

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.

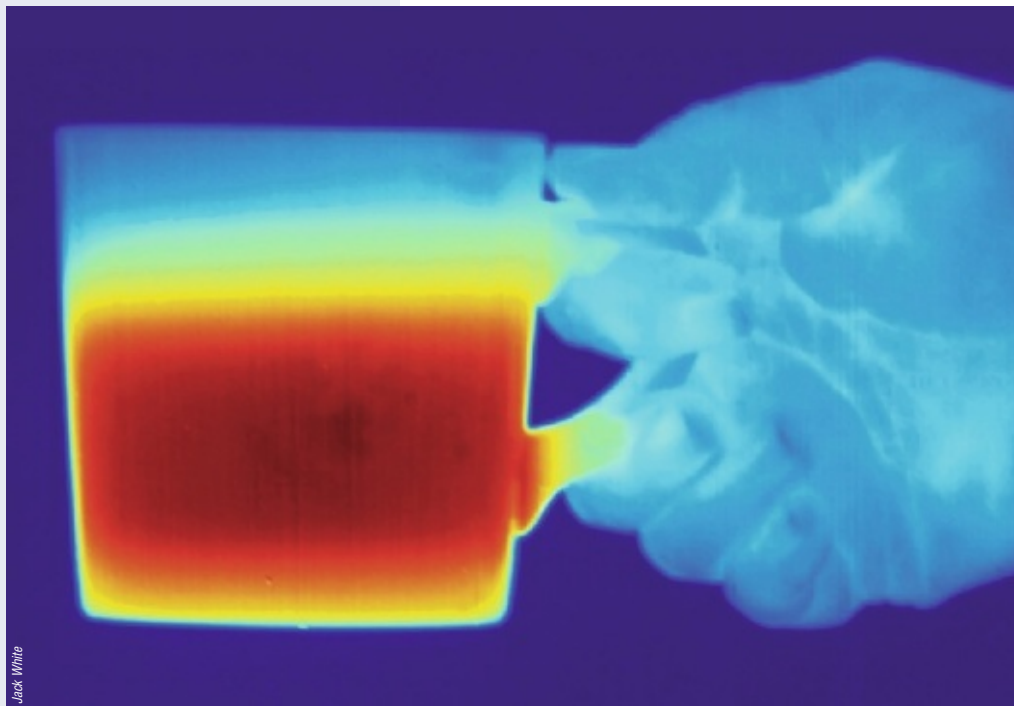
Par ailleurs, la lumière et l'infrarouge ne s'observent pas toujours ensemble. La plupart des sources lumineuses émettent également de l'infrarouge – c'est le cas d'une ampoule à incandescence –, mais on trouve souvent l'infrarouge seul. Un exemple familier est celui du grille-pain électrique qui, après 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



Jack White

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.



© Shutterstock/Georgios Kollidas

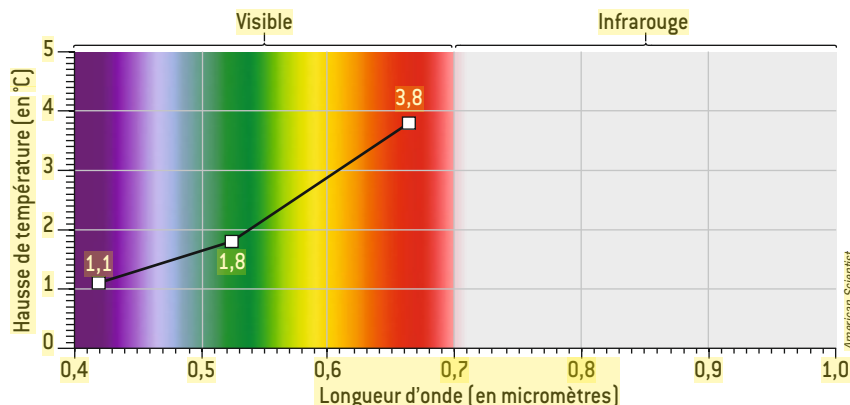
2. SIR WILLIAM HERSCHEL (1738-1822) a découvert le rayonnement infrarouge et a étudié ses propriétés, qui suggéraient une nature semblable à la lumière visible.

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,



3. LES MESURES DE TEMPÉRATURE DE WILLIAM HERSCHEL dans le spectre visible, comparées à la température ambiante, présentent une tendance à l'augmentation. En voulant savoir si cette hausse se poursuivait au-delà de la lumière rouge, Herschel a mis en évidence le rayonnement infrarouge, qu'il nomma « chaleur radiante ».

de sensibilité et de rapidité, mais les éléments de base sont restés les mêmes. On utilise toujours des prismes, mais une meilleure résolution est obtenue par interférence des ondes : les longueurs d'onde sont séparées par interférence constructive et destructive – les amplitudes des ondes s'ajoutant ou s'annulant. Les détecteurs actuels sont des semi-conducteurs refroidis par cryogénie, beaucoup plus petits, rapides et sensibles qu'un thermomètre au mercure. Cependant l'instrument de Herschel, aux mains du soigneux expérimentateur qu'il était, donnait des mesures d'une étonnante précision.

Avec ce dispositif, Herschel releva des températures, comparant tout d'abord les indications des thermomètres dans les conditions ambiantes pour vérifier la cohérence entre les instruments. Il plaça le thermomètre de mesure dans chaque bande de couleur, en l'y laissant dix minutes pour stabiliser la température. En commençant par le rouge, il obtint une mesure moyenne de 3,8 °C au-dessus de la température ambiante. Le vert et le violet donnaient respectivement 1,8 °C et 1,1 °C [voir la figure 3].

Grâce à cette expérience, Herschel confirma que la capacité de chauffage n'était pas la même d'une couleur à l'autre de la lumière incidente. Il entreprit alors de mesurer l'éclairement aux différentes longueurs d'onde.

Pour trouver le maximum d'éclairement, il dirigea les composantes colorées de la lumière sur divers petits objets observés à travers un microscope grossissant 27 fois. À partir de la brillance et de la clarté de ce qu'il vit, il évalua l'éclairement relatif.

Mesurer l'éclairement

Herschel réalisa dix expériences distinctes avec des objets vus en différentes couleurs. Il tenta de distinguer entre la couleur donnant le maximum d'éclairement