

L'histoire de la vitesse de la lumière

Robert Garnier, observatoire de Lyon
avec la complicité de Georges Paturel

Le troisième et dernier épisode de cette histoire nous décrit en détail l'expérience de la roue dentée de Fizeau et celle du miroir tournant de Foucault. Robert Garnier nous dépeint le contexte historique de ces travaux qui permettent les premières déterminations expérimentales de la vitesse de la lumière.

5 - Enfin les premières mesures directes de la vitesse de la lumière.

Lorsque Hippolyte Fizeau et Léon Foucault effectuent les premières déterminations expérimentales de la vitesse de la lumière, la question du choix entre les modèles corpusculaire et ondulatoire semble être devenue obsolète. Le modèle de Fresnel a fini par s'imposer en sorte que l'expérience qu'Arago espérait décisive a perdu beaucoup de son intérêt. Il ne s'agit donc plus, à l'horizon 1848, de comparer les vitesses de propagation de la lumière dans deux milieux d'indices différents. Il y a, croyons-nous, tout lieu de penser qu'on en serait resté là, si Arago n'avait introduit Fizeau et Foucault à l'Observatoire de Paris. Il convient en effet de remarquer que les développements de l'optique d'alors qui s'inscrivent dans le droit fil de la théorie de Fresnel ne font jamais appel à la valeur de la vitesse de la lumière. Pour voir les choses évoluer, il faudra attendre l'année 1865 avec la publication par James Clerk Maxwell (1831-1879) de la théorie électromagnétique de la lumière et l'éclatante confirmation expérimentale qu'en apportera Heinrich Hertz en 1887 avec sa découverte des ondes électromagnétiques. A l'appui de notre thèse, soulignons qu'en ce milieu du dix-neuvième siècle, rien n'indique qu'il y ait eu une quelconque compétition entre savants pour la première détermination expérimentale de la vitesse de la lumière. Fizeau et Foucault semblent bien avoir agi en solitaires.

Étranges destins en vérité que ceux de Leon Foucault (1819-1868) et de Hippolyte Fizeau (1819-1896) que l'histoire de la physique a toujours associés. Lorsque l'on évoque la mesure de la vitesse de la lumière ne cite-t-on pas toujours conjointement la roue dentée de Fizeau et le miroir tournant de Foucault, comme si décidément ces deux expériences, l'une et l'autre également historiques, mais profondément différentes dans leur principe, ne formaient que les deux volets d'une seule et même expérience. Il est évident que les deux protagonistes de notre histoire ont beaucoup plus d'un point commun. Qu'ils soient nés la même année, à quelques jours d'intervalle, peu importe, ce n'est pas cela qui les a rapprochés. En matière de sciences physiques l'un et l'autre sont des "amateurs" qui, s'ils ne sont pas issus des Grandes Écoles, ne se révèlent pas moins être des autodidactes de talent et des bricoleurs de génie. Ce qui les a rapprochés au début des années 1840, c'est une passion commune pour la photographie naissante. Il serait fastidieux d'énumérer tous les travaux issus d'une collaboration qui se poursuivra sans faille jusqu'en 1848, date à laquelle Fizeau publie sous son seul nom un mémoire portant sur la comparaison des impressions produites par les ondes sonores et lumineuses sur un observateur en mouvement relatif, c'est-à-dire sur ce qu'on appellera plus tard l'effet Doppler-Fizeau.

L'histoire est muette sur les raisons qui sont à l'origine de cette séparation. Il est possible qu'ils aient décidé de résoudre chacun de leur côté le problème de la détermination de la vitesse de la lumière. Quoi qu'il en soit, Fizeau et Foucault qui restent discrets sur ce sujet et demeurent en bons termes ne tarderont pas à se retrouver sur les bancs de l'Académie.

