
Membres de l'Académie des sciences depuis sa création : Hippolyte Fizeau

Sur les hypothèses relatives à l'éther lumineux, et sur une expérience qui paraît démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans leur intérieur

Extrait d'un mémoire de H. Fizeau. C.R. T.33 (1851) 349-355



qui se trouvent à peu de distance de Bogotà, soit par l'influence de la lumière solaire plus ou moins active. On conçoit, en effet, qu'en *Tierra caliente*, où la température est très-élevée, la décomposition de l'acide carbonique par les parties vertes des végétaux doit s'opérer d'une manière bien plus rapide que sur le plateau de Bogota où la température, comme on le sait, n'est que de 14 à 18 degrés centigrades.

» En voyant cette quantité énorme d'acide carbonique apparaître ainsi de temps en temps dans l'air du Nouveau-Monde, en considérant le grand nombre de volcans qui existent dans ce pays et qui en exhalent, comme on sait, une quantité considérable, il sera peut-être permis de croire qu'une partie de l'acide carbonique de l'air leur est due, et qu'ils contribuent ainsi pour leur part à nourrir cette végétation des tropiques si belle, si riche et si rapide dans son développement. »

PHYSIQUE. — *Sur les hypothèses relatives à l'éther lumineux, et sur une expérience qui paraît démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans leur intérieur; par M. H. FIZEAU.* (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Arago, Pouillet, Babinet.)

« Plusieurs théories ont été proposées pour rendre compte du phénomène de l'aberration dans le système des ondulations. Fresnel d'abord, et plus récemment MM. Doppler, Stokes, Challis et plusieurs autres, ont publié des travaux importants sur ce sujet; mais il ne paraît pas qu'aucune des théories proposées ait reçu l'assentiment complet des physiciens. En effet, en l'absence de notions certaines sur les propriétés de l'éther lumineux et sur ses rapports avec la matière pondérable, il a fallu faire des hypothèses, et, parmi celles qui ont été proposées, il en est de plus ou moins probables, mais aucune qui puisse être considérée comme démontrée.

» Ces hypothèses peuvent se réduire à trois principales. Elles se rapportent à l'état dans lequel on doit considérer l'éther qui existe dans l'intérieur d'un corps transparent:

» Ou l'éther est adhérent et comme fixé aux molécules du corps, et partage, par conséquent, les mouvements qui peuvent être imprimés à ce corps;

» Ou bien l'éther est libre et indépendant, et n'est pas entraîné par le corps dans ses mouvements;

» Ou, enfin, par une troisième hypothèse, qui participe de l'une et de

l'autre, une portion seulement de l'éther serait libre, l'autre portion serait fixée aux molécules du corps et partagerait seule ses mouvements.

» Cette dernière hypothèse, que l'on doit à Fresnel, a été conçue dans le but de satisfaire à la fois au phénomène de l'aberration et à une expérience célèbre de M. Arago, par laquelle il avait été démontré que le mouvement de la Terre est sans influence sur la réfraction que la lumière des étoiles subit dans un prisme.

» On peut considérer la valeur que, pour chacune de ces hypothèses, il faut attribuer à la vitesse de la lumière dans les corps, lorsqu'on suppose ces corps en mouvement. La valeur de cette vitesse peut être changée par le fait du mouvement.

» Si l'on suppose que l'éther est entraîné en totalité avec le corps, la vitesse de la lumière devra être augmentée de toute la vitesse du corps, le rayon étant supposé dirigé dans le sens du mouvement.

» Si l'éther est supposé libre, la vitesse de la lumière ne sera nullement altérée.

» Enfin, si une partie seulement de l'éther est entraînée, la vitesse de la lumière sera augmentée, mais d'une fraction seulement de la vitesse du corps, et non pas de la totalité, comme dans la première hypothèse. Cette conséquence n'est pas aussi évidente que les précédentes, mais Fresnel a fait voir qu'elle peut être appuyée sur des considérations mécaniques très-probables.

» Bien que la vitesse de la lumière soit énorme comparativement aux vitesses que nous pouvons imprimer aux corps, nous possédons aujourd'hui des moyens d'observation si délicats, qu'il a paru possible de déterminer, par une expérience directe, quelle est en réalité l'influence du mouvement des corps sur la vitesse de la lumière.

