

0 La vitesse de la lumière

Dans ces histoires d'astronomie, j'essaie de me limiter à ce qui a été utile au développement des mathématiques. On ne peut pas dire que ce soit le cas ici. Sauf que la vitesse de la lumière est tellement liée à d'autres histoires que je vous ai déjà racontées, que j'aurai eu l'impression de vous faire des cachotteries. De plus vous allez reconnaître le schéma général de beaucoup d'autres récits. Comme souvent, celui-ci commence en Grèce, avec Aristote.

histoires d'astronomie

La vitesse de la lumière

vers la relativité



hist-math.fr

Bernard YCART

1 il n'y a pas pour elle de transmission successive

« Le bruit n'arrive à l'oreille que longtemps après le coup qui l'a produit [...]. En est-il de même pour la lumière, et met-elle un temps plus ou moins long pour venir du Soleil jusqu'à nous, ainsi que l'a soutenu Empédocle ? Cette opinion paraît fort rationnelle ; mais cependant elle n'est pas exacte. On peut soutenir la transmission successive et pour l'odeur et pour le son, qui sont certainement des mouvements ; il est impossible d'en dire autant de la lumière : il semble plutôt que la lumière soit une modification d'une certaine espèce que le milieu éprouve simultanément, et c'est là ce qui fait croire qu'il n'y a pas pour elle de transmission successive. »

Aristote l'a décidé, Empédocle a tort. Contrairement au son, la lumière n'a pas une vitesse finie. C'est une « modification que le milieu éprouve simultanément ». Et comme d'habitude, ce qu'a dit Aristote restera parole d'évangile pendant quelques siècles.

il n'y a pas pour elle de transmission successive

Aristote (384-322 av. J.-C.) De la sensation et des choses sensibles

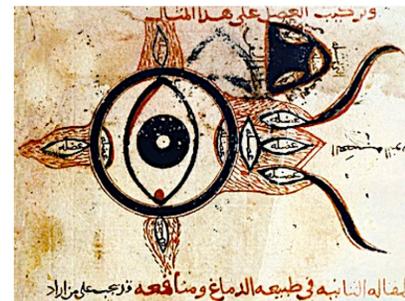
Le bruit n'arrive à l'oreille que longtemps après le coup qui l'a produit [...]. En est-il de même pour la lumière, et met-elle un temps plus ou moins long pour venir du soleil jusqu'à nous, ainsi que l'a soutenu Empédocle ? Cette opinion paraît fort rationnelle ; mais cependant elle n'est pas exacte. On peut soutenir la transmission successive et pour l'odeur et pour le son, qui sont certainement des mouvements ; il est impossible d'en dire autant de la lumière : il semble plutôt que la lumière soit une modification d'une certaine espèce que le milieu éprouve simultanément, et c'est là ce qui fait croire qu'il n'y a pas pour elle de transmission successive.

2 Kitāb al-Manāẓir

Au moins jusqu'à al-Haytham, vers l'an mille. Je vous ai déjà parlé de son traité d'optique, le livre fondateur de la discipline. Ce livre, traduit en latin, lui a valu d'être rebaptisé Alhazen, ce qui est un signe de notoriété.

Kitāb al-Manāẓir

Ibn al Haytham (ca 965-1040)

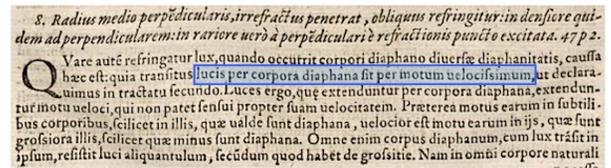


3 transitus lucis per corpora diaphane

Non seulement al-Haytham a d'excellents arguments pour affirmer que la vitesse de la lumière est finie, mais il a une intuition géniale, qu'il explique dans ce passage. L'encadré bleu rappelle ce qu'il a déjà dit plus tôt, à savoir que le transit de la lumière s'effectue dans les corps diaphanes avec un mouvement très rapide. Mais de plus, selon que le corps est plus ou moins transparent, ce transit est plus ou moins rapide, et cela explique le phénomène de réfraction de la lumière quand elle passe d'un corps diaphane à un autre.

transitus lucis per corpora diaphane

Opticæ thesaurus Alhazeni Arabis (1572)

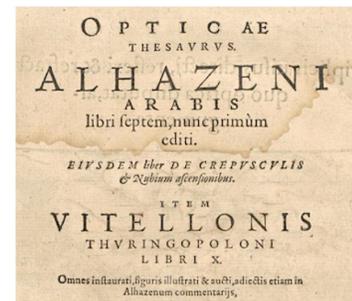


4 Vitellonis thuringopoloni

L'édition que j'ai utilisée date de 1572. Elle regroupe le traité d'al-Haytham, avec celui d'un certain Vitellion, originaire de Thuringe.