Ni Foucault, ni Fizeau n'occupent de position officielle et n'ont d'emploi rémunéré. L'un comme l'autre financent leurs recherches en faisant appel aux deniers familiaux. Ce n'est qu'en 1854, donc postérieurement à sa mesure de la vitesse de la lumière et à la mort d'Arago que Foucault sera pourvu par Napoléon III d'un poste de physicien à l'Observatoire de Paris, poste créé spécialement pour récompenser ses mérites. Quant à Fizeau, il deviendra membre du Bureau des Longitudes seulement en 1878, soit quinze ans après que le décès de son épouse ne soit venu jeter une ombre sur son existence et tarir quelque peu sa créativité scientifique. Au cours de la période 1840-1845, Fizeau et Foucault publient dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences une série d'articles traitant de ce que l'on appelle alors les "images daguerriennes", c'est-à-dire de la photographie. Ils proposent un certain nombre d'améliorations qui permettent de réduire d'un facteur cent la durée d'exposition et d'obtenir des clichés à l'épreuve du temps. En septembre 1845 ils attirent l'attention sur eux en obtenant la première photographie du disque solaire révélant en particulier l'assombrissement centre-bord. Arago perçoit immédiatement l'impact que de tels progrès peuvent avoir sur l'astronomie et il envisage le moment désormais proche où le cliché photographique constituera le document fiable et par suite incontournable de l'observation astronomique. Il introduit donc les deux amis à l'Observatoire où Léon Foucault, nommé physicien par un décret impérial de février 1855 se trouve bientôt en charge à la suggestion de Urbain Le Verrier (1811-1877), de parfaire les miroirs. Son travail aboutira plus tard (1857) au remplacement des miroirs sphériques métalliques, peu réfléchissants et pourvus d'aberrations par des miroirs paraboliques en verre sur les-

quels une fine argenture est déposée par voie chimique. Pour parvenir à ce résultat, il mettra au point un procédé de retouches locales encore utilisé de nos jours. Les performances des télescopes s'en trouveront décuplées ce qui ouvre des espoirs nouveaux pour l'étude du ciel profond. Mais surtout Arago fait partager au tandem Fizeau-Foucault ce qu'il considère comme sa grande idée, la comparaison des vitesses de la lumière dans deux milieux d'indices différents.

Est-ce que Fizeau et Foucault travaillaient ensemble sur l'expérience imaginée par Arago ? C'est possible mais on manque d'informations pour une raison bien simple : cette expérience n'ayant jamais abouti, elle n'a jamais fait l'objet de compte rendu officiel. Une chose est certaine, et c'est Foucault qui en fait part, Arago n'a pas ménagé sa peine. Les principales difficultés s'avérant d'ordre mécanique, il a fait appel à l'un des orfèvres en matière de mécanique de précision de l'époque, Louis Bréguet (1804-1883), horloger qui s'est spécialisé dans la réalisation d'instruments scientifiques. Mais quelles que soient sa créativité et son habileté, Bréguet ne parvient pas à surmonter toutes les difficultés qui se font jour à mesure qu'avance le projet. Sans qu'ils n'en fassent jamais état, il est vraisemblable que Fizeau et Foucault qui sont eux mêmes des expérimentateurs hors pairs ont compris qu'avec l'expérience proposée par Arago on a atteint les limites de ce qui est techniquement possible à la fin des années 1840. L'un et l'autre ont fini par se convaincre que l'on se trouve dans une impasse et qu'il faut donc aborder le problème autrement. Pour qui connaît la fécondité de ce qu'a été leur collaboration jusqu'ici et leur amitié, il semblerait logique de les voir aborder conjointement un problème qui les passionne d'autant plus qu'il perçoivent bien que l'on atteint là les frontières du réalisable. Entrevoient-ils chacun de leur côté une approche différente de la question et entendent-ils poursuivre chacun dans la voie entrevue ? L'histoire ne le dit pas, mais ce qui est sûr c'est que dès les premiers mois de l'année 1850, d'un commun accord, ils mettent un terme à leur fructueuse collaboration scientifique. Lorsqu'on re-

garde l'histoire d'un peu plus près en prêtant attention à la chronologie des événements, on s'aperçoit que la première mesure de la vitesse de la lumière par Fizeau au moyen de la roue dentée remonte aux premiers jours de l'été 1849. Elle est donc antérieure au moment où les deux amis décident de se séparer et comme la mise au point de cette expérience ne s'est pas faite du jour au lendemain, tout porte à croire qu'il y avait déjà un certain temps que le projet était dans l'air et cela Foucault ne pouvait pas l'ignorer. Comment se fait-il que ce soit au moment précis où leur collaboration soit la plus prometteuse que leurs chemins se mettent à diverger ? Ne perdons pas de vue que nos deux personnages ne travaillent pas dans un même laboratoire. S'ils se rencontrent très souvent, c'est pour échanger des idées ou rédiger des rapports mais, n'appartenant à aucune institution officielle, ils expérimentent chacun de leur côté, à leur domicile respectif. Rien d'étonnant donc à ce qu'ils aient cherché à "personnaliser" leur recherche. En 1849 Fizeau focalise son activité sur la roue dentée alors que Foucault achève la mise au point de son régulateur pour la lumière émise par l'arc électrique et illumine la place de la Concorde.

