

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 99 (2020)

**Artikel:** Rétrospective : un Vaudois contributeur majeur à l'astrométrie moderne  
**Autor:** Brisson, Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-917237>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 04.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Il y a 150 ans dans le bulletin

Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles.

Vol. X.

N° 60.

1868.

### Mémoire sur une nouvelle méthode pour déterminer la distance de quelques étoiles.

Par Ch. DUFOUR,

professeur à Morges.

On sait que la différence qu'il y a entre un son grave et un son aigu provient de ce que, pour ce dernier les vibrations qui arrivent à l'oreille pendant l'unité de temps sont plus nombreuses. Ainsi, depuis 1859, en France, le *la* est la note qui correspond à 870 vibrations par seconde, par conséquent le *ut* correspond à 522 vibrations, le *fa* à 696., etc.

Ce principe admis, on comprend que si un corps sonore se rapproche de l'observateur en produisant continuellement le même son musical, l'observateur, au lieu d'apprécier ce son à sa véritable valeur, aura l'impression d'une note plus aiguë; puisque, à cause du rapprochement du corps sonore, il percevra pendant l'unité de temps plus de vibrations que celui-ci n'en a réellement émises. Au contraire, la note sera plus grave quand le corps sonore s'éloignera de l'observateur.

Supposons, par exemple, un corps sonore éloigné de 1000 mètres et parcourant en se rapprochant 100 mètres par seconde. Si pendant toute sa course le corps sonore donne uniformément la note *fa*, les sons qu'il aura émis à l'instant du départ arriveront seulement 3 secondes plus tard à l'oreille de l'observateur; tandis qu'il n'y aura aucun retard pour la perception de ceux qui seront émis au moment de l'arrivée. Donc l'observateur aura perçu en 7 secondes les ondes émises pendant 10 secondes; c'est dire que son oreille au lieu de recevoir 696 vibrations par se-

## Rétrospective

Par

Pierre BRISSON

### Un Vaudois contributeur majeur à l'astrométrie moderne

Commentaires sur le mémoire de Monsieur Charles Dufour, professeur à Morges, portant sur « une nouvelle méthode pour déterminer la distance de quelques étoiles », publié en 1868 dans le volume 10 du Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles.

#### Le contexte

Charles Dufour (né en 1827, décédé en 1902\*) écrit son mémoire en 1868, donc vingt ans après la publication des premiers travaux d'Hippolyte Fizeau sur le décalage vers le rouge des ondes lumineuses dont la source s'éloigne de l'observateur (LEQUEUX 2014), et 26 ans après que Christian Doppler ait donné devant la Société royale des Sciences de Bohême, sa conférence, suivie de publication, « Über das farbige Licht des Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels » (« Sur la lumière colorée des étoiles binaires et de quelques autres astres du ciel ») (DOPPLER 1864). Il est par ailleurs contemporain d'Angelo Secchi, inventeur du spectroscopie conçu pour les étoiles. On est donc en 1868 encore pleinement dans l'actualité de la découverte de l'effet Doppler-Fizeau et de l'utilisation de celui-ci pour l'exploration de l'espace par la spectroscopie. Ce qui est remarquable, c'est que l'on soit toujours aujourd'hui, en 2020, dans le sillage de ces découvertes, l'utilisation de cet « effet » demeurant, après de nombreuses évolutions techniques du spectroscopie et du collecteur du rayonnement, un outil essentiel, en fait fondamental, pour explorer et comprendre « le Ciel ».

Rappelons-en brièvement les grandes lignes. Les ondes lumineuses sont évidemment les messagers des astres du ciel. De toute antiquité, la lumière reçue a bien été comprise comme un flux partant d'une source, puisqu'on peut l'arrêter en faisant écran. Mais il faudra très longtemps pour comprendre qu'elle est animée d'une vitesse, pour la mesurer, pour constater qu'elle était constante et enfin pour analyser sa composition. Ce n'est en effet qu'en 1676 que l'astronome Ole Rømer, se fondant sur les lois de Kepler, démontre en observant les déplacements de Io par rapport à Jupiter, que cette vitesse est finie. Ce n'est qu'en 1727 qu'un autre astronome, James Bradley, en donne une valeur à peu près correcte (BRADLEY 1727) (elle ne sera précisée à 1 m/s près qu'en 1975). Parallèlement, Newton fut le premier à démontrer, en 1671, que la lumière « blanche » (neutre) était en fait constituée de plusieurs couleurs (NEWTON 1704),

\* il fut professeur d'astronomie à l'Université de Lausanne de 1874 à 1901 après avoir enseigné les mathématiques à l'Académie de Lausanne (GUERREIRO 2006).