» On doit à M. Arago une méthode fondée sur le phénomène des interférences, et qui est propre à mettre en évidence les plus petites variations dans les indices de réfraction des corps. Les observations de MM. Arago et Fresnel, sur la différence de réfraction qui existe entre l'air sec et l'air humide, ont montré la sensibilité extraordinaire de ce moyen d'observation.

» C'est en adoptant le même principe, et joignant le double tube de M. Arago à l'appareil des deux lunettes conjuguées que j'avais employé pour une détermination de la vitesse absolue de la lumière, que j'ai pu étudier directement dans deux milieux, l'air et l'eau, les effets du mouvement d'un corps sur la lumière qui le traverse.

» Je vais essayer d'indiquer, sans le secours d'une figure, quelle était la

marche de la lumière dans cette expérience. Du foyer d'une lentille cylindrique, les rayons solaires pénétraient presque aussitôt dans la première lunette par une ouverture latérale très-voisine de son foyer. Une glace transparente, dont le plan faisait avec l'axe de la lunette un angle de 45 degrés, les envoyait par une réflexion dans la direction de l'objectif.

» En sortant de l'objectif, les rayons, devenus parallèles entre eux, rencontraient une double fente, dont chaque ouverture correspondait à l'entrée de l'un des tubes. Un faisceau de rayons très-étroit pénétrait ainsi dans chaque tube, et le traversait dans toute sa longueur (1^m, 487).

» Les deux faisceaux, toujours parallèles entre eux, atteignaient l'objectif de la seconde lunette, s'y réfractaient, et, par l'effet de cette réfraction, allaient se réunir à son foyer. Là ils rencontraient le plan réfléchissant d'un miroir perpendiculaire à l'axe de la lunette, et subissaient une réflexion qui les renvoyait en arrière vers l'objectif; mais, par l'effet de cette réflexion, les rayons avaient échangé leur route, de sorte que celui qui était à droite auparavant se trouvait à gauche après la réflexion, et réciproquement. Après avoir traversé de nouveau l'objectif et être ainsi redevenus parallèles entre eux, ils pénétraient une seconde fois dans les tubes; mais, comme ils étaient intervertis, celui qui avait passé par l'un des tubes en allant, passait par l'autre tube au retour.

» Après leur second trajet à travers les tubes, les deux faisceaux traversaient de nouveau la double fente, rentraient dans la première lunette et venaient enfin interférer à son foyer en passant à travers la glace transparente. Là ils formaient par leur action mutuelle des franges d'interférence que l'on observait avec un oculaire portant des divisions à son foyer.

» Il fallait que les franges fussent très-larges afin de pouvoir apprécier de petites fractions de la largeur d'une frange. J'ai trouvé que l'on obtient ce résultat, tout en conservant une grande intensité de lumière, en plaçant au devant de l'une des fentes une glace épaisse que l'on incline de manière à voir les deux fentes par l'effet de la réfraction, comme si elles étaient plus rapprochées qu'elles ne le sont en réalité. On peut ainsi donner aux franges des dimensions variables et choisir celle qui est la plus convenable pour les observations. Le double trajet de la lumière avait pour but d'augmenter la longueur parcourue dans le milieu en mouvement, et en outre de compenser entièrement l'influence d'une différence accidentelle de température ou de pression entre les deux tubes, d'où aurait pu résulter un déplacement des franges qui se serait mêlé au déplacement que le mouvement pouvait produire, et en aurait rendu l'observation incertaine.

» Il est facile de voir, en effet, que dans cette disposition tous les points situés sur le chemin de l'un des rayons sont également sur le chemin de l'autre, de sorte qu'un changement de densité en un point quelconque du trajet agit de la même manière sur les deux rayons, et ne peut, par conséquent, avoir aucune influence sur la position des franges. On s'est assuré que la compensation est en effet totale, en plaçant une glace épaisse devant une seule des deux fentes ou bien en remplissant d'eau un seul des tubes, l'autre étant plein d'air. Aucune de ces deux épreuves n'a donné lieu au moindre changement dans la position des franges.

» Relativement au mouvement, on voit, au contraire, que les deux rayons sont soumis à des influences opposées.

» Si l'on suppose, en effet, que dans le tube situé à droite, de l'eau coule vers l'observateur, celui des deux rayons qui viendra de la droite aura parcouru le tube dans le sens du mouvement, tandis que le rayon venant de la gauche l'aura parcouru dans un sens contraire à celui du mouvement.