6 - L'expérience de Fizeau (1849)

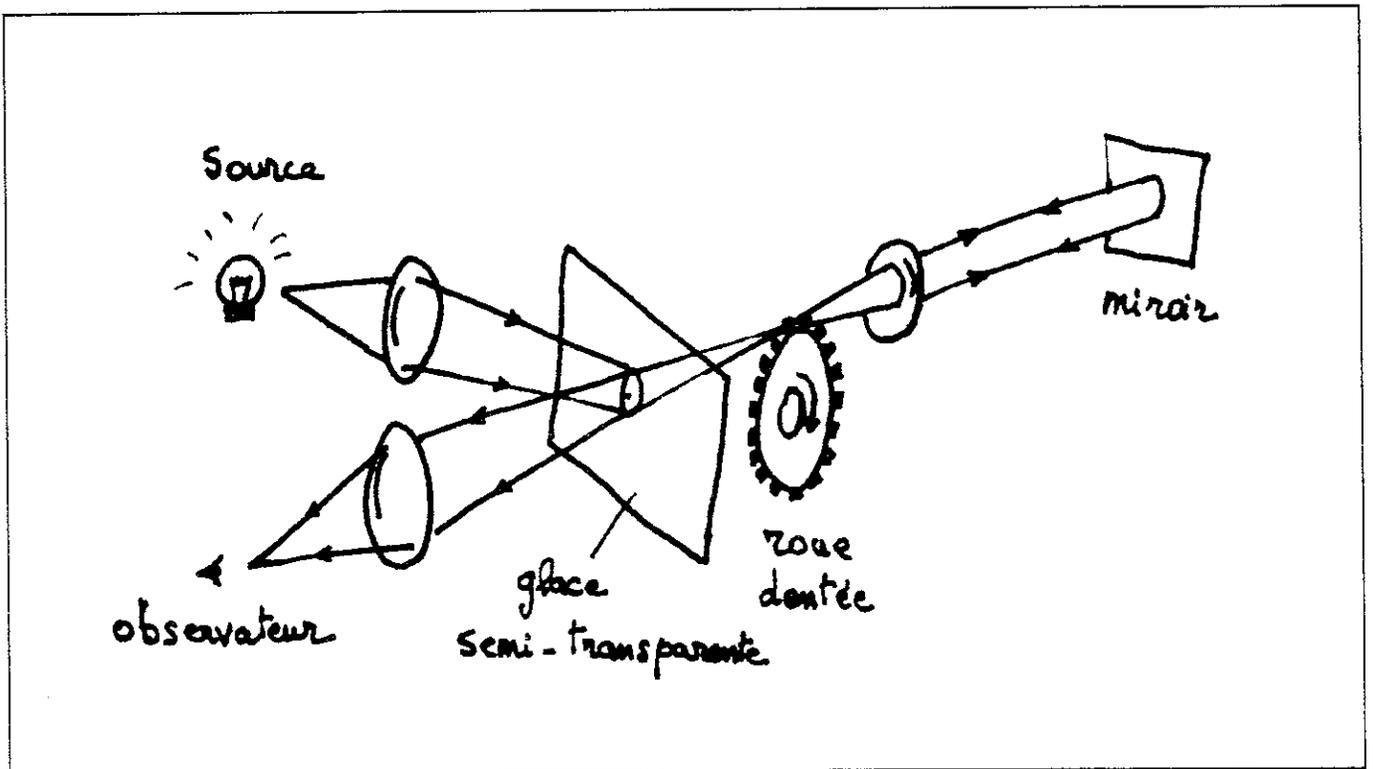
Fizeau n'a jamais dit ni écrit comment lui est venue l'idée de piéger la lumière au moyen d'une roue dentée. Dans sa "Notice sur l'oeuvre scientifique de Fizeau", son élève et continuateur Alfred Cornu (1841-1902) se souvenant de conversations avec son maître, formule à ce sujet un certain nombre d'hypothèses. Ce qui est certain, c'est que l'année précédant cette fameuse mesure, donc en 1848, Fizeau travaille sur les ondes acoustiques et ce qu'on appellera plus tard l'effet Doppler Fizeau. Au cours de cette étude, il est conduit à utiliser une sirène du type de celle développée par le physicien français Félix Savart (1791-1841), appareil comportant une roue dentée tournant devant un ajustage qui fait face à la couronne de dents. Lorsque la roue tourne, le jet d'air émis par l'ajustage est haché périodiquement et la sirène émet un son d'autant plus aigu que la roue tourne plus vite.