Vitellonis thuringopoloni

Opticæ thesaurus Alhazeni Arabis (1572)



5 Wytelo (ca 1230–1290)

Effectivement, Vitellion, ou Wytelo était un savant d'Europe centrale au treizième siècle. Il est un de ceux qui ont transmis le savoir d'al-Haytham, comme son contemporain Roger Bacon en Angleterre. J'ignore pourquoi le manuel d'al-Haytham était regroupé avec celui de Wytelo dans l'édition de 1572, mais Kepler semble en avoir eu connaissance.

Wytelo (ca 1230–1290)

Perspectiva, Biblioteca Vaticana, Urb. Lat. 265

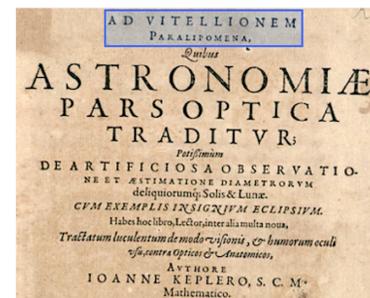


6 Ad Vitellionem Paralipomena

Comme d'habitude dans les pages de titre de l'époque, le contenu est longuement décrit. L'expression encadrée signifie : « Ce que Vitellion a laissé de côté ». Le reste annonce que la partie optique de l'astronomie va être traitée. « Tout particulièrement l'observation dans les règles de l'art, l'évaluation des diamètres et éclipses du Soleil et de la Lune, avec des exemples d'éclipses remarquables. Lecteur, dans ce livre tu as parmi de nombreuses nouveautés, un traité lucide sur les moyens de la vision, l'usage des humeurs de l'œil, à l'encontre des opticiens et des anatomistes. »

Ad Vitellionem Paralipomena

Kepler, Astronomiæ pars optica (1604)



7 Lucis motus non est in tempore

En effet, on trouve beaucoup de choses dans ce livre. En particulier cette proposition 5.

« Le mouvement de la lumière ne se fait pas dans le temps, mais dans l'instant. Car ainsi qu'il est démontré par Aristote dans les livres sur le mouvement, il existe une proportionnalité entre la force motrice et le poids à déplacer. Mais cette force motrice a un rapport infini avec la lumière à déplacer, car la lumière manque de matière par laquelle une résistance pourrait être exercée. Par conséquent, la vitesse de la lumière est infinie, *lucis infinita celeritas est*. »

Il aurait mieux valu que Kepler lise directement al-Haytham plutôt que Wytelo. Venons-en à Descartes. De son propre aveu, ce qu'il sait en optique lui vient de Kepler. On s'attend donc à ce qu'il considère la vitesse de la lumière comme infinie. En gros c'est ce qu'il fait, mais son affirmation n'est pas aussi tranchée que celle de Kepler.

8 une action fort prompte, & fort vive

« Je désire que vous pensiez, que 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 et des autres corps transparents, en même façon que le mouvement ou la résistance des corps, que rencontre cet aveugle, passe vers sa main, par l'entremise de son bâton. Ce qui vous empêchera d'abord de trouver étrange, que cette lumière puisse étendre ses rayons en un instant depuis le Soleil jusqu'à nous. »

S'il nous propose l'analogie avec le bâton de l'aveugle, c'est qu'il est persuadé que l'espace est plein d'une matière qui transmet la lumière. Pour illustrer l'impossibilité du vide, qui remonte à Aristote, il a une analogie plutôt savoureuse : une cuve pleine de raisins après les vendanges.

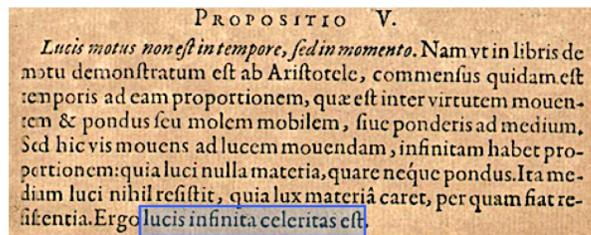
9 Quelque matière fort subtile et fort fluide

« N'y ayant point de vide dans la Nature, ainsi que presque tous les philosophes avouent, et néanmoins y ayant plusieurs pores en tous les corps que nous apercevons autour de nous, ainsi que l'expérience peut montrer fort clairement, il est nécessaire que ces pores soient remplis de quelque matière fort subtile et fort fluide, qui s'étende sans interruption depuis les astres jusqu'à nous. »

Cette matière fort subtile et fort fluide représentée par le jus de raisin, et qui véhicule la lumière, c'est l'éther. Son existence ne sera pas remise en cause avant le début du vingtième siècle.

