

DURÉE LIBRE

FORMULE INTÉGRALE

7,40 €
PAR MOIS

Au lieu de
~~8,20 €~~
par mois

Partie réservée au service abonnement Ne rien inscrire

L'ESSENTIEL

> En 1842, Christian Doppler avança que le mouvement des étoiles avait une influence sur leur couleur apparente, la fréquence des ondes lumineuses perçue par l'observateur devant être, d'après son raisonnement, modifiée.

> L'effet Doppler a été d'abord confirmé sur le son,

et seulement beaucoup plus tard sur la lumière.

> Les idées de Doppler et sa carrière ont été mises à mal par un rival, Joseph Petzval.

> L'effet Doppler s'est finalement imposé et intervient aujourd'hui dans de nombreuses applications.

L'AUTEUR



DAVID NOLTE
professeur de physique
et d'astronomie à l'université
Purdue, dans l'Indiana,
aux États-Unis

La chute et l'ascension de l'effet Doppler

L'effet d'un mouvement sur la fréquence des ondes, prédit dès 1842 par Christian Doppler, est aujourd'hui bien connu et familier.

Les idées du physicien autrichien se sont pourtant heurtées à beaucoup de scepticisme et ne se sont imposées que un demi-siècle plus tard.

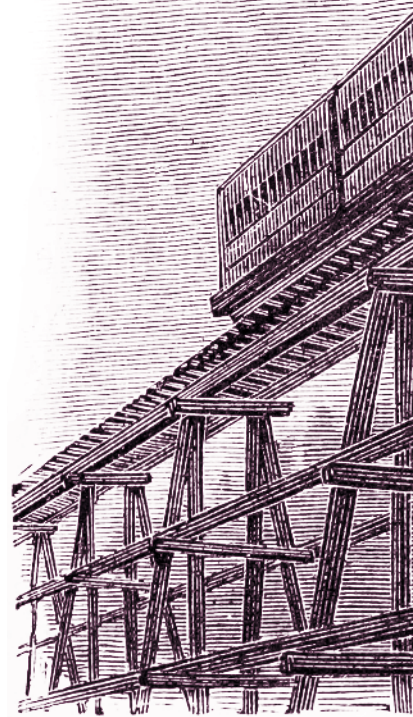
De toutes les découvertes éponymes issues de la physique du XIX^e siècle – franges d'interférence de Young, lentille de Fresnel, cycle de Carnot, effet Faraday, équations de Maxwell, etc. –, une seule fait l'objet de mentions quasi quotidiennes : l'effet Doppler. Il s'agit du changement de fréquence de l'onde perçue par un observateur en mouvement par rapport à la source émettrice (voir la figure page 75). Dans sa version acoustique, c'est l'effet ressenti lorsqu'un véhicule, un train ou un avion s'approche de vous puis s'éloigne : le son passe soudainement d'un ton aigu à un ton plus grave.

Albert Einstein est peut-être le nom le plus célèbre de la physique, mais celui de Christian Doppler est probablement le plus usité. Ironie de l'histoire, ce physicien autrichien a subi les attaques d'un pompeux rival, ses idées ont été ridiculisées, son poste universitaire lui a été retiré, et il s'est vu forcé d'abandonner Vienne dans la disgrâce publique et la santé déclinante.

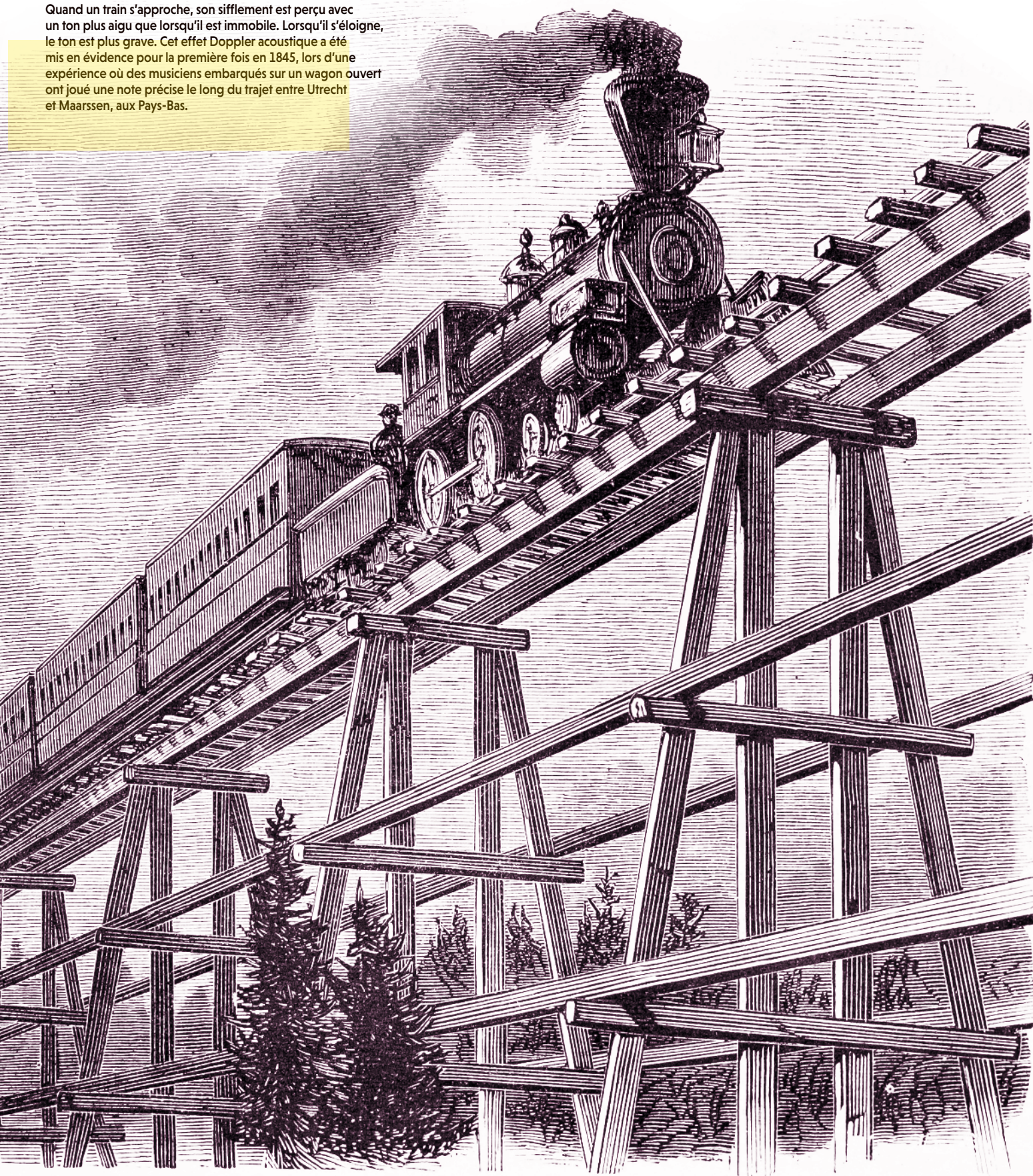
Malgré l'ignominieuse fin de vie de Doppler, l'effet qui porte son nom permet aujourd'hui aux scientifiques de connaître le mouvement de la Terre par rapport à son environnement cosmique, de refroidir les atomes dans des pièges à laser jusqu'à une fraction de degré au-dessus du zéro absolu, de détecter des planètes en orbite autour d'étoiles lointaines, de visualiser le flux sanguin dans les artères, etc. Alors pourquoi les pairs de Doppler ont-ils si longtemps rejeté son effet, et comment l'effet en question a-t-il été réhabilité et devenu à ce point familier ?

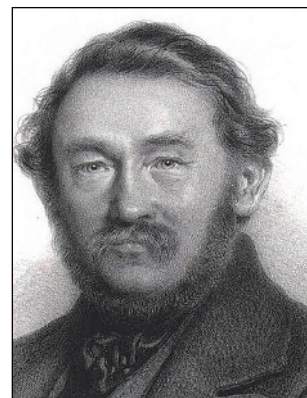
UN DÉBUT DE CARRIÈRE DIFFICILE

L'histoire commence par une carrière troublée qui a failli ne pas démarrer. Doppler est né en 1803 à Salzbourg, en Autriche, dans une vieille famille de tailleurs de pierre. À l'âge de 30 ans, son poste temporaire d'assistant en mathématiques à l'Institut polytechnique impérial et royal de Vienne (aujourd'hui >



Quand un train s'approche, son sifflement est perçu avec un ton plus aigu que lorsqu'il est immobile. Lorsqu'il s'éloigne, le ton est plus grave. Cet effet Doppler acoustique a été mis en évidence pour la première fois en 1845, lors d'une expérience où des musiciens embarqués sur un wagon ouvert ont joué une note précise le long du trajet entre Utrecht et Maarssen, aux Pays-Bas.





À gauche : Christian Doppler, probablement aux alentours de 1840. Au milieu et ci-dessus : trois des scientifiques qui ont joué un rôle important dans l'histoire de l'effet Doppler. Le Néerlandais Christoph Buys Ballot (au milieu en haut) a mis en évidence pour la première fois l'effet Doppler pour le son, en 1853. Le Hongrois Joseph Petzval (ci-dessus) s'est obstinément opposé à Doppler et à l'effet éponyme. L'Allemand Hermann Vogel (ci-contre) a publié en 1872 des travaux de spectroscopie du Soleil qui constituaient la première démonstration convaincante de l'effet Doppler pour la lumière.

> TU Wien) prenait fin; mais il ne parvint pas à retrouver un poste et dut se contenter d'un emploi de comptable dans une usine de coton.

Au début du XIX^e siècle, l'Empire autrichien était un État bureaucratique tentaculaire qui empilait les couches de réglementations et où il y avait pléthore de candidats compétents pour n'importe quel poste. En dépit de ses études supérieures, Doppler s'est perdu dans cet univers. Ses candidatures à des postes permanents n'ont pas été retenues et, dans le désespoir de ne jamais trouver une situation convenable, il décida d'émigrer aux États-Unis. Il vendit la plupart de ses biens pour payer son voyage et se rendit au consulat américain de Munich afin d'obtenir les documents nécessaires. Mais à son retour en Autriche, à la veille de quitter l'Europe pour un avenir incertain, il reçut une offre pour un poste d'enseignant dans un lycée de Prague, poste qu'il occupa à partir de 1835.

Doppler commença à publier des articles scientifiques et, en 1837, il fut nommé professeur supplémentaire de mathématiques supérieures et de géométrie à l'Institut polytechnique de Prague (aujourd'hui université technique tchèque); en 1841, il fut promu professeur titulaire de géométrie appliquée. Il y rencontra Bernard Bolzano, agitateur politique et mathématicien qui a travaillé sur des définitions rigoureuses de la notion de limite, aujourd'hui célèbre pour sa

contribution au «théorème de Bolzano-Weierstrass», en topologie, qui donne une caractérisation des espaces compacts. Bolzano présidait une réunion de la Société royale des sciences de Bohême le 25 mai 1842, le jour où Doppler lut un document faisant date sur la couleur des étoiles devant une maigre assemblée constituée de seulement cinq membres de la société.

Doppler s'était passionné pour l'astronomie et pour le phénomène de l'aberration stellaire. Celui-ci a été découvert par le Britannique James Bradley en 1727 et pouvait s'expliquer par le mouvement de la Terre autour du Soleil combiné à la vitesse finie de la lumière, qui fait que la position apparente d'une étoile distante change légèrement au cours de l'année.

CHANGEMENT DE COULEUR POUR UNE ÉTOILE EN MOUVEMENT?

En étudiant les travaux de Bradley, Doppler s'est demandé comment le mouvement relatif de la Terre influencerait sur la couleur de l'étoile. En faisant une analogie simple avec un navire se déplaçant dans le même sens que les vagues ou en sens contraire, il parvint à la conclusion que la fréquence des ondes lumineuses frappant l'œil se comportait de la même façon que celle des vagues frappant la proue du navire. Il en déduisit que la couleur de la lumière serait légèrement décalée vers le bleu (augmentation

Article traduit et adapté de « The fall and rise of the Doppler effect », paru dans *Physics Today* (mars 2020, pp. 30-35), avec l'autorisation de l'American Institute of Physics.