C'est à cette occasion que la roue dentée fait son entrée dans la vie de Fizeau, mais de là à conclure que c'est la sirène de Savart qui est la source de son inspiration pour la mesure de la vitesse de la lumière, il y a un pas que nous ne franchirons pas.

Le principe de la mesure de la vitesse de la lumière au moyen de ce que la tradition désigne sous le nom de "méthode de la roue dentée" est décrite avec précision dans d'innombrables manuels. Si dans son principe elle est relativement simple, sa réalisation pratique, comme nous le montrerons plus tard,

La solution du problème est immédiate, la lumière a parcouru une distance $2D$ dans le temps t' nécessaire à la roue pour se décaler d'une demi-dent. Si ce temps t' est un peu plus long ou un peu plus court que t , le faisceau de retour reparait. Toute la difficulté consiste donc à fabriquer une roue munie d'une denture d'une régularité aussi parfaite que possible et à en régler la vitesse de rotation de manière à maintenir l'extinction du faisceau de retour et ce sont précisément ces deux choses qui, en 1849, relèvent de la prouesse technique.

regrettable lacune car lorsque ce dernier réalise sa première détermination de la vitesse de la lumière entre Suresnes et Montmartre, Froment est bien à ses côtés et il ne semble pas que son rôle soit celui d'un simple spectateur. Lorsqu'en décembre de la même année, Foucault rend compte de l'expérience dans le "Journal des Débats", il associe les deux noms et il écrit : "La publication de ce travail dû à Messieurs Fizeau et Froment est un grand événement dans la science" et Arago ne s'y trompe pas davantage puisque, dès le mois de novembre, il a obtenu la légion d'honneur et pour Fizeau et pour Froment.



n'allait pas sans poser de sérieux problèmes techniques dont la solution, à l'époque, était loin d'être évidente. Si t est le temps nécessaire à la lumière pour aller d'une source lumineuse S à un miroir M éloigné d'une distance D et revenir à la source S est identique au temps t' mis par la roue dentée R pour avancer d'une demi-dent, et si d'autre part, les creux entre les dents pleines de la roue ont même largeur que les dents, tout rayon lumineux transmis à l'aller, à un moment où le point P se trouve dans un creux, rencontre une dent au retour. Dans ce cas précis, l'observateur O qui regarde le faisceau de retour dans la lame semi-réfléchissante L , ne perçoit aucun signal lumineux.

Pour réaliser sa roue dentée et le mécanisme destiné à en assurer la rotation, Fizeau s'adresse à Gustave Froment (1815-1865), l'un des plus habiles constructeurs d'instruments de précision de son temps. Ce choix n'est pas anodin. En effet, Froment, dès 1844, et c'est une première, utilise à des fins industrielles, un moteur électrique alimenté par une pile, pour entraîner les machines à diviser dont il se sert dans la fabrication de ses instruments de précision. A la fin des années 1840, il est de loin le plus compétent pour satisfaire aux besoins de Fizeau. L'histoire n'a pas cru bon d'associer à la méthode de "la roue dentée" le nom de Froment à celui de Fizeau et il y a peut être là une

A partir de leur expérience de l'été 1849, Fizeau et Froment estiment la vitesse de la lumière à 315 000 kilomètres par seconde. C'est une valeur légèrement supérieure à celles fournies jusque-là par les observations astronomiques. Tous deux sont parfaitement conscients qu'il ne s'agit que d'un début, un indiscutable succès certes puisque tout a marché du premier coup, mais qui a mis en évidence la difficulté de maintenir constante la vitesse de rotation de la roue dentée.

Ce n'a pas été sans peine que l'extinction du signal de retour a pu être obtenue. La mise au point d'un dispositif plus précis se révélera d'ailleurs

plus laborieuse que ne l'imaginent pour le moment Fizeau et Froment. En ce qui concerne la mesure de la vitesse de la lumière proprement dite, il serait exagéré de dire que cette expérience révolutionne les données de la physique ; elle ne change aucun ordre de grandeur et ne semble que confirmer les résultats obtenus antérieurement par les astronomes. En fait elle marque un tournant dans l'histoire des sciences en ce sens que c'est la première fois que la lumière est en quelque sorte "piégée" et on serait même tenté de dire "domptée". Les retombées ne seront pas immédiates, puisque Fizeau ne reprendra pas à son compte l'idée d'Arago qui était pourtant à l'origine du projet. Il en laissera le soin à Foucault. Il semble qu'il faille attendre 1887 et les travaux de Heinrich Hertz qui, en établissant entre autre l'identité des vitesses de propagation de la lumière et des ondes électromagnétiques apportera une contribution décisive à la confirmation de la théorie de Maxwell. Mais ce que Fizeau ne peut présenter au moment où il publie son résultat, c'est le rôle qui sera dévolu à la vitesse de la lumière moins d'une cinquantaine d'années plus tard où elle sera alors à l'origine d'une complète remise en question des concepts fondamentaux de la physique.