» En faisant mouvoir l'eau dans les deux tubes à la fois, et en sens contraire pour chacun d'eux, on voit que les effets doivent s'ajouter. Ce double courant étant produit, on peut encore en renverser le sens à la fois dans les deux tubes, et l'effet doit encore être doublé.

» Tous ces mouvements de l'eau étaient produits d'une manière très-simple, chaque tube étant en communication par deux embranchements situés près de ses extrémités avec deux réservoirs en verre dans lesquels on exerçait alternativement une pression au moyen de l'air comprimé. Sous l'influence de cette pression, l'eau passait d'un réservoir dans l'autre en traversant le tube dont les deux extrémités étaient fermées par des glaces. Le diamètre intérieur des tubes était de 5^{mm},3, leur longueur de 1^m,487. Ils étaient en verre.

» La pression sous laquelle l'écoulement de l'eau avait lieu pouvait dépasser deux atmosphères. La vitesse était calculée en divisant le volume de l'eau écoulée en une seconde, par l'aire de la section du tube. Je dois dire, afin de prévenir une objection qui pourrait être faite, que l'on a apporté une grande attention à éviter l'effet des mouvements accidentels que la pression et le choc de l'eau auraient pu produire. Ainsi les deux tubes et les réservoirs où se faisaient les mouvements de l'eau étaient soutenus par des supports indépendants des autres parties de l'appareil et notamment des deux lunettes; il n'y avait donc que les tubes seuls qui pussent éprouver quelque mouvement accidentel : or le raisonnement et l'expérience

ont montré que les mouvements ou flexions des tubes seuls étaient sans influence sur la position des franges.

» Voici maintenant ce qui a été observé :

» *Lorsque l'eau est mise en mouvement, les franges sont déplacées*, et, suivant que l'eau se meut dans un sens ou dans l'autre, le déplacement a lieu vers la droite ou vers la gauche.

» *Les franges sont déplacées vers la droite*, lorsque l'eau est chassée en avant de l'observateur dans le tube situé à sa droite, et vers l'observateur dans le tube situé à sa gauche.

» *Les franges sont déplacées vers la gauche*, lorsque le sens du courant, dans chaque tube, a lieu dans une direction opposée à celle qui vient d'être définie.

» Avec une vitesse de l'eau égale à 2 mètres par seconde, le déplacement est déjà bien sensible; avec des vitesses de 4 à 7 mètres, il est parfaitement mesurable.

» Après avoir constaté l'existence du phénomène, j'ai cherché à en déterminer la valeur numérique avec toute l'exactitude qu'il était possible d'obtenir.

» En appelant déplacement simple celui qui se produit lorsque l'eau d'abord en repos vient à être mise en mouvement, et déplacement double, celui qui se produit lorsque le mouvement vient à être changé en un mouvement contraire, on a trouvé, par une moyenne déduite de dix-neuf observations assez concordantes, 0,23 pour le déplacement simple, ce qui donne 0,46 pour le déplacement double, la largeur d'une frange étant prise pour l'unité. La vitesse de l'eau était de 7^m,069 en une seconde.

» Ce résultat est ensuite comparé à ceux que l'on déduit par le calcul des diverses hypothèses relatives à l'éther.

» Dans la supposition de l'éther entièrement libre et indépendant du mouvement des corps, le déplacement devrait être nul.

» Dans l'hypothèse où l'éther serait uni aux molécules des corps, de manière à partager leurs mouvements, le calcul donne, pour le déplacement double, la valeur 0,92. L'observation a donné un nombre moitié plus faible, ou 0,46.

» Dans l'hypothèse où l'éther serait partiellement entraîné, suivant la théorie de Fresnel, le calcul donne 0,40, c'est-à-dire un nombre très-voisin de celui qui a été trouvé par l'observation, et la différence entre ces deux valeurs serait très-probablement moindre encore s'il eût été possible d'introduire dans le calcul de la vitesse de l'eau une correction qu'il a fallu

négliger faute de données suffisamment précises, et qui est relative à l'inégale vitesse des différents filets liquides; en estimant la valeur de cette correction de la manière la plus probable, on voit qu'elle tend à augmenter un peu le nombre théorique, et à rapprocher encore sa valeur du résultat de l'observation.

» Une expérience semblable à celle que je viens de rapporter avait été faite antérieurement avec l'air en mouvement, et j'avais constaté que *le mouvement de l'air ne produit aucun déplacement sensible dans les franges*. Dans les circonstances où cette expérience a été faite, et avec la vitesse de 25 mètres par seconde, qui était celle du mouvement de l'air, on trouve, dans l'hypothèse où l'éther serait entraîné, que le déplacement double devait être 0,82.

