumière est une pression résultant du mouvement des parties du tourbillon céleste.

La théorie de la lumière développée dans *Le Monde* et dans les *Principes de la Philosophie* complète celle donnée dans *La Dioptrique*, publiée à la suite du *Discours de la Méthode* : « ...la lumière n'est autre chose, dans les corps qu'on nomme lumineux, qu'un certain mouvement, ou une action fort prompte et fort vive, qui passe vers nos yeux, par l'entremise de l'air ou des autres corps transparents... » (*Dioptrique*, 1). L'explication du mécanisme par lequel se transmet la lumière passe par l'exposition d'un système du monde copernicien. DESCARTES préfère s'abstenir.

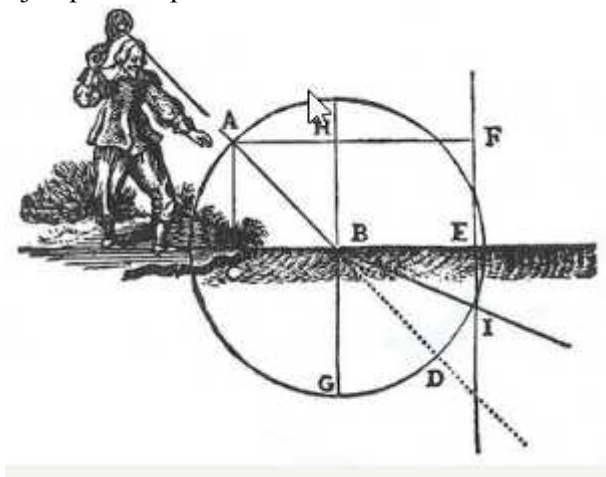
Notez que dès 1676, Ole RÖMER démentira DESCARTES en déterminant la vitesse de la lumière.

2 - La réflexion

Dans le deuxième *Discours* de sa *Dioptrique* (1637), DESCARTES explique la réflexion et la réfraction (lois dites de DESCARTES).

Il réalise une expérience de pensée (*pensons donc*) en supposant que le mouvement d'une balle poussée contre le sol est analogue à celui de la lumière qui rencontre un miroir.

Un joueur donne un coup de raquette contre une balle qui se déplace avec un mouvement uniforme (« *La balle va toujours d'égale vitesse* ») jusqu'à ce qu'elle rencontre le sol, en ayant suivie la droite AB . Elle repart ensuite selon la droite BF en sorte que l'angle d'incidence ABC soit égal à l'angle de réflexion FBE . Ici, DESCARTES utilise le principe d'inertie, la balle allant en ligne droite d'un mouvement uniforme jusqu'à ce qu'un obstacle modifie ce mouvement.



DESCARTES décompose le mouvement d'incidence en deux composantes (selon la règle du parallélogramme, *Principes*, 2^e partie, article 32). Une composante est verticale, selon AC , l'autre est horizontale, selon CE . La rencontre avec le sol ne modifie pas le mouvement horizontal mais modifie seulement le mouvement vertical est changée.