Lucis motus non est in tempore

Kepler, *Astronomiæ pars optica traditur* (1604)



une action fort prompte, & fort vive

Descartes, *Discours de la méthode* (1637)

leur a esté donné au défaut de la veüe. Et pour tirer vne comparaison de cecy, ie desire que vous pensiez, que la lumiere n'est autre chose dans les corps qu'on nomme lumineux, qu'un certain mouvement, ou vne action fort prompte, & fort vive, qui passe vers nos yeux, par l'entremise de l'air & des autres corps transparents en mesme façon que le mouuement ou la resistentce des corps, que rencontre cet aueugle, passe vers sa main, par l'entremise de son baston. Ce qui vous empeschera d'abord de trouuer estrange, que ceste lumiere puisse estendre ses rayons en vn instant, depuis le soleil jusques à nous: car vous sçaués que l'action,

Quelque matière fort subtile et fort fluide

Descartes, *Discours de la méthode* (1637)



10 velocissima, e direi momentanea

Un an après le Discours de la Méthode, paraissent les « Discours autour de deux nouvelles sciences », de Galilée. Il y pose le problème de la vitesse de la lumière. Son personnage de Salviati décrit une expérience, à réaliser avec deux personnes les plus éloignées possibles, qui agitent des lanternes.

« L'expérience me semble aussi sûre qu'ingénieuse dans sa conception, dit Sagredo. Mais dites-moi, quelles conclusions en avez-vous retirées ?

À vrai dire je ne l'ai exécutée que sur de petites distances, inférieures à un mille, et je n'ai pas pu décider, pour cette raison, si l'apparition de la lumière opposée est instantanée ; si elle ne l'est pas, elle est du moins extrêmement rapide, quasi immédiate, et pour le coup je la comparerais au mouvement de l'éclair. »

Selon Descartes, l'expérience que décrit Galilée ne peut qu'échouer. Il sait pourquoi. Le 11 octobre 1638, il l'écrit à Mersenne.

11 Son expérience est inutile

Son expérience pour savoir si la lumière se transmet en un instant, est inutile. Car les éclipses de la Lune se rapportant assez exactement au calcul qu'on en fait, le prouvent incomparablement mieux que tout ce qu'on saurait éprouver sur Terre.

En fait, Descartes a déjà développé cette raison quatre ans plus tôt, en réponse à un de ses correspondants qui lui proposait une expérience analogue à celle de Galilée. Dans une longue lettre, datée du 22 août 1634, il détaille son argument, qui consiste à dire que si on n'observe pas de décalage sur une éclipse de Lune, c'est que le temps que met la lumière à nous arriver de la Lune n'est pas perceptible. A fortiori, le temps qu'elle met à parcourir n'importe quelle distance terrestre est négligeable.

12 au mesme instant que l'Eclypse paroist

« L'observation exacte qu'en ont fait tous les astronomes, confirmée par une infinité d'expériences, fait assez connaître que si quand la Lune est éclipsée on la voit de la Terre, le Soleil ne doit pas être vu au point opposé une heure auparavant, mais au même instant que l'éclipse paraît. »

L'idée de Descartes était correcte, mais les éclipses de Lune étaient trop proches. Il fallait aller plus loin dans le système solaire, jusqu'à Jupiter.

velocissima, e direi momentanea

Galileo, Discorsi intorno a due nuove scienze (1638)

Sagr. *L'esperienza mi pare d'inuentione non men sicura, che ingegnosa, ma diteci quello che nel praticarla hauete concluso.*
Salu. *Veramente non l'ho sperimentata saluo che in lontananza piccola, cioè manco d'un miglio, dal che non hò potuto assicurarmi se veramente la comparsa del lume opposto sia instantanea ; mà ben se non instantanea, velocissima, e direi momentanea è ella; e per ora l'assimiglieret à quel moto, che veggiamo farsi dallo splen-*

Son expérience est inutile

Descartes, Lettre à Mersenne (11 octobre 1638)

Son expérience pour sçavoir si la lumière se transmet en vn instant, est inutile ; Car les Eclipses de la Lune se rapportant assez exactement au calcul qu'on en fait, le prouue incomparablement mieux que tout ce qu'on sçauroit éprouer sur Terre.

au mesme instant que l'Eclypse paroist

Descartes, Lettre à *** (22 août 1634)

eb Mais l'obseruation exacte qu'en ont fait tous les Astronomes, confirmée par vne infinité d'expériences, fait assez connoistre que si quand la Lune est Eclipsée on la voit de la Terre B au point C, le Soleil ne doit point estre vû en A vne heure auparavant, mais au mesme instant que l'Eclypse paroist. Et le temps d'vne heure est bien plus sensible en

13 Io devant Jupiter

Paradoxalement, c'est Galilée qui a découvert les satellites de Jupiter. En janvier 1610, il observait pour la première fois autour de la planète ces quatre points rapidement mobiles, tantôt devant, tantôt à côté. Plein d'optimisme, il avait proposé de s'en servir d'horloge cosmique pour résoudre le problème des longitudes en mer.

