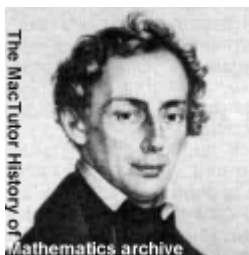
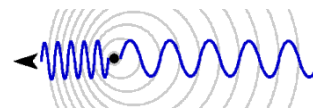


## JOHANN CHRISTIAN DOPPLER (1803- 1853) : DE L'EFFET DOPPLER A NOS APPLICATIONS, HOMMAGE A UN PHYSICIEN A QUI NOTRE COMMUNAUTE DOIT BEAUCOUP.



P. Gicquel\*

\*Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales  
Centre de Palaiseau  
Chemin de la Hunière, 91761 Palaiseau cedex, France



En juillet 2003 j'ai participé à Moscou à l'OMFI (Optical Methods of Flow Investigation), conférence russe qui correspond à notre CFVL et qui est aussi organisée tous les deux ans. La séance d'ouverture fut marquée par une intervention du Professeur B. Rinkevichius consacrée au bicentenaire de la naissance de J. C. Doppler. A l'exemple de nos amis russes j'ai pensé que notre communauté francophone se devait également de rendre hommage à ce brillant physicien à qui notre communauté scientifique doit beaucoup.

Ce n'est donc pas une présentation scientifique que je vais vous faire ici. Il est parfois sain de sortir de nos montages optiques et de nos traitements de signaux pour revenir aux sources, fussent-elles historiques. Un historien disait « le présent n'a d'avenir que dans la connaissance du passé ». Cet interlude historico-scientifique s'inscrit dans cette perspective et n'a aucune autre prétention.

Mais tout d'abord rendons à Doppler ce qui appartient à Doppler et chauvinisme francophone oblige, à Fizeau, ce qui appartient à Fizeau. En effet si aujourd'hui la paternité de l'effet qui porte son nom est définitivement accordée à J. C. Doppler, il est la plupart du temps accolé à celui de H. Fizeau, tant est si bien qu'une exploration rapide sur n'importe quel moteur de recherche de la toile cybernétique mondiale fait le plus souvent référence à l'effet Doppler-Fizeau.

Alors un hommage à qui ? Nous sommes en 2004 me direz-vous et donc le bicentenaire de la naissance de Doppler n'est plus d'actualité. Quant à Fizeau, comme il est né en 1819 il faudra attendre le congrès CFVL de 2020 ! Mettons donc de côté ce décalage temporel et revenons aux origines de notre sujet au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle.

Johann Christian Doppler naît en 1803 à Salzbourg. D'origine modeste, il montre très tôt dans ses études des facilités pour les mathématiques et est soutenu par l'astronome Simon Stampfer qui l'oriente vers l'Institut Polytechnique de Vienne où il étudie de 18 à 21 ans. Il rentre alors à Salzbourg et poursuit seul ses études de physique et de mathématiques. De retour à Vienne en 1829, il occupe le poste d'assistant en mathématiques. Désespérant d'obtenir sa titularisation, il décide en 1835 d'émigrer aux Etats-Unis quand le lycée de Prague lui propose d'enseigner les mathématiques à l'école technique en 1841 puis la mécanique à l'Académie des Mines de Schemnitz en 1847. En 1848, il revient à Vienne puis devient professeur de physique expérimentale à l'Institut Polytechnique où il avait reçu ses premiers enseignements. En 1850 il prend la direction du nouvel Institut de Physique. Il meurt malheureusement 3 ans plus tard à Venise d'une maladie du foie.

Doppler est resté célèbre dans l'histoire des sciences et de la physique pour avoir décrit l'effet qui porte son nom. Il remarque que lorsqu'une source sonore se déplace vers un observateur la fréquence de l'onde augmente. Le son monte alors dans les aigus. Inversement, une source qui s'éloigne produit un son plus grave. Dans son article initial, de 1842, Doppler calcula cette variation d'abord dans le cas où l'un des deux se meut vers l'autre. Puis, en 1846, il traita le cas où les deux, source et observateur, sont en mouvement.

La première vérification expérimentale fut réalisée en 1845 à Utrecht aux Pays-Bas sous la direction de Buys-Ballot. Une locomotive est lancée sur des rails avec à son bord des trompettistes. Etait-ce un clin d'œil sonore à la ville natale de Doppler, Salzbourg et à son illustre musicien : Mozart ? Les notes issues du wagon furent comparées à celles produites par d'autres musiciens restés sur le bord de la voie. Cette expérience permit alors de découvrir que les équations de Doppler étaient vérifiées.

Passons maintenant à Hippolyte Fizeau. Il naît en 1819 à Paris dans une famille bourgeoise. Destiné d'abord, à l'exemple de son père professeur de médecine, à suivre la carrière médicale, il doit y renoncer pour des raisons de santé. Ce fut peut être dommageable pour la médecine mais grandement profitable pour la physique discipline à laquelle il s'adonna alors avec passion. Il a tout juste 20 ans quand il s'intéresse aux travaux de Daguerre sur la photographie et perfectionne les daguerréotypes. A l'occasion de ces travaux il rencontre Léon Foucault avec qui il va collaborer pendant plusieurs années. Cette collaboration leur permet en particulier d'obtenir, en 1845, la

première image photographique du soleil. Puis les deux hommes se séparent. En 1848, soit six ans après Doppler et de manière indépendante, il découvre le principe selon lequel le mouvement d'une source de vibrations (quelle qu'elle soit, sonore ou lumineuse) par rapport à un observateur se traduit par un déplacement des fréquences perçues par cet observateur. Pour la lumière, un éloignement de la source correspond à un décalage vers le rouge et à contrario, un rapprochement à un décalage vers le bleu.

