

HISTOIRE DES SCIENCES

Herschel et l'énigme de l'infrarouge

L'astronome William Herschel a découvert et étudié le rayonnement infrarouge. Il eut l'intuition qu'il était de même nature que la lumière visible. L'ensemble sera désigné plus tard par le terme d'ondes électromagnétiques.

Jack White

La plupart des encyclopédies et livres de physique attribuent à l'astronome britannique sir William Herschel la découverte du rayonnement infrarouge en 1800. Toutefois, cela n'est pas strictement exact et ne rend pas tout à fait justice aux travaux de Herschel.

Nous découvrons tous très jeunes l'infrarouge, quand nous sentons la chaleur à distance d'un objet chaud ; et nous savons que ce rayonnement est invisible, car la chaleur se ressent aussi dans l'obscurité la plus totale. Herschel a mis en évidence l'existence de ce rayonnement et a aussi trouvé les premières preuves que la lumière et l'infrarouge sont deux aspects d'un même phénomène, nommé aujourd'hui rayonnement électromagnétique. Lors d'une série d'expériences simples, Herschel a trouvé la première pièce d'une des grandes énigmes de la physique, dont la résolution a nécessité encore un siècle.

Pour comprendre la démarche de Herschel, ses articles originaux sont une source riche d'informations. Ils semblent directement restituer les réflexions et les expériences de leur auteur. La plus grande difficulté en lisant ces écrits est de suivre le fil du raisonnement de Herschel, entrecoupé de nombreuses digressions et de pages de relevés de température.

Dans un article lu à la *Royal Society* de Londres le 27 mars 1800, Herschel utilisa le terme de « chaleur radiante » pour désigner cette chaleur ressentie à distance. Le terme « infrarouge » [infra signifie « en dessous » en latin] n'est apparu que dans les années 1880, d'un auteur inconnu.

Herschel n'était pas initialement un scientifique. D'origine allemande, il a commencé sa carrière comme musicien dans une formation militaire. En 1773, à l'âge de 34 ans, six ans après son arrivée à Bath, au Royaume-Uni, où il occupait un poste de professeur de musique, il acheta un petit télescope et un livre d'astronomie. C'était le début d'une nouvelle carrière.

Célébrité d'astronome

Dès l'année suivante, il polissait ses propres miroirs pour construire des télescopes plus grands et de meilleure qualité, et il passait ses nuits à étudier le ciel étoilé. La dextérité de Herschel lui valut rapidement la réputation de meilleur fabricant de télescopes de son époque. Sa célébrité atteignit son point culminant en 1781, quand il découvrit la planète Uranus. Il fut alors nommé astronome royal, fonction dotée d'un modeste salaire annuel de 200 livres.

Dès lors, Herschel put consacrer tout son temps à l'astronomie. Avec sa sœur Caroline — également une astronome reconnue —, il s'installa à Slough, près du château de Windsor, car l'une des conditions posées à sa nomination était qu'il devait être à la disposition du roi George III et de sa famille à tout moment où il leur aurait pris l'envie d'observer les étoiles.

C'est parce qu'il cherchait à mettre au point le meilleur filtre possible pour observer le Soleil en toute sécurité que Herschel a commencé à explorer le domaine des infrarouges. Ses spéculations et conclusions ont été souvent contradictoires, certaines

fausses, mais d'autres très pertinentes. L'histoire des expériences de Herschel est celle du rôle de l'intuition dans la découverte scientifique, et du conflit entre les convictions classiques et les concepts nouveaux.

Le spectre électromagnétique s'étend des rayons gamma (dont les longueurs d'onde peuvent être plus courtes que le diamètre d'un atome) aux ondes radio (avec des longueurs d'onde allant jusqu'à des milliers de kilomètres). Dans l'ensemble du spectre électromagnétique, l'homme ne détecte que deux plages étroites de longueurs d'onde. Nos yeux voient la lumière, qui occupe l'étroite bande de longueurs d'onde comprise entre 0,4 et 0,7 micromètre (du violet jusqu'au rouge), bande centrée approximativement sur la longueur d'onde du rayonnement le plus puissant émis par le Soleil. L'autre partie du spectre que nous percevons est le rayonnement infrarouge, de longueur d'onde comprise entre celles de la lumière visible et celles des micro-ondes, jusqu'à environ 1 000 micromètres, et qui se manifeste par la chaleur que nous ressentons sur la peau.

Dès le XVIII^e siècle, certains savants, tels le Hollandais Herman Boerhaave ou le Suisse Jean-Henri Lambert, discutent du lien entre lumière et chaleur. Il faut attendre le développement de la thermodynamique statistique, au XIX^e siècle, pour décrire la chaleur comme une agitation désordonnée des molécules. Cette agitation, dont la température est une mesure, est responsable de l'émission d'un rayonnement par la matière, qui est majoritairement infrarouge aux températures habituelles (voir la figure 1). Inversement,

le rayonnement infrarouge peut créer une agitation moléculaire et ainsi donner la sensation de chaleur sur la peau.

Bien que la lumière visible et le rayonnement infrarouge correspondent à des gammes voisines de longueurs d'onde (voir la figure 3), ces deux phénomènes sont perçus de façons si différentes qu'il est difficile d'imaginer qu'ils sont de la même nature.