Observer les satellites de Jupiter en mer n'a jamais été praticable, par contre la méthode de Galilée a effectivement été employée pour mesurer des différences de longitude à terre. Le premier test a consisté à mesurer la différence entre Paris et Uraniborg, l'observatoire disparu de Tycho Brahé au Danemark. Si on voulait pouvoir utiliser la masse des observations de Tycho Brahé, il était indispensable de connaître précisément les coordonnées du lieu où elles avaient été faites. Pendant que Jean-Dominique Cassini reste à l'observatoire de Paris, l'abbé Jean Picard se rend au Danemark. L'abbé Picard, vient justement de terminer la première triangulation d'envergure dans le nord de la France.

14 Ole Rømer (1644–1710)

Arrivé à Copenhague en août 1671, il recrute un jeune Danois, Ole Rømer. Rømer se montrera tellement astucieux, et précis dans ses observations, que Picard, convaincu de ses qualités d'astronome, le ramène à l'observatoire de Paris l'année suivante.

À force d'accumuler les observations des éclipses de satellites de Jupiter, Cassini et Rømer remarquent une irrégularité : les éclipses sont en avance quand la Terre est plus proche de Jupiter, en retard quand elle en est éloignée. Rømer fournit la bonne explication, qui paraît en décembre 1676 dans le Journal des Savants.

15 Démonstration touchant le mouvement de la lumière

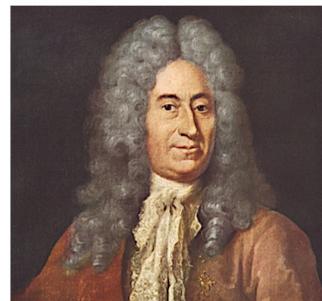
Figure à l'appui, Rømer démontre que le décalage provient de la différence de temps que la lumière met à parvenir à la Terre depuis Jupiter. Oh, il ne convainc pas tout le monde ! Mais un renfort de poids lui arrive, en la personne de Huygens. Il interroge longuement Rømer sur ses observations, et il est conquis. Voici comment il en parle dans son traité de la lumière, paru en 1690.

Io devant Jupiter

Sonde Cassini-Huygens (décembre 2000)

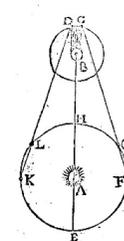


Ole Rømer (1644–1710)



Démonstration touchant le mouvement de la lumière

Journal des Sçavans (7 décembre 1676)



Soit A le Soleil, B Jupiter, C le premier Satellite qui entre dans l'ombre de Jupiter pour en sortir en D, & soit EFGHKL la Terre, placée à diverses distances de Jupiter.

Or supposé que la terre estant en L vers la seconde Quadrature de Jupiter, ait vu le premier Satellite, lors de son émerfion ou sortie de l'ombre en D ; & qu'en fuite environ 42. heures & demie après, sçavoir après une revolution de ce Sa-

16 combien elle emploie de temps

« Mais ce que je n'employais que comme une hypothèse, a reçu depuis peu grande apparence d'une vérité constante, par l'ingénieuse démonstration de M. Rømer que je vais rapporter ici, en attendant qu'il en donne lui même tout ce qui doit servir à la confirmer. Elle est fondée de même que la précédente sur des observations célestes, et prouve non seulement que la lumière emploie du temps à son passage, mais aussi fait voir combien elle emploie de temps. »

En effet, même si Rømer n'avait pas donné d'évaluation chiffrée de la vitesse de la lumière, celle-ci était possible. Cela n'échappe pas à Newton, qui publie son *Optique* en 1704.

combien elle emploie de temps

Huygens, *Traité de la lumière* (1690)

Mais ce que je n'employois que comme une hypothèse, a receu depuis peu grande apparence d'une vérité constante, par l'ingenieuse demonstration de M^r. Romer que je vay rapporter icy, en attendant qu'il en donne lui mesme tout ce qui doit servir à la confirmer. Elle est fondée de mesme que la precedente sur des observations celestes, & prouve non seulement que la lumiere employe du temps à son passage, mais aussi fait voir combien elle employe de temps.

17 about seven of eight minutes of an hour

« La lumière se propage dans le temps depuis les corps lumineux, et il lui faut environ sept ou huit minutes pour venir du Soleil à la Terre.