c'est-à-dire selon ses termes, d'« un mélange hétérogène de rayons différemment réfrangibles », et qu'il utilisa pour la première fois le mot « spectre » pour désigner ce « mélange ». Ce n'est ensuite qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle que l'on perçoit la présence de rayonnements non visibles de part et d'autre du spectre lumineux (William Herschel, puis Johann Ritter) et seulement en 1864 (« hier » par rapport à l'article de Charles Dufour) que James Maxwell montre que la lumière résulte, tout comme le son, d'une vibration électromagnétique (on parlerait plutôt aujourd'hui d'oscillations) (MAXWELL 1864). Le spectre lumineux devient alors, simplement, une (petite) partie du spectre électromagnétique qui, lui, s'étend de part et d'autre jusqu'aux limites des possibilités physiques d'oscillations.

Le spectroscopie « moderne » (avec réseau de diffraction), l'appareil capable de bien séparer les raies d'émission, de conserver les observations et de permettre ainsi leurs comparaisons, fut inventé « parallèlement » à l'évolution de la compréhension du phénomène « lumière », en 1815, par un maître verrier/opticien, Joseph von Fraunhofer (à l'époque, bien sûr, pour les seules ondes lumineuses). Il faisait suite au prisme « simple » de Newton. Il était évidemment impossible de comprendre pleinement et d'utiliser le spectre lumineux sans le spectroscopie permettant les observations précises. Comme beaucoup d'instruments nouveaux, il a connu une évolution spectaculaire. L'un de ses premiers « développeurs » (dirait-on aujourd'hui), le plus remarquable pour l'astronomie, fut le père jésuite Angelo Secchi (AIF, 2020), mentionné ci-dessus et auquel Charles Dufour fait référence, avec l'invention du premier spectrographe spécialement conçu pour décomposer en raies la lumière des étoiles (et non plus n'importe quelle lumière). De l'usage de cet instrument, il publia en 1870 une classification en quatre couleurs des différentes sources observées en les rapprochant des éléments chimiques dominants dans leurs raies spectrales. Il est considéré comme le fondateur de la spectrographie astronomique.

Pour ce qui est de l'astrométrie (mesure de la localisation des astres), la seule possibilité d'évaluer la distance d'une source était encore à l'époque de Charles Dufour, de calculer sa parallaxe sur base terrestre, c'est-à-dire d'utiliser l'angle formé par les droites partant des deux extrémités du rayon terrestre et allant jusqu'à la source. On comprend bien que cela pouvait jouer pour les astres relativement proches de la Terre, mais était pratiquement inutilisable pour les étoiles, par définition beaucoup plus lointaines (et dont l'angle opposé à la base était beaucoup trop petit). L'évaluation et la comparaison de leur magnitude apparente, que l'on pratiquait alors, ne pouvaient être qu'un artifice extrêmement imparfait, donc tout à fait insatisfaisant.

### **L'apport de Charles Dufour**

Charles Dufour a eu le mérite de s'emparer d'un des aspects de la nouvelle technologie qu'est la spectrographie, en l'occurrence l'effet Doppler-Fizeau, soit le déplacement des raies de l'image spectrale en fonction de l'orientation du déplacement du « lumineux » qui en est la source, en comprenant l'utilisation qu'on pourrait en faire non pas seulement pour comparer cette source à une autre et leurs vitesses relatives, ce que faisait Angelo Secchi après Christian Doppler, mais au-delà, leurs distances entre elles et avec la Terre. Il s'agit « simplement » de combiner cet effet avec l'astrométrie « traditionnelle » utilisant le calcul des parallaxes. Pourvu que la lumière des deux étoiles d'un couple « binaire » puisse être dissociée l'une de l'autre, la variation de vitesse indiquée par l'effet Doppler-Fizeau va permettre de calculer l'orbite de l'étoile



« satellite » autour de l'étoile principale (formant avec elle l'étoile double), donc son rayon, et on aura ainsi la base du triangle, dont on pourra calculer le côté de l'angle au sommet duquel se trouve la Terre en prenant la tangente de l'angle lié à cette base. Ce changement de base est une véritable révolution, car la suite de l'astronomie sera largement (mais pas seulement) un travail de triangulation par lequel, en s'appuyant sur la distance connue de plusieurs astres, on en déduit une plus lointaine.

### Les leçons

Charles Dufour avait donc eu l'idée d'associer l'effet Doppler-Fizeau à l'astrométrie traditionnelle, mais en inversant les fondements de cette dernière (en prenant la Terre et non plus la source lumineuse pour la pointe du triangle pour calculer la parallaxe). Comme Christian Doppler, il utilise l'effet en prenant pour objet les étoiles doubles, mais celui-ci n'avait vu que l'intérêt d'en déduire la vitesse relative de l'une par rapport à l'autre (ce qui n'enlève rien à son mérite de l'avoir découvert). Charles Dufour fait un pas de plus. Il utilise une découverte pour en faire une autre.

Tout ce développement pour dire que le progrès en Sciences est un mot qui a une signification à la fois collective et ancrée dans l'histoire, mais qui en même temps a besoin d'un individu pour se concrétiser. Il est construit sur une succession d'avancées permises d'abord par les progrès technologiques, ensuite par les observations (la réalité), puis par l'interprétation des observations soumise à la critique, et enfin par l'intervention d'un individu (le plus souvent nourri au sein d'un milieu scientifique) qui parvient à lier les trois autres facteurs. Les quatre sont d'indispensables partenaires et c'est pour cela que pendant des siècles (entre l'Antiquité et la Renaissance), la chape de la doctrine de l'Église fondée sur les vérités, indiscutables, édictées par Aristote, a empêché tout progrès puisque toute réflexion était *a priori* impie et que nul individu ne pouvait la tenter (cf. Giordano Bruno qui fut brûlé vif pour cette raison). C'est finalement un progrès technologique fortuit (la lunette n'avait pas pour fonction initiale d'observer les étoiles) qui, mettant sous les yeux l'évidence, a finalement permis à un individu (Galilée) de débloquent la situation, car le monde des personnes éduquées ne pouvait la nier très longtemps. Ensuite l'évolution a été longue, car l'astronomie est un sujet difficile et les progrès technologiques indispensables dépendent aussi de tout un environnement non seulement scientifique, mais aussi ingénierial (la possibilité de concevoir et de construire des télescopes de plus en plus grands, avec toute une gamme d'équipements accessoires, de plus en plus sensibles à tout le spectre des rayonnements, travaillant maintenant de plus en plus de concert grâce à l'informatique). L'article de Charles Dufour est donc un article de son temps et il n'aurait pas pu être pensé et écrit sans toutes les avancées qui ont précédé sa rédaction, mais il est en même temps à la pointe de ce qu'on pouvait alors comprendre et déduire.

Le second point à remarquer est que certaines branches donnent plus de fruits que d'autres et l'arborescence de connaissances portées par ces recherches sur la vitesse de la lumière et la déformation du spectre par le déplacement de l'astre « lumineuse » a eu et a encore un déploiement absolument prodigieux. Pour exemples, c'est l'exploitation du décalage vers le rouge (« redshift ») des spectres émis par les sources électromagnétiques de plus en plus lointaines qui a permis de connaître la vitesse de l'expansion de l'Univers (LEMAÎTRE 1927); c'est l'exploitation du décalage vers le bleu (« blueshift ») qui a permis de voir le rapprochement

de la galaxie d'Andromède de la Voie Lactée (SLIPHER 1912). C'est l'obtention de spectres de plus en plus précis, montrant les orientations de déplacement et les vitesses, qui permet de sonder l'espace le plus proche comme le plus profond pour obtenir une vision véritablement en relief de l'Univers et en chercher à déduire l'origine et en prévoir l'évolution. Je mentionnerais seulement deux des créations technologiques récentes les plus remarquables pour illustrer ce propos, MUSE et Gaia.

## Ouvertures

MUSE (« *Multi Unit Spectroscopic Explorer* ») et Gaia (« *Global Astrometric Interferometer for Astrophysics* ») sont en effet deux prolongements de ce qu'avait fait Charles Dufour en utilisant l'effet Doppler-Fizeau.

Gaia est un satellite équipé de deux télescopes (toujours en opération) et il utilise, entre autres, l'effet Doppler-Fizeau pour cartographier notre environnement galactique proche. Il a embarqué plusieurs instruments qui lui donnent toutes les capacités nécessaires pour la détermination de la position, de la distance, du mouvement et caractéristiques chimiques de tous les objets célestes, dont il reçoit la lumière. Comme à l'époque de Charles Dufour, on utilise pour estimer la distance le calcul de parallaxe avec une base du côté de l'observateur, mais on dispose d'une longueur nettement plus longue, en l'occurrence une orbite de 380 000 km de diamètre autour du point de Lagrange L2. À cette astrométrie « pure », Gaia ajoute la spectrométrie, donc l'effet Doppler-Fizeau, qui lui permet de comprendre la dynamique de l'astre observé (sa direction et sa vitesse), mais aussi sa composition chimique.