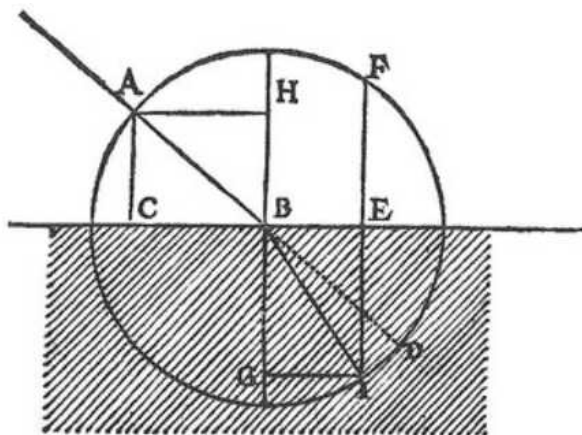
Nous sommes dans une expérience de pensée. Mais il s'agit ici d'une balle idéalisée, car sa pesanteur, sa grosseur et sa figure n'ont aucun rôle à jouer dans l'examen de l'action de la lumière. On ne pourrait pas considérer que le sol absorbe tout le mouvement. En effet, la surface du sol est « *parfaitement plate et dure* ». Le sol n'arrête pas la balle « *car si son mouvement était une fois interrompu par cet arrêt, il ne se trouverait aucune cause, qui le fit par après recommencer* ». Le sol modifie seulement la direction du mouvement de la balle mais pas sa vitesse. Il est donc inutile de rechercher un éventuel effet de l'élasticité de la balle qui, en se contractant et en se décontractant, lui donnerait son mouvement de remontée. Descartes peut se contenter d'une affirmation générale : les corps durs renvoient une balle « *d'un autre côté sans l'arrêter* » (1^{er} Discours).

3 - La réfraction

Poursuivant l'analogie avec la balle, DESCARTES imagine que la balle traverse une toile *CBE* et perd une partie de sa vitesse, par exemple la moitié. La composante verticale de son mouvement reste inchangée tandis que la composante horizontale est modifiée. Donc, la balle va deux fois moins vite en verticale.

La balle met deux fois plus de temps pour décrire sous l'horizontale une distance égale à la distance *AC* ou *HB*.

Mais à vitesse horizontale constante, la balle décrit durant l'unité de temps l'espace simple *AH* ou *CB*, et durant deux unités de temps l'espace double *HF* ou *BE*.



Par conséquent, quand la balle décrit en dessous de la toile une distance verticale égale à la distance AC ou HB , elle décrit horizontalement l'espace double HF ou BE . En passant à travers la toile, la trajectoire de la balle s'est rapprochée de l'horizontale. Maintenant, la vitesse verticale de la balle est accélérée quand elle traverse la toile, et ce d'environ $1/3$. Comme la balle va plus vite en verticale, elle a $1/3$ de temps en moins pour se déplacer horizontalement : la trajectoire se rapproche de la verticale HBG . L'effet est le même que si le milieu en dessous de la toile est $1/3$ fois moins résistant que le milieu au-dessus de la toile.

Revenons à la lumière. L'indice de réfraction entre deux milieux, ce que Descartes appelle la force ou la facilité du corps dans lequel se déplace la lumière, est mesuré par le rapport du sinus de l'angle d'incidence sur le sinus de l'angle de réfraction. L'analogie entre le mouvement de la balle et celui de la lumière pose problème : en passant de l'air dans l'eau, la balle perd de la vitesse en traversant la toile et sa trajectoire s'approche de l'horizontale. Mais dans un milieu plus réfringent, la lumière va plus vite et le rayon réfracté se rapproche de la verticale. De plus, la lumière pénètre dans le verre alors que la balle ne le peut pas.

Mais *Descartes* conserve l'analogie : une balle qui rebondit sur un corps mou, comme un tapis, est ralentie; si

elle rebondit sur un corps dur, comme une table nue, elle est moins ralentie. La lumière est une agitation de la matière subtile qui remplit les pores des corps : cette agitation est moins vive dans l'air, composée de parties « *molles et mal jointes* ». Dans l'eau, cette agitation est moins gênée, car les parties de l'eau sont plus dures et plus rapprochées. Et dans le verre, cette agitation est encore moins ralentie, car les parties du verre sont « *plus dures et plus fermes* ». De plus, pour passer, la lumière doit chasser la matière subtile qui remplit les pores des corps, lesquels pores sont moins nombreux dans les corps solides. Aussi ne doit-on pas s'étonner que le verre laisse passer plus facilement la lumière.