Ceci fut observé d'abord par Romer, et ensuite par d'autres, au moyen des éclipses des satellites de Jupiter. Car ces éclipses, quand la Terre est entre le Soleil et Jupiter, se produisent environ sept ou huit minutes plus tôt qu'elles ne devraient selon les tables. Et quand la Terre est au-delà du Soleil, elles se produisent environ sept ou huit minutes plus tard qu'elles ne devraient. »

Sept ou huit minutes, ce n'est pas encore très précis.

about seven of eight minutes of an hour

Newton, *Opticks* (1704)

PROP. XI.
Light is propagated from luminous Bodies in time, and spends about seven or eight minutes of an hour in passing from the Sun to the Earth.
This was observed first by Romer, and then by others, by means of the Eclipses of the Satellites of Jupiter. For these Eclipses, when the Earth is between the Sun and Jupiter, happen about seven or eight minutes sooner than they ought to do by the Tables, and when the Earth is beyond the Sun they happen about seven or eight minutes later than they ought to do; the reason being, that

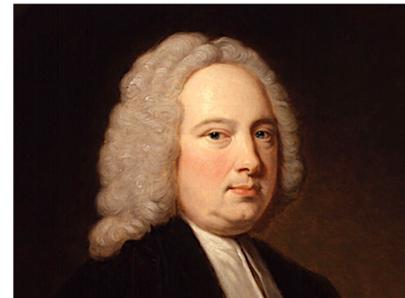
18 James Bradley (1693–1762)

Un net progrès va venir en 1728, avec James Bradley. Comme Picard dans les années 1680, Bradley avait observé, dès 1725, que la position apparente d'une étoile variait faiblement au cours du temps. Il lui faudra plusieurs années pour en comprendre la raison : c'est dû au mouvement de la Terre, et c'est même la première preuve concrète de ce mouvement.

Dix ans plus tard, Clairaut décrit le phénomène.

James Bradley (1693–1762)

Aberration stellaire annuelle (1728)



19 on trouve environ huit minutes et demi

« M. Bradley à qui on la doit, et plusieurs autres habiles astronomes qui l'ont examinée après lui, l'ont confirmée par leurs observations, dont il résulte que le rapport de la vitesse de chaque corpuscule de lumière à la vitesse de la Terre dans son orbite, est celui de dix millions à 969. Calculant donc combien de temps il faudrait à un corpuscule de lumière pour venir du Soleil à nous avec cette vitesse, on trouve environ 8 minutes et demi. »

Cette fois-ci, l'évaluation est correcte, et précise. On a désormais, un moyen fiable de mesurer la vitesse de la lumière.

on trouve environ huit minutes et demi

Clairaut, *Sur les explications cartésienne et newtonienne...* (1739)

M. Bradley à qui on la doit, & plusieurs autres habiles Astronomes qui l'ont examinée après lui, l'ont confirmée par leurs observations, dont il résulte que le rapport de la vitesse de chaque corpuscule de Lumière à la vitesse de la Terre dans son Orbite, est celui de 10000000 à 969. Or si la lumière de toutes ces Étoiles se meut avec cette vitesse, il est naturel de croire qu'il en est de même de celle du Soleil. Calculant donc combien de temps il faudroit à un corpuscule de lumière pour venir du Soleil à nous avec cette vitesse, on trouve environ 8 minutes $\frac{1}{2}$, ce qui est à peu-près le milieu entre 7 minutes que M. Roëmer avoit trouvées par ses premières observations, & 11 minutes qu'il avoit trouvées par d'autres.

20 François Arago (1786–1853)

Ce moyen, Arago va le mettre en œuvre pour une série d'expériences qui visent à étudier la variation de la lumière provenant des étoiles, en fonction du mouvement de la Terre.

Arago, c'est ce jeune savant qui est parti à 20 ans mesurer la ligne méridienne de Barcelone aux îles Baléares. Il est revenu trois ans plus tard après avoir séjourné des mois entiers comme prisonnier dans la Catalogne en guerre, sillonné la Méditerranée, visité l'Algérie. Ses expériences sur la lumière, il les avait commencées avant son périple, et reprises dès son retour. Mais son mémoire n'est paru qu'en 1853, peu avant sa mort.

François Arago (1786–1853)



21 Mémoire sur la vitesse de la lumière (1810–1853)

« La détermination de la vitesse prodigieuse avec laquelle se meut la lumière dans l'espace est, sans contredit, un des plus beaux résultats de l'astronomie moderne. Les anciens croyaient cette vitesse infinie, etc. . . Cette opinion fut ensuite combattue par Alhazen, dans son traité d'optique, mais seulement par des raisonnements métaphysiques. » Nous n'allons pas continuer, Arago vous raconte ce que vous savez déjà.