» Suivant l'hypothèse de Fresnel, le même déplacement devait être seulement 0,000465, c'est-à-dire tout à fait insensible. Ainsi l'immobilité apparente des franges dans l'expérience faite avec l'air en mouvement est tout à fait d'accord avec la théorie de Fresnel.

» C'est après avoir constaté ce fait négatif, et en cherchant à l'expliquer dans les diverses hypothèses relatives à l'éther, de manière à satisfaire en même temps au phénomène de l'aberration et à l'expérience de M. Arago, qu'il m'a paru nécessaire d'admettre, avec Fresnel, que le mouvement des corps donne lieu à un changement dans la vitesse de la lumière, et que ce changement de vitesse est plus ou moins grand pour les différents milieux suivant l'énergie avec laquelle ces milieux réfractent la lumière, en sorte qu'il est considérable dans les corps très-réfringents, et très-faible dans ceux qui réfractent peu, comme l'air.

» Il résultait de là que si les franges n'étaient pas déplacées lorsque la lumière traversait l'air en mouvement, on devait, au contraire, avoir un déplacement sensible en faisant l'expérience avec l'eau, dont l'indice de réfraction est beaucoup plus considérable que celui de l'air.

» Une expérience due à M. Babinet et mentionnée dans le tome IX des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, paraissait en contradiction avec l'hypothèse d'un changement de vitesse conforme à la loi de Fresnel. Mais en considérant les circonstances de cette expérience, j'ai remarqué l'existence d'une cause de compensation qui doit rendre insensible l'effet dû au mouvement. Cette cause réside dans la réflexion que la lumière subit dans cette expérience; en effet, on peut démontrer que, lorsque deux rayons ont entre eux une certaine différence de marche, cette différence est altérée par l'effet de la réflexion sur un miroir en mouvement :

or, en calculant séparément les deux effets dans l'expérience de M. Babinet, on trouve qu'ils ont des valeurs sensiblement égales et de signes contraires.

» Cette explication rendait encore plus probable l'hypothèse du changement de vitesse, et une expérience faite dans l'eau en mouvement m'a paru tout à fait propre à décider la question avec certitude.

» Le succès de cette expérience me semble devoir entraîner l'adoption de l'hypothèse de Fresnel, ou du moins de la loi qu'il a trouvée pour exprimer le changement de la vitesse de la lumière par l'effet du mouvement des corps; car bien que cette loi se trouvant véritable, cela soit une preuve très-forte en faveur de l'hypothèse dont elle n'est qu'une conséquence, peut-être la conception de Fresnel paraîtra si extraordinaire, et, sous quelques rapports, si difficile à admettre, que l'on exigera d'autres preuves encore et un examen approfondi de la part des géomètres, avant de l'adopter comme l'expression de la réalité des choses. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Addition à une précédente communication sur la maladie de la vigne; par M. LETELLIER.* (Extrait.)

(Commission précédemment nommée.)

« On a récemment attribué la maladie de la vigne à un *Acarus*. J'ai souvent vu cet animal microscopique sur les feuilles de vigne, sur celles de groseilliers dans des jardins fort éloignés de ceps malades. Ses œufs, mêlés aux détritiques de moisissures, m'ont paru une fois si nombreux, que je croyais presque à la découverte d'un *Erysiphe* microscopique, quand le passage d'*Acarus* m'a détrompé, et cependant les feuilles n'offraient aucune trace d'altération; mais je ne l'ai jamais rencontré sur les grains malades. D'ailleurs, comment admettre : 1° que des êtres connus depuis plus d'un siècle n'aient jamais produit cette maladie jusqu'à l'année dernière; 2° que des individus microscopiques puissent produire de tels ravages quand les pucerons ne font presque rien aux plantes qu'ils couvrent entièrement, quand des insectes dévorent la partie supérieure, la chlorophylle des charmes sans autre lésion, etc.; 3° que la même espèce occasionne deux maladies aussi différentes que l'endurcissement, la déchirure et l'arrêt de développement du raisin, et le ramollissement putride sans suspension de développement de la pomme de terre dont la tige peut être fort malade sans que le tubercule s'en ressente le moins du monde, ainsi qu'on a pu le remarquer sur tous les champs de notre vallée; 4° que l'épuisement de la tige n'agisse