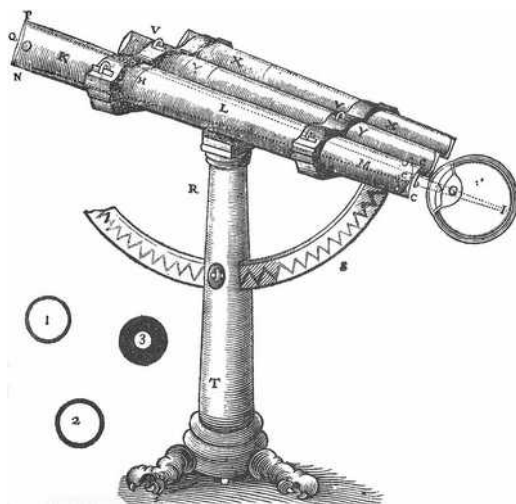
Isaac NEWTON arrivera à la même conclusion, en faisant jouer un principe d'attraction : la lumière va plus vite dans un milieu dense que dans un milieu rare. En sortant d'une plaque de verre pour passer dans l'air, par exemple, le rayon est attiré par la plaque de verre, il est freiné et sa trajectoire se rapproche de la surface de verre : il s'écarte de la perpendiculaire. Par contre, en passant de l'air pour pénétrer la plaque de verre, il est attiré par le verre qui l'accélère, et sa trajectoire se rapproche de la verticale.

En 1850, Léon FOUCAULT prouvera que la lumière va moins vite dans l'eau que dans l'air.

4 - La lunette

Le 9^e discours de *La Dioptrique* propose la description de deux lunettes, une pour les objets lointains (les astres), l'autre pour les objets proches.

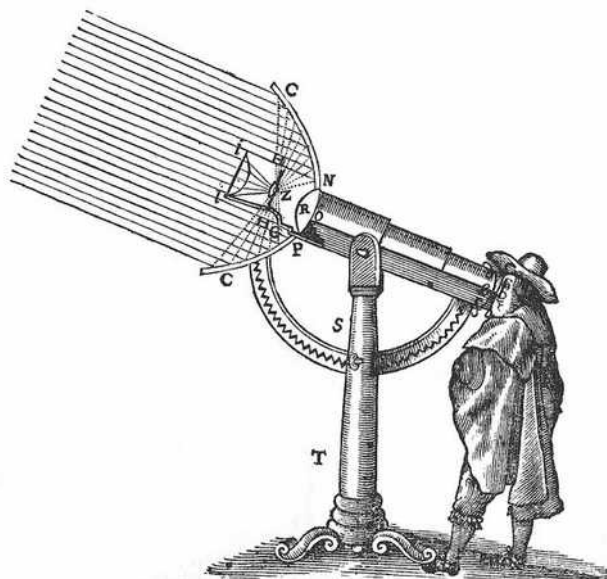
La lunette pour observer les objets lointains



Elle est composée d'un oculaire *abcdef* et d'un objectif *NOPQ*, en verre. La face *abc* de l'oculaire, côté œil, est en forme d'hyperbole ayant son foyer *H*, dans la lunette. La face interne *def* est en forme d'hyperbole ayant son foyer en *I*, dans l'œil. La face extérieure *NQP* de l'objectif est plate alors que la face interne *NOP* est en forme d'hyperbole ayant son foyer en *I*, le même que celui du côté interne de l'oculaire.

Les rayons lumineux tombent perpendiculairement sur la face plate *NQP* de l'objectif. Ils sont réfractés sur la face hyperbolique *NQP* de façon à converger vers le foyer *I*. Mais avant d'arriver en ce foyer *I*, ils sont interceptés par la face *def* de l'oculaire : ils sortiraient en rayons parallèles hors de la face plate du verre *def*, mais plus resserrés. Mais l'adjonction du verre *abc* fait diverger les rayons comme s'ils provenaient du foyer *H*.

La lunette pour observer les objets proches.