Vous voyez dans le titre, que ce mémoire a été lu à la première Classe de l'Institut, le 10 décembre 1810. Or il ne paraît qu'en 1853. Ce qui s'est passé, Arago l'explique dans la note de bas de page.

Mémoire sur la vitesse de la lumière (1810–1853)

François Arago (1786–1853)

PHYSIQUE. — *Mémoire sur la vitesse de la lumière, lu à la première Classe de l'Institut, le 10 décembre 1810; par M. ARAGO (1).*

La détermination de la vitesse prodigieuse avec laquelle se meut la lumière dans l'espace est, sans contredit, un des plus beaux résultats de l'astronomie moderne. Les anciens croyaient cette vitesse infinie; et leur manière de voir n'était pas, à cet égard, comme sur tant d'autres questions de physique, une simple opinion dénuée de preuves; car Aristote, en la rapportant, cite à son appui la transmission instantanée de la lumière du jour. Cette opinion fut ensuite combattue par Alhazen, dans son *Traité d'optique*, mais seulement par des raisonnements métaphysiques auxquels

22 l'influence de la vitesse de la lumière sur la réfraction

« À peine revenu d'Afrique, en 1809, je me livrai fort jeune encore, j'avais vingt-trois ans, à diverses expériences relatives à l'influence de la vitesse de la lumière sur la réfraction. Le résultat de mon travail fut communiqué à la première Classe de l'Institut, le 10 décembre 1810. Ce résultat, quoique très-différent de celui auquel je m'étais attendu, excita quelque intérêt. M. Laplace me fit l'honneur de le mentionner [...]. Notre illustre doyen, M. Biot, voulut bien aussi le citer [...]. Je crus dès lors que je pouvais me dispenser de publier mon Mémoire. »

Le résultat très différent de celui auquel il s'était attendu, laisse tout le monde perplexe : la vitesse de la lumière ne dépend pas de celle de l'observateur. Tout le monde s'attendait à ce que la vitesse augmente quand la Terre se dirige vers l'étoile visée, qu'elle diminue quand elle s'en éloigne. Or, aucune différence n'est détectée. Arago le premier, mais aussi Laplace, Delambre, Biot, chacun s'interroge.

l'influence de la vitesse de la lumière sur la réfraction

Arago, Mémoire sur la vitesse de la lumière (1810–1853)

À peine revenu d'Afrique, en 1809, je me livrai fort jeune encore, j'avais vingt-trois ans, à diverses expériences relatives à l'influence de la vitesse de la lumière sur la réfraction. Le résultat de mon travail fut communiqué à la première Classe de l'Institut, le 10 décembre 1810. Ce résultat, quoique très-différent de celui auquel je m'étais attendu, excita quelque intérêt. M. Laplace me fit l'honneur de le mentionner [...]. Notre illustre doyen, M. Biot, voulut bien aussi le citer [...]. Je crus dès lors que je pouvais me dispenser de publier mon Mémoire.

23 l'éther dans les corps solides

« Depuis cette époque, ce travail étant devenu le point de départ des recherches expérimentales et théoriques qui ont été faites ou projetées dans divers pays, sur l'état dans lequel se trouve l'éther dans les corps solides, j'ai été invité, à plusieurs reprises, à le publier ; mais le *Mémoire s'étant égaré*, je ne pouvais pas déférer à ce vœu. Il y a peu de jours qu'en rangeant mes papiers par ordre de matière, on y a retrouvé le *Mémoire original de 1810*. »

Il est possible aussi qu'Arago n'ait pas été particulièrement pressé en 1810, de publier un résultat... négatif, totalement contre-intuitif, et que personne ne savait vraiment expliquer. Même Fresnel, l'étoile montante de la théorie de la lumière en France, est perplexe. Arago lui a soumis le problème et son début d'explication, voici sa réponse.

24 Lettre de M. Fresnel à M. Arago (1818)

« Lettre de M. Fresnel à M. Arago, sur l'influence du mouvement terrestre dans quelques phénomènes d'optique.

Mon cher ami, Par vos belles expériences sur la lumière des étoiles, vous avez démontré que le mouvement du globe terrestre n'a aucune influence sensible sur la réfraction des rayons qui émanent de ces astres. On ne peut expliquer ce résultat remarquable, dans le système de l'émission, qu'en supposant que les corps lumineux impriment aux molécules de lumière une infinité de vitesses différentes, et que ces molécules n'affectent l'organe de la vue qu'avec une seule de ces vitesses. »

En 1818, Fresnel est en train de mettre au point la théorie ondulatoire de la lumière, qui s'oppose à la théorie corpusculaire en vigueur depuis Newton. Il tente une explication alambiquée pour cette infinité de vitesses différentes, mais il ne donne pas l'impression d'y croire lui-même.