7 - Foucault réalise l'expérience d'Arago (1850).

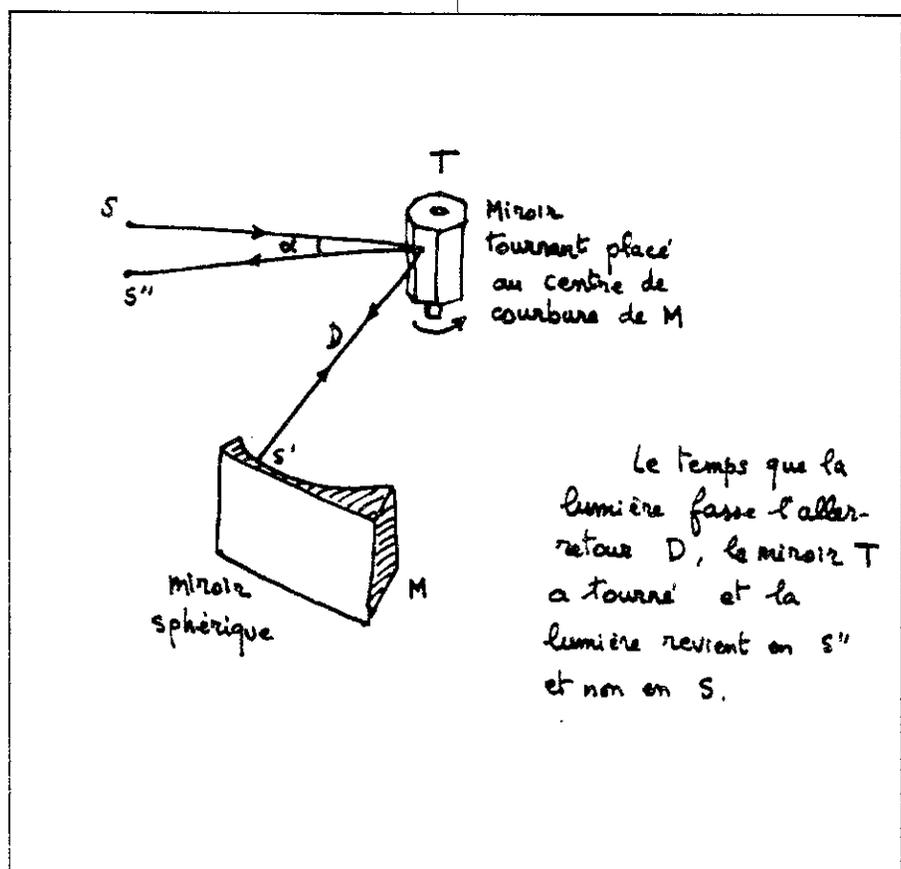
Lorsque, en 1850, Léon Foucault reprend l'expérience proposée par Arago douze ans auparavant, il met à profit un certain nombre d'innovations techniques. Jusqu'ici l'obstacle principal résidait dans l'impossibilité d'imprimer au miroir tournant une rotation suffisamment rapide pour donner des faisceaux émergents deux images nettement séparées. Foucault a l'idée d'entraîner le miroir tournant, non par un mécanisme classique, mais au moyen d'une petite turbine alimentée en vapeur d'eau par l'intermédiaire d'un "surchauffeur". Il en confie la réalisation à l'incontournable Gustave Froment. Une difficulté imprévue ne tarde pas à se manifester : au delà d'une vitesse de rotation de 200 tours par seconde, la couche réfléchissante du miroir obtenue par un étamage traditionnel au mercure ne résiste pas. Le problème est rapidement résolu par un dénommé Radiguet, l'opticien qui fournit Foucault en miroirs. Celui-

ci fait appel à une technique qui commence à être appliquée commercialement et qui n'est autre que le procédé classique d'argenture lequel conservera la faveur des astronomes jusqu'à l'apparition de l'aluminium.