L'oculaire *abcdef* et le face interne de l'objectif sont les mêmes que ceux de la lunette astronomique. Mais la face interne *NRP* de l'objectif n'est plus plat (lunette astronomique) mais il est convexe et en forme d'hyperbole ayant son foyer en *Z*.

On place l'objet à observer au foyer *Z*, où il est soutenu par le support *G*. On oriente la lunette vers le Soleil, de façon que les rayons solaires, parallèles, soient réfléchis par le miroir parabolique *CC* qui les fait converger en son foyer *Z* : l'objet est éclairé par la lumière solaire. Le cache *HH* a le même diamètre que l'objectif *NOPR*, avec un trou de diamètre égal à celui de l'objet observé, si celui-ci est translucide, de façon à ce qu'il soit aussi éclairé par la lumière directe du Soleil.

On peut ajouter la lentille *II* de même diamètre que l'objectif *NOPR*, de façon de renforcer l'éclairage de l'objet à observer.

NEWTON déclarera préférer les verres sphériques aux verres elliptiques ou hyperboliques : les verres sphériques

sont plus faciles à tailler, ils réfractent mieux les rayons qui passent en dehors de l'axe de la pièce de verre ; enfin aucune figure ne permet de corriger « *les diverses réfrangibilités des différents rayons* », ce qu'on nomme l'aberration chromatique (*Principia*, Livre 1, Scholie en fin de Section 14). C'est parce qu'il croyait impossible de corriger cette aberration des lentilles que NEWTON réalisa le premier télescope à miroir réfléchissant en 1672.

Aujourd'hui, on utilise des lentilles à surface sphérique, concaves pour les lentilles convergentes, et convexes pour les lentilles divergentes.

Pour corriger cette aberration chromatique, il faut donner à la lunette une très grande longueur focale : celle de la lunette d'HÉVÉLIUS à Dantzig mesurait près de 40 mètres ! Ou alors, il faut utiliser un doublet achromatique (créé par Chester MOOR HALL en 1733 et breveté par John DOLLOND en 1758).

Newton et Descartes

Dans son œuvre maîtresse, NEWTON évoque rarement DESCARTES. Cependant, le titre fait allusion à DESCARTES : celui-ci a publié les *Principes de la Philosophie*, NEWTON publie les *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle* : philosophie naturelle, car NEWTON n'y traite pas de philosophie première (la métaphysique) comme le fait DESCARTES, mathématique car NEWTON étudie la nature avec les outils mathématiques. Cependant, NEWTON publie lui aussi des règles de la connaissance, sous forme d'hypothèses en 1687 puis sous forme de règles par la suite. La mise à l'écart de la métaphysique n'est plus de mise lors de la seconde édition, avec l'addition du Scholie général où NEWTON parle du rôle de Dieu.

NEWTON se garde bien de dire ce qu'il doit à DESCARTES : la formulation exacte du principe d'inertie dont il fait sa première loi du Mouvement (*Principes de la Philosophie*, Partie 2, Articles 37 à 39). La composition des mouvements (la règle du parallélogramme) qu'il étend aux forces (*Principia*, Corollaire 1 des Lois). La conservation de la quantité de mouvement (mv) qu'il précise en remplaçant le volume du corps par sa masse.

NEWTON rejette l'idée que la même quantité de mouvement se conserve dans tout l'univers (*Traité d'Optique*, Question 31). Le mouvement tend à se perdre et Dieu doit intervenir périodiquement.

Les allusions directes sont rares et concernent *l'Optique* : les lois de la réflexion et de la réfraction (*Principia*, Scholie, Proposition 96 du Livre 1) et la taille des verres réfractants (ibidem, Proposition 97, corollaire 1).

Les allusions implicites sont nombreuses : dès la première page, NEWTON indique ne pas traiter du milieu qui remplirait les interstices des corps, à savoir la matière subtile de DESCARTES (*Principes de la Philosophie*, Partie 2, article 6).