25 Hippolyte Fizeau (1819–1896)

Vient ensuite un autre protégé d'Arago, Hippolyte Fizeau. En 1848, il a adapté à la lumière les observations de Doppler sur le son : au contraire de leur vitesse, la fréquence des ondes lumineuses dépend de la vitesse de l'observateur.

l'éther dans les corps solides

Arago, *Mémoire sur la vitesse de la lumière* (1810–1853)

Depuis cette époque, ce travail étant devenu le point de départ des recherches expérimentales et théoriques qui ont été faites ou projetées dans divers pays, sur l'état dans lequel se trouve l'éther dans les corps solides, j'ai été invité, à plusieurs reprises, à le publier ; mais le *Mémoire s'étant égaré*, je ne pouvais pas déférer à ce vœu. Il y a peu de jours qu'en rangeant mes papiers par ordre de matière, on y a retrouvé le *Mémoire original de 1810*.

Lettre de M. Fresnel à M. Arago (1818)

Augustin Fresnel (1788–1827)

LETTRE de M. Fresnel à M. Arago, sur l'influence du mouvement terrestre dans quelques phénomènes d'optique.

« MON CHER AMI,

» Par vos belles expériences sur la lumière des étoiles, vous avez démontré que le mouvement du globe terrestre n'a aucune influence sensible sur la réfraction des rayons qui émanent de ces astres. On ne peut expliquer ce résultat remarquable, dans le système de l'émission, comme vous l'avez fait observer, qu'en supposant que les corps lumineux impriment aux molécules de lumière une infinité de vitesses différentes, et que ces molécules n'affectent l'organe de la vue qu'avec une seule de ces vitesses, ou du moins entre des limites très-rapprochées,

Hippolyte Fizeau (1819–1896)



26 Mesures de la vitesse de la lumière (1849–1859)

Fizeau collabore avec Léon Foucault (celui du pendule de Foucault) et met au point des appareils pour mesurer la vitesse de la lumière directement sur Terre, et non plus à partir d'observations astronomiques. Voici l'un de ces appareils.

Quelle que soit la méthode, Fizeau obtient toujours le même résultat : la vitesse de la lumière semble indépendante des mouvements de l'observateur.

Voyez le début de son mémoire de 1859.

Mesures de la vitesse de la lumière (1849–1859)

Hippolyte Fizeau (1819–1896)



27 Sur une méthode propre à rechercher... (1859)

« Sur une méthode propre à rechercher, si l'azimut de polarisation du rayon réfracté, est influencé par le mouvement du corps réfringent.

L'existence de l'éther lumineux paraît aujourd'hui si bien établie, et le rôle que ce milieu, universellement répandu, peut jouer dans la nature, semble devoir être si considérable, que l'on a lieu de s'étonner du petit nombre de phénomènes encore connus, dans lesquels il se révèle avec certitude. »

En effet, on ne le lui fait pas dire.

Sur une méthode propre à rechercher... (1859)

Hippolyte Fizeau (1819–1896)

PHYSIQUE. — *Sur une méthode propre à rechercher, si l'azimut de polarisation du rayon réfracté, est influencé par le mouvement du corps réfringent. Essai de cette méthode; par M. H. FIZEAU. (Extrait par l'auteur.)*

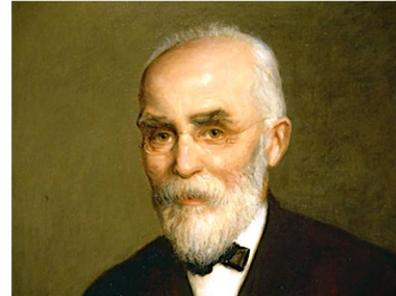
(Renvoi à la Section de Physique.)

« L'existence de l'éther lumineux paraît aujourd'hui si bien établie, et le rôle que ce milieu, universellement répandu, peut jouer dans la nature, semble devoir être si considérable, que l'on a lieu de s'étonner du petit nombre de phénomènes encore connus, dans lesquels il se révèle avec certitude. On peut entrevoir cependant, que les plus grands progrès pour les

28 Hendrik Antoon Lorentz (1853–1928)

Au moment où Fizeau s'interroge sur la réalité de l'éther en 1859, Hendrik Lorentz est un petit garçon de Arnhem, aux Pays-Bas. Plus tard, lui aussi va se lancer sur le problème.