En 1849, à la demande d'Arago qui espère trouver une confirmation de la théorie ondulatoire de la lumière par des mesures comparatives de sa vitesse de propagation dans des milieux différents, Fizeau met au point un ingénieux système optique entièrement terrestre [Fig 1] lui permettant de déterminer cette vitesse. Il trouve alors 315 300 km/s.

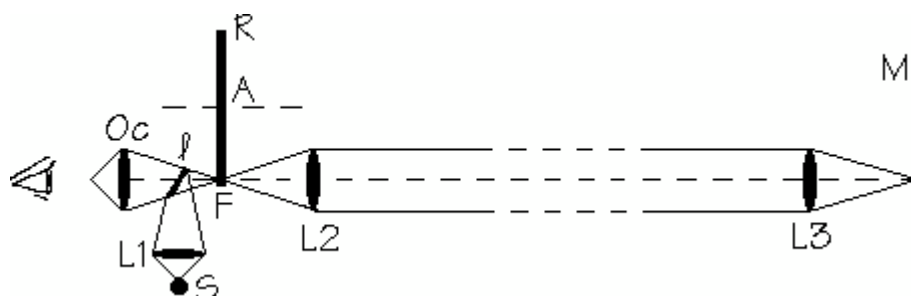


Fig 1 Schéma de principe de l'expérience de la roue dentée mise au point par Fizeau

En 1850 avec le physicien E.Gounelle il mesure la vitesse de l'électricité et démontre ainsi que sa propagation n'est pas instantanée. Il poursuivra ensuite sa carrière de physicien en travaillant dans de nombreux domaines allant de l'électricité à l'optique, On lui doit en particulier l'introduction du condensateur, la découverte du spectre infrarouge, l'étude de la dilatation des cristaux et de la polarisation de la lumière, enfin l'utilisation des longueurs d'ondes lumineuses comme étalon de longueur. Hippolyte Fizeau meurt en 1896 au Château de Venteuil près de la Ferté-sous-Jouane en laissant derrière lui les réponses à de nombreux problèmes scientifiques qui nous aident encore aujourd'hui dans bon nombre de nos travaux.

Evoquons maintenant quelques applications de l'effet Doppler-Fizeau dans la vie courante.

Tout d'abord en médecine tout le monde connaît l'examen appelé Doppler. Il consiste, grâce à une sonde source ultrasonore, à mesurer la vitesse de circulation du sang dans les vaisseaux pour détecter d'éventuelles anomalies comme par exemple un rétrécissement pouvant être à l'origine de problèmes cardio-vasculaires graves.

J'espère que votre arrivée à Bruxelles s'est passée sans encombre et que, si vous êtes venus par la route, vous avez bien respecté les limitations de vitesse ? Sinon je suis au regret de vous dire que l'effet Doppler-Fizeau vous poursuit à travers le Mirador (**mini radar doppler**) des forces de l'ordre !

L'astronomie moderne doit aussi beaucoup à l'effet Doppler-Fizeau. Le fameux «décalage vers le rouge» est en effet similaire à l'effet Doppler. Ce décalage peut avoir plusieurs causes :

- Le mouvement de la source, bien expliqué par l'effet Doppler
- L'expansion de l'univers. Actuellement les modèles cosmologiques supposent que l'univers est en expansion. L'effet est similaire à l'effet Doppler car on peut considérer que l'expansion concerne aussi la longueur d'onde de la lumière.
- Effet gravitationnel. La théorie de la relativité générale d'Einstein prédit que la lumière se déplaçant dans un champ de gravitation subira un décalage vers le rouge ou vers le bleu.

Enfin cette liste serait incomplète sans mentionner le Lidar, dont un développement récent à l'ONERA permet de mesurer la vitesse d'un avion par rapport à l'air. Ce Lidar fonctionne sur le même principe qu'un radar en utilisant l'émission d'un faisceau laser au lieu du rayonnement d'une antenne. Le décalage Doppler de l'énergie rétrodiffusée par l'air permet alors de mesurer la vitesse de l'avion.

Cette énumération n'est forcément pas exhaustive et de nombreuses autres applications (dont les nôtres) sont basées sur l'effet Doppler-Fizeau.

Je ne voudrais pas terminer ce petit interlude sans évoquer, avec humour, le principal acronyme que nous utilisons presque tous les jours : LDV ou plutôt ADL puisque nous sommes entre francophones. L'acronyme anglophone Laser Doppler Velocimetry ne devrait-il pas plutôt s'écrire L.F.V. pour Laser Fizeau Velocimetry puisqu'en réalité nous avons ici une source lumineuse ? Et qu'en est-il d'Anémométrie Doppler Laser ? Pour être honnête et juste avec nos deux physiciens je propose A.D.F.L. : Anémométrie Doppler-Fizeau Laser !

Pour conclure tout de même en forme d'hommage, que celui-ci soit rendu à Doppler pour avoir été le premier à mettre en évidence l'effet qui porte son nom et n'oublions pas Fizeau qui par ses nombreux travaux expérimentaux a mis en évidence l'effet Doppler dans le domaine des ondes lumineuses.

## Sources documentaires

Sites web

[www.infoscience.fr](http://www.infoscience.fr)

[www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)

<http://fr.encyclopedia.yahoo.com>

<http://linkfanel.free.fr>

<http://ciberzoide.developpez.com>

<http://fr.wikipedia.org>

Encyclopédie Universalis.

Activités ONERA 1998.

Remerciements à mon épouse et à Mireille Barat (ONERA) pour la relecture et les corrections.