La section 5 du Livre 2 des *Principia* définit la pesanteur absolue et la pesanteur apparente des corps (*Principia*, Proposition 20, corollaire 6), alors que chez DESCARTES la pesanteur est due à la montée de la matière subtile qui repousse les corps grossiers dont les pores contiennent peu de matière subtile (*Principes de la Philosophie*, Partie 4, Articles 22 et 23).

Chez *Newton*, le poids est proportionnel à la masse (Définition 1). Chez DESCARTES, la pesanteur d'un corps n'a pas toujours le même rapport avec sa quantité de matière (*Principes de la Philosophie*, Partie 4, Article 25). En effet, il faut tenir compte de la poussée d'Archimède exercée par l'air dans lequel on effectue la pesée (ce en quoi NEWTON est d'accord) ; d'autre part, certaines parties de l'air ont des mouvements conspirants avec ceux de la matière subtile, ce qui diminue le volume d'air repoussé par la matière subtile, donc le poids de l'air et donc sa poussée d'Archimède.

DESCARTES admet la pression exercée par un fluide sur le fond d'un vase mais il ignore celle exercée par les différentes couches du fluide les unes sur les autres (*Principes de la Philosophie*, Partie 4, article 26). Newton le contredit dans cette même section (*Principia*, Livre 2, Proposition 20).

La section 9 démontre l'incompatibilité des Tourbillons cartésiens avec les lois de KÉPLER.

Le scholie des *Définitions* est une critique ouverte du mouvement relatif de DESCARTES (*Principes de la Philosophie*, Partie 2, Article 25). Il reprend l'exemple du marinier (*Principes de la Philosophie*, Partie 2, Article 31). Il indique qu'une planète est certes en repos relatif parmi les parties du tourbillon dans lequel elle est immergée (*Principes de la Philosophie*, Partie 3, Article 28) ; mais cette planète et ces parties du tourbillon sont en mouvements vrais et font effort pour s'éloigner du centre de révolution.

Malgré de profondes divergences à propos du rôle de Dieu dans la nature, les deux savants se rejoignent. DESCARTES admet que le monde puisse évoluer selon les lois que Dieu lui a donné au début ; le monde conserve la même quantité de

mouvement que Dieu y a mis au départ. En apparence, le monde peut continuer sans Dieu mais DESCARTES prend soin d'affirmer la création continuée : aucun être ne peut subsister un instant sans Dieu.

NEWTON croit que Dieu est présent partout et toujours, que le monde peut subsister selon les lois que Dieu lui a données. Mais le monde a tendance à se dégrader : en effet, la quantité totale de mouvement diminue avec le temps, aussi Dieu doit-il intervenir périodiquement pour réorganiser le monde.

Les philosophies de DESCARTES et de NEWTON peuvent mener à l'athéisme : NEWTON pensait que le Dieu de DESCARTES est absent du monde car le monde peut continuer sans Dieu (NEWTON oubliait la création continuée). Mais on peut faire le même reproche à NEWTON : si on montre que le mouvement ne se perd pas dans l'Univers, alors celui-ci peut continuer sans Dieu. KANT élaborera une cosmogonie où Dieu a seulement besoin de créer la matière et de lui attribuer des lois : la matière s'organisera d'elle-même. Et LAPLACE pourra se passer de Dieu...

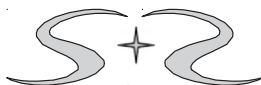
Lire A. KOYRÉ, *Études Newtoniennes : Newton et Descartes*, Gallimard.

Conclusion

Pour DESCARTES, Dieu est le garant de nos connaissances. Cependant, ses explications purement mécaniques du monde et de l'homme ont conduit certains à l'athéisme : ce que PASCAL lui reprochera. Dans cette crainte, l'Université de Paris mettra DESCARTES à l'index en 1664. LOUIS XIV interdira le cartésianisme en même temps qu'il révoquera l'Édit de Nantes (1685).