Hendrik Antoon Lorentz (1853–1928)

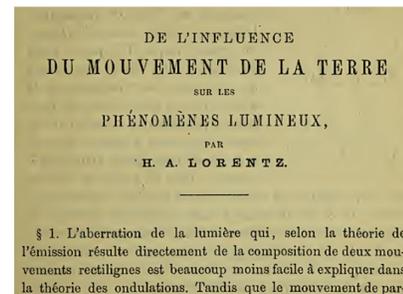


29 De l'influence du mouvement de la Terre (1887)

Cet article date de 1887. « De l'influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes lumineux. » Lorentz y cite tous ses prédécesseurs : Arago, Fresnel, Fizeau, Doppler. Il cite aussi un Américain, récemment venu sur le devant de la scène par ses expériences sur la vitesse de la lumière. Il s'appelle Michelson.

De l'influence du mouvement de la Terre (1887)

Hendrik Antoon Lorentz (1853–1928)



30 Expérience de Michelson-Morley (juillet 1887)

En juillet de la même année, Michelson et Morley, tous deux professeurs à la Case Western Reserve University de Cleveland, réalisent une nouvelle expérience, qui comme toutes celles qui ont précédé, prouve une fois de plus que la vitesse de la lumière est invariante. Cette expérience va en quelque sorte servir de déclencheur pour Lorentz, et pour tous ceux qui, au même moment, commencent à accepter que la vitesse de la lumière pourrait bien être, non seulement une constante, mais encore une limite infranchissable.

31 Henri Poincaré (1854–1912)

Par ses travaux sur l'électromagnétisme, par la transformation qui porte son nom, Lorentz fait figure de précurseur de la relativité. On oublie souvent qu'au même moment, la réflexion théorique de Poincaré le portait aux mêmes conclusions.

32 Albert Einstein (1879–1955)

Dans les premières années du vingtième siècle, la relativité était une idée en l'air. Pourtant, il est juste que le nom d'Einstein lui soit resté attaché. D'une part sa formulation était la plus générale et la plus précise. D'autre part, c'est bien lui qui l'a étendue dans les années qui ont suivi, en une théorie générale de la gravitation, un exploit comparable à celui de Newton deux siècles plus tôt.

Enfin, comment peut-on publier à 26 ans, en quelques mois, trois articles majeurs sur trois sujets totalement différents, dont chacun aurait pu lui valoir un prix Nobel ? Cela ne vous rappelle pas l'année miraculeuse de Newton ?

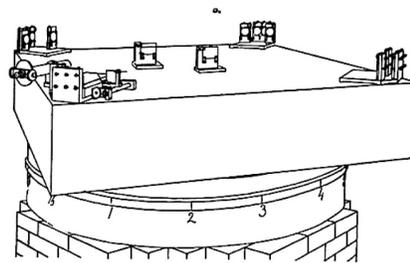
33 références

Vous savez quoi, je viens de vérifier, Einstein, avait déjà fait une apparition comme guest star dans trois histoires, il fallait bien en dire plus. Je ne me voyais pas quitter l'astronomie sans vous parler de relativité, même si elle n'était pas très mathématique en l'occurrence.

Voilà maintenant que je me mets à me justifier de vous raconter ce que je vous raconte. Après tout, rien ne vous obligeait à écouter, pas vrai ? Mais bon, ça me fait quand même plaisir que vous l'ayez fait, merci.

Expérience de Michelson-Morley (juillet 1887)

Albert A. Michelson (1852–1931) Edward Morley (1838–1923)

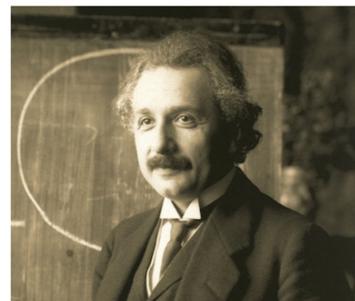


At each corner of the stone were placed four mirrors dd ee
fig. 4. Near the center of the stone was a plane-parallel glass b .

Henri Poincaré (1854–1912)



Albert Einstein (1879–1955)



références

- J. Eisenstaedt, M. Combes (2011) Arago et la vitesse de la lumière (1806-1810), un manuscrit inédit, une nouvelle analyse, *Revue d'histoire des sciences*, 64(1), 59–120
- J.-P. Icikovics dir. (1995) *Comment on a réussi à mesurer la vitesse de la lumière*, Science et Vie, Hors Série n° 25
- M. Paty (2002) Poincaré, Langevin et Einstein, *Épistémologiques*, 1-2, 33–73
- G. Rodis Lewis (1998) Quelques remarques sur la question de la vitesse de la lumière chez Descartes, *Revue d'histoire des sciences*, 51(2-3), 347–354
- A. I. Sabra (1978) *Theories of light from Descartes to Newton*, Cambridge : University Press
- R. Taton dir. (1978) *Røemer et la vitesse de la lumière*, Paris : Vrin