Le 27 avril 1850, Léon Foucault assisté de Froment et de Radiguet réalise donc à son domicile parisien l'expérience d'Arago. La vitesse de rotation du miroir atteint 512 tours par seconde, performance suffisante pour mettre en évidence le fait que le signal transmis par l'eau présente un décalage angulaire plus grand que celui transmis par l'air. Interprété en termes physiques, cela signifie que la lumière se propage plus rapidement dans l'air que dans l'eau. C'est bien le résultat prédit par la théorie ondulatoire et on serait tenté de dire que cette expérience met un point final à la controverse entre les partisans du modèle ondulatoire et ceux du modèle corpusculaire, si ces derniers ne représentaient plus en 1850 qu'une très faible minorité. Lorsque Arago avait suggéré cette expérience, les idées de Fresnel ayant déjà fait bon nombre d'adeptes il aurait fallu, pour qu'elle ait un impact décisif, pouvoir la réaliser aussitôt ce qui s'avèrait impossible pour les raisons techniques évoquées plus haut.

Il n'en reste pas moins vrai que cet exploit de Foucault et des autres participants restera parmi les plus grands succès de la physique du dix-neuvième siècle.

Il convient d'insister sur le fait que, bien que cette expérience fasse appel à un miroir tournant, elle n'a rien à voir avec celle que traditionnellement on appelle la "méthode du miroir tournant" que Foucault ne mettra au point que douze années plus tard. En 1850, l'expérience reste purement qualitative et ne débouche sur aucune estimation de la vitesse absolue de la lumière. Ce n'est d'ailleurs pas le but recherché. Il est également intéressant de comparer la longueur des bases utilisées respectivement par Fizeau et par Foucault. Le premier se sert du trajet Suresnes-Montmartre-Suresnes, soit une distance d'environ 17 kilomètres, alors que le second réalise son expérience dans un laboratoire installé au premier étage de l'appartement de Madame Foucault-mère donc avec une base n'excédant pas quelques mètres. Force est donc bien de convenir qu'en l'espace d'une année, la technique des pièges à lumière a singulièrement progressé et ce ne sera pas sans incidence sur la suite de l'histoire.



Foucault n'envisage pas d'en rester là, et dans la foulée il projette, toujours au moyen de la technique du miroir tournant, d'aborder le problème de la détermination de la vitesse absolue de la lumière. Il travaille à améliorer son dispositif, en particulier en ce qui concerne la précision du contrôle de la rotation du miroir. Mais voilà que dès janvier 1851, un nouveau démon s'empare de lui ; il abandonne son laboratoire, descend dans sa cave, y installe un pendule et regarde "tourner" la Terre. La suite..., c'est le "pendule de Foucault", installé à l'Observatoire de Paris d'abord puis sous la coupole du Panthéon grâce à la générosité du Prince-Président et à l'ingéniosité de Gustave Froment. Ce sera ensuite le gyroscope en 1852 et la théorie des mouvements gyroscopiques qui seront suivis par ses travaux concernant l'amélioration des télescopes. Il faudra attendre le début des années 1860 pour voir Foucault remettre sur le métier son projet de mesure de la vitesse absolue de la lumière.

En 1861 Le Verrier, alors directeur de l'Observatoire de Paris, dégage des crédits destinés à permettre à Foucault de reprendre ses travaux relatifs à la mesure de la vitesse de la lumière et celui-ci va faire appel à deux collaborateurs, Gustave Froment, bien sûr et Aristide Cavaillé-Coll (1811-1899). Ce dernier, curieusement n'appartient ni au monde de la physique ni à celui de l'industrie naissante, c'est un facteur d'orgues déjà bien connu à l'époque. D'aucuns se demanderont ce qu'un facteur d'orgues peut bien faire à l'Observatoire et quelle contribution ses talents professionnels sont susceptibles d'apporter à la nouvelle expérience entreprise par Foucault. En 1850 le miroir tournant était entraîné par une turbine à vapeur mais ce dispositif avait montré ses limites. Cavaillé-Coll, lui, est de par ses activités, spécialiste en matière de soufflerie et, à la demande de Foucault, il imagine et construit une soufflerie à haute pression qui assurera la rotation de la turbine solidaire de l'axe du miroir tournant. Il s'agit d'ailleurs de la turbine construite par Froment pour l'expérience de 1850 mais en 1862, la régularité de la rotation consécutive à ce dernier perfectionnement, régularité désormais contrôlée avec toute la précision nécessaire par stroboscopie est incontestablement

supérieure à ce qu'elle était alors. Autre amélioration apportée à l'expérience de 1850, la longueur du trajet lumineux est portée à une vingtaine de mètres grâce à un ensemble de miroirs fixes. Si l'on compare les technologies utilisées respectivement par Fizeau en 1849 et par Foucault en 1862, les progrès accomplis par l'instrumentation entre ces deux dates sont tout simplement considérables.