Cela n'empêchera la grande influence des idées cartésiennes sur la pensée européenne : la lutte avec les thèses newtoniennes sera rude.

DESCARTES nous a laissé une explication globale du monde et de l'homme. Certes, cette explication est en grande partie complètement fausse. Mais il nous faut saluer cet effort de synthèse. Par contre, les idées philosophiques de DESCARTES ont moins vieilli (par exemple, la dualité corps-esprit) que ses idées sur la physique et la cosmologie.



Textes utilisés :

- *Le Monde, ou Traité de la lumière* (v.1632-1633).
- *Discours de la méthode suivi de la Dioptrique et des Météores* (1637).
- *Les Méditations métaphysiques* (1641).
- *Les Principes de la Philosophie* (traduction française, 1647).

Déjà parus aux *Cahiers de la SAN*

1	Le principe du test de Foucault	Didier Cadiou
2	Principes mathématiques de la philosophie naturelle	Christian Scotta
3	Astronomie de position	Louis Campion
4	L'argenture des miroirs, passé ou avenir	Daniel Woehrling
5	Emmanuel Kant : "La théorie du ciel"	Christian Scotta
6	Les cadrans solaires	Louis Campion
7	La gravitation universelle	Daniel Woehrling
8	Diagramme solaire	Louis Campion
9	Astronomie de position (I : théorie)	Louis Campion
10	Le laser	Christophe Barrier
11	Le phénomène des marées	Louis Campion
12	La relativité	Christian Scotta
13	Les étoiles et la galaxie	Christian Scotta
14	Voyage au cœur de la matière	Jean-Louis Bourguignon
15	Edmund Halley, une vie bien remplie	Paul Delaunay
16	Le système de Ptolémée	Louis Campion
17	Histoire de la navigation	Louis Campion
18	Le Big Bang	Jean-Marie Guillouet
19	Relativité d'échelle et structuration des systèmes planétaires	Laurent Nottale
20	Introduction à la cosmologie	Christian Scotta
21	Les 4 forces fondamentales de la nature	Paul Couteau
22	Réfraction astronomique	Louis Campion
23	Qu'est-ce que la physique quantique ?	Arnaud Duperrin
24	Le système de Kepler	Louis Campion
25	La pensée scientifique moderne	Daniel Woehrling
26	Nébuleuses, joyaux célestes de la nuit	Gwenaël Burban

27	La lumière	Christian Scotta
28	La Terre, une planète... pas comme les autres	Paul Delaunay
29	Isaac Newton	Christian Scotta
30	La Lune, "la reine de la nuit"	Paul Delaunay
31	L'observation du ciel, les instruments et la photographie en astronomie	Paul Delaunay
32	Les astéroïdes, des planètes en miniature	Paul Delaunay
33	Les distances dans l'Univers	Philippe Doublet
34	L'homme face aux étoiles	Daniel Woehrling
35	L'univers existe-t-il ?	Jean-François Gautier
36	Représentation de la voûte céleste à travers les âges	Françoise Puget
37	Astronomie de position (II : cours et exercices pratiques)	Louis Campion
38	En croisant les mots astronomiquement	Paul Delaunay
39	La précession des équinoxes	Louis Campion

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

DESCARTES

Christian SCOTTA

Dans ce fascicule, Christian Scotta aborde les contributions de René Descartes à la physique et à l'astronomie, délaissant ses travaux sur la nature humaine. Il explore sa philosophie première (métaphysique), ses règles de la connaissance et sa philosophie seconde (physique), en particulier ses théories sur le système du monde, les tourbillons, la pesanteur et la lumière. Il compare les idées de Descartes à celles de Newton, soulignant leurs similitudes et divergences, notamment sur le rôle de Dieu et des lois de la physique. Malgré des conceptions en physique en grande partie fausses, les idées philosophiques de Descartes ont eu une influence durable.



Société
d'Astronomie
de Nantes

Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - www.san-fr.com