L'instrument MUSE (en service depuis 2014), placé sur un des télescopes du VLT (Very Large Telescope) de l'ESO (European Southern Observatory), est une application surtout intéressante pour l'observation des sources lumineuses les plus lointaines. Il apporte une vision différenciée simultanée de chaque point de lumière. On obtient ainsi non seulement une image ponctuelle, mais aussi, grâce à l'effet Doppler-Fizeau, une vitesse d'éloignement (liée ici principalement à l'expansion de l'Univers), l'orientation du mouvement et encore un spectre donnant la composition chimique du point observé. En même temps, on obtient une vue simultanée des sources lumineuses, et de leurs spectres, comprises dans le champ (on parle de « spectroscopie intégrale de champs ») et on peut donc directement voir leurs rapports, en résumé une véritable carte physico-chimique du ciel en 3D.

\*\*\*

Ces deux « ouvertures » auraient bien sûr été de la science-fiction pour Charles Dufour et Angelo Secchi, mais ils les auraient comprises, car ils en avaient peut-être rêvé. On a continué sur la voie qu'ils avaient ouverte en allant toujours de plus en plus loin dans la construction intellectuelle, l'audace consistant à s'abstraire des habitudes et à changer ses paradigmes, progressant de plus en plus haut, ou plutôt loin, en s'appuyant sur toutes une succession d'inventions technologiques, d'observations et de raisonnements. Ainsi va le progrès et les Hommes qui le portent.



## BIBLIOGRAPHIE

- ASSOCIAZIONE PER L'INSEGNAMENTO DELLE FISICA, 2020. Biographie d'Angelo Secchi. <https://www.aif.it/fisico/biografia-padre-angelo-secchi/>
- BRADLEY J., 1727. A Letter from the Reverend Mr. James Bradley Savilian Professor of Astronomy at Oxford, and F.R.S. to DR Edmond Halley, Astronom. Reg. giving an account of a new discovered motion of the Fix'd Stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society* (1638-1775). 35: 637-661.
- DOPPLER C., 1864. *Ueber Das Farbige Licht Der Doppelsterne Und Einiger Anderer Gestirne Des Himmels*. Nombreuses éditions épuisées, il reste Nabu Press: [https://www.amazon.fr/Doppelsterne-Gestirne-Bradleysche-Aberrationstheorem-Integrirenden/dp/1294548581/ref=sr\\_1\\_7?dchild=1&qid=1601101633&refinements=p\\_27%3AChristian+Doppler&s=english-books&sr=1-7&text=Christian+Doppler](https://www.amazon.fr/Doppelsterne-Gestirne-Bradleysche-Aberrationstheorem-Integrirenden/dp/1294548581/ref=sr_1_7?dchild=1&qid=1601101633&refinements=p_27%3AChristian+Doppler&s=english-books&sr=1-7&text=Christian+Doppler)
- GUERREIRO J., 2006. « Dufour, Charles ». *Dictionnaire historique de la Suisse (DHS)*, version du 14.02.2006. Online: <https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/028809/2006-02-14/>
- LEQUEUX J., 2014. *Hippolyte Fizeau, physicien de la lumière*. EDP- Sciences (Editions Diffusions Presse Sciences): <https://laboutique.edpsciences.fr/produit/710/9782759816965/Hippolyte%20Fizeau>
- LEMAÎTRE G., 1927. Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. *Annales de la société scientifique de Bruxelles*. 47A: 49-59. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1927ASSB...47...49L/abstract> et [http://www.academieroyale.be/academie/documents/LEMAITREGeorgesARB\\_197428595.pdf](http://www.academieroyale.be/academie/documents/LEMAITREGeorgesARB_197428595.pdf)
- MAXWELL J.-C., 1864. A dynamical theory of the electromagnetic field. *Royal Society Publishing*. p. 500-501: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1865.0008>
- NEWTON I., 1704. *Opticks or a Treatise of the Reflexions, Refractions Inflexions and Colours of Light. Also Two Treatises of the Species and magnitude of Curvilinear Figures*. Étude sur un travail remontant à 1665-66. Nombreuses réimpressions.
- SLIPHER V.M., 1912. The radial velocity of the Andromeda nebula. *Lowell Observatory Bulletin* 2: 56-57. [https://www.researchgate.net/publication/234273083\\_The\\_radial\\_velocity\\_of\\_the\\_Andromeda\\_Nebula](https://www.researchgate.net/publication/234273083_The_radial_velocity_of_the_Andromeda_Nebula)