Tout comme la roue dentée de Fizeau, le miroir tournant de Foucault appartient au patrimoine historique de la physique et cette expérience réalisée en septembre 1862 a fait l'objet d'innombrables descriptions dans tous les manuels d'optique. Aussi nous limiterons-nous à en donner le principe. La lumière émise par une source S est réfléchi par un miroir tournant T, dont l'axe de rotation coïncide avec le centre de courbure d'un miroir sphérique concave M. Une lentille L donne de cette source une image S' qui se forme sur le miroir concave. Lorsque le miroir T tourne, l'image S' balaye le miroir M. Si le miroir tournant n'existait pas, cette image se formerait en un point S₁ sur la circonférence C de centre T et de rayon D = TM. Lorsque la lumière réfléchi à l'aller sur le miroir T revient sur celui-ci après réflexion sur le miroir sphérique M, il s'écoule un temps t, celui nécessaire à la lumière pour franchir la distance 2D. Au cours de cet intervalle de temps, le miroir T a tourné d'un certain angle β et il donne de S' une image S₂ située sur la circonférence C. La séparation angulaire α entre les deux images S₁ et S₂ a une valeur double de celle de l'angle β . Si T tourne avec une vitesse constante, l'angle β garde une valeur constante et il en est de même pour l'angle α et l'image S₂ reste fixe pendant que l'image S' balaye le miroir concave M. Au retour les rayons, lumineux réfléchis traversent la lentille L et forment de la source S une image S'' qu'une lame semi-réfléchissante rejette sur le côté. De la mesure de l'angle α , Foucault peut déduire à partir de considérations géométriques élémentaires, la vitesse de la lumière qu'il trouve égale à 298 000 kilomètres par seconde. Cette valeur est plus proche de celle déterminée de nos jours par des méthodes plus modernes que la valeur obtenue par Fizeau, qui pendant

plusieurs années continue à utiliser sa roue dentée. Ce faisant, il attribue à la lumière une vitesse supérieure à 300 000 kilomètres par seconde pouvant même atteindre 315 000 kilomètres par seconde lors de certains essais. La raison de cette surestimation de la vitesse de la lumière par Fizeau réside essentiellement dans la difficulté qu'il y a pour l'opérateur de déterminer visuellement le moment où l'intensité lumineuse reçue est minimale. Il aurait fallu pour remédier à cet inconvénient que Fizeau puisse disposer d'un détecteur de lumière impersonnel, photoélectrique par exemple, mais de tels détecteurs ne feront leur apparition que beaucoup plus tard. Quant à Foucault, il a l'avantage d'avoir mis au point une méthode reposant avant tout sur des mesures angulaires lesquelles, en 1862, ne posent plus de problèmes techniques majeurs.

Les déterminations expérimentales de la vitesse de la lumière, que ce soit celle de Fizeau ou celle de Foucault, ont un impact immédiat sur la connaissance de l'échelle des distances en astronomie.

Jusqu'au milieu du dix-neuvième siècle, la distance de la Terre au Soleil, c'est-à-dire l'Unité-Astronomique, sur la connaissance de laquelle reposent encore aujourd'hui toutes les mesures de distance dans l'univers, n'est connue qu'indirectement, à partir de la détermination de la parallaxe de Mars (Cassini en 1672) et de l'observation des transits de Vénus sur le disque solaire (méthode proposée par Edmund Halley au dix-septième siècle et mise en oeuvre lors des transits de 1761 et 1769). A cette époque on attribue à l'Unité-Astronomique une valeur de l'ordre de 146 millions de kilomètres. C'est un résultat remarquablement précis, compte tenu des difficultés rencontrées pour l'obtenir. Ce qu'il est intéressant de souligner, c'est que dès lors que la vitesse de la lumière est connue avec précision, s'offre la possibilité de déterminer la distance Terre-Soleil, d'une manière qui n'est plus tributaire de mesures angulaires puisqu'on va faire appel à un résultat tout nouveau en physique : l'effet Doppler-Fizeau.

Le 22 septembre 1862 Foucault présente à l'Académie des Sciences un mémoire relatif à sa mesure de la vitesse

se de la lumière et une semaine plus tard exactement, Jacques Babinet (1794-1872), alors astronome-adjoint au Bureau des Longitudes, annonce devant le même auditoire qu'à partir de la mesure de Foucault, il est parvenu à une détermination précise de la distance Terre-Soleil. Adeptes de la spectroscopie naissante, alors qu'elle n'est pas encore entrée dans les laboratoires, il accorde une attention particulière aux spectres solaire et stellaires et n'ignore rien des travaux de Fizeau concernant les décalages spectraux résultant du mouvement relatif de la source lumineuse et de l'observateur. Observant le spectre d'une étoile, il constate que ses raies subissent une variation périodique de longueur d'onde avec une période égale à une année. Ce phénomène qui atteint son amplitude maximale si l'étoile est contenue dans le plan de l'écliptique, résulte de la variation de la vitesse radiale de l'étoile par rapport à la Terre lorsque celle-ci décrit son orbite autour du Soleil. De l'étude de ce décalage, il est possible à partir de considérations géométriques de déduire que la vitesse de la Terre sur son orbite est de 29,78 kilomètres par seconde. Si l'on suppose en première approximation que le mouvement de la Terre autour du Soleil est circulaire et uniforme, on peut, connaissant la durée de l'année solaire de calculer la longueur de l'orbite terrestre et donc son rayon. Dans la conclusion de son rapport, Babinet n'hésite pas à écrire que le travail de Foucault ouvre la voie à un remaniement des distances, des dimensions, des masses et des volumes de tous les éléments du système solaire.

8 - Après Fizeau et Foucault l'aventure continue.

Hippolyte Fizeau formule un certain nombre de réserves concernant le résultat obtenu par son ami Foucault. Toutes concernent l'utilisation du miroir tournant au sujet duquel

Fizeau se pose certaines questions dans le détail desquelles nous n'entrerons pas, questions qui ne dépasseront pas le stade de leur formulation puisqu'à la suite du décès de son épouse survenu en 1863, il se retire dans son château de Venteuil et réduit considérablement son activité scientifique, passant le relais à son disciple favori, un brillant polytechnicien du nom d'Alfred Cornu (1841-1902).

A l'aube des années 1870, il est établi que la vitesse de la lumière est comprise entre 298 000 kilomètres par seconde (détermination de Foucault) et 312 000 kilomètres par seconde (valeur déduite de l'observation des éclipses des satellites de Jupiter avec les moyens de l'époque). En 1870, Cornu emprunte une réplique réalisée par Froment lui-même de la roue dentée utilisée par Fizeau quelques vingt ans plus tôt pour sa première détermination de la vitesse de la lumière. Il y apporte un certain nombre de modifications d'ordre technique qui toutes ont pour but d'améliorer la perception du moment exact où se produisent les éclipses, perception qui, rappelons-le, constitue le point faible de la mesure de 1849. Dès l'année suivante (1871), Cornu qui pense avoir résolu les problèmes en suspens, reprend l'expérience de la roue dentée avec une base de 10 310 mètres, entre l'École Polytechnique et le Mont-Valérien. Il parvient à un résultat de 298 500 kilomètres par seconde, donc très voisin de celui annoncé par Foucault avec son miroir tournant. Il semble donc qu'à ce moment, les résultats fournis par les deux méthodes "concurrentes" convergent et attribuent à la vitesse de la lumière une valeur inférieure aux fatidiques 300 000 kilomètres par seconde.

Source bibliographique :
Archives de l'Académie des Sciences. ■

Solutions des exercices Thalès et les éclipses de Soleil (p. 26).

Exercice 1 : on trouve environ 373 000 km. On peut remarquer que les quotients que l'on écrit sont égaux à environ 400 ou $1/400$, le Soleil étant 400 fois plus gros que la Lune et 400 fois plus éloigné.

Exercice 2 : il faut d'abord calculer LS (TS - TL) puis utiliser une équation d'inconnue OL. On trouve alors 376 800 km environ. L'éclipse est bien totale d'autant plus que l'observateur en France sera plus proche de la Lune que le centre de la Terre.
On aurait pu sans faire trop d'erreur assimiler OS à TS. On obtenait alors le même résultat à 10 km près. Mais il n'est pas facile à un élève de collège de comprendre pourquoi on peut utiliser une telle approximation.

Un "9" sans coquille : dur ! Alors trois...

Errata pour "1999" dans le n° 84 p. 25, avec les excuses de la rédaction.

1ère ligne : lire 17 387; 2ème ligne : lire {1997 : 1999} ; 11ème ligne : lire les 20 autres ;
14ème ligne : supprimer 44, 41, 14 ainsi que 44, 35, 27,
puis lire 42, 40, 23 ; 17ème ligne : lire (47 + 42 j) (47 + 42 j²).