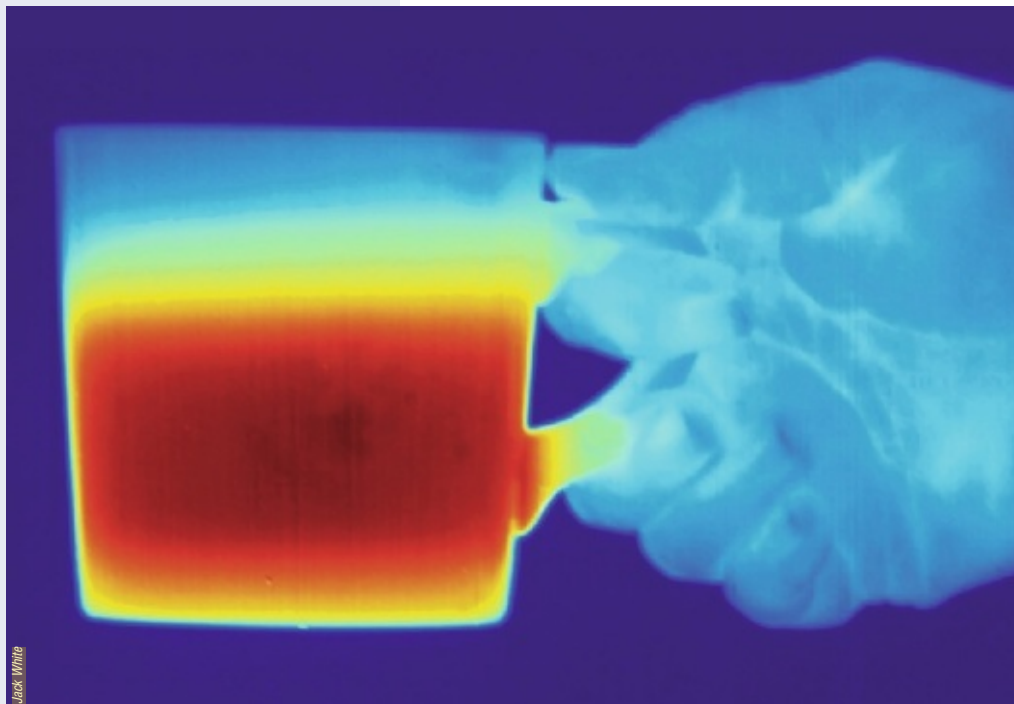
Par ailleurs, la lumière et l'infrarouge ne s'observent pas toujours ensemble. La plupart des sources lumineuses émettent également de l'infrarouge – c'est le cas d'une ampoule à incandescence –, mais on trouve souvent l'infrarouge seul. Un exemple familier est celui du grille-pain électrique qui, après avoir servi, ne rougeoie plus, mais dont la chaleur rayonnée est encore perceptible. Ainsi, lumière et chaleur semblent être deux phénomènes indépendants.

Ces différences pourraient expliquer pourquoi le rapprochement n'a pas été fait pendant de nombreux siècles, en dépit des diverses expériences. Peut-être cette association contraire à l'intuition explique-t-elle pourquoi le lien a été établi presque par accident, par une personne sans véritable formation scientifique.

Herschel observait les caractéristiques de la surface du Soleil depuis un certain nombre d'années, et il soumit un article sur le Soleil et les étoiles fixes à la *Royal Society* en 1794. Parvenir à observer les taches solaires à travers un grand télescope sans s'abîmer les yeux était depuis longtemps un défi. En expérimentant diverses combinaisons de verres colorés et fumés qui servaient de filtres, Herschel nota dans cet article :

« Ce qui semblait remarquable était que, lorsque j'utilisais certains d'entre eux, je ressentais de la chaleur, bien que j'eusse très peu de lumière ; tandis que d'autres me donnaient beaucoup de lumière, mais très peu de sensation de chaleur. »

Cette observation le conduisit à l'idée que les différentes couleurs ont une capacité plus ou moins grande de « chauffer des corps ». Poussant le raisonnement plus loin, Herschel se rendit compte que si la puissance thermique est inégalement distribuée, cela pourrait également être le cas pour la puissance d'éclairement. Il y aurait alors



1. CETTE TASSE contient un liquide chaud (en rouge) qui émet un rayonnement infrarouge. Il est possible de détecter ce dernier avec un appareil spécialisé. Mais la tasse n'émet pas, ou presque pas, de lumière visible. Malgré des aspects différents, la lumière visible et l'infrarouge sont tous deux des ondes électromagnétiques.



2. SIR WILLIAM HERSCHEL (1738-1822) a découvert le rayonnement infrarouge et a étudié ses propriétés, qui suggéraient une nature semblable à la lumière visible.

une plage optimale de couleur, mais elle serait différente de celle qui correspond au chauffage maximal. La connaissance de ces propriétés devait l'aider à concevoir le meilleur filtre pour observer le Soleil.

S'appuyant sur son expérience de fabrication de télescopes et en optique, Herschel construisit un instrument pour tester cette hypothèse. Il fabriqua ce que l'on nommerait un spectromètre, ou plus précisément un spectroradiomètre : un instrument conçu pour mesurer la puissance du flux lumineux à différentes longueurs d'onde.

Son premier instrument (voir la figure 4) réunit trois composants : un prisme, placé dans une fenêtre exposée au Sud afin de capter la lumière solaire, décomposer les couleurs et les diriger sur une table ; un petit panneau de carton percé d'une fente étroite ne laissant passer qu'une seule couleur ; et des thermomètres au mercure en verre avec leur bulbe noirci pour mieux absorber la lumière. Il plaça un thermomètre à la lumière et les autres dans l'obscurité pour mesurer la température ambiante de la pièce – la température de référence.

Les spectromètres actuels sont bien plus performants en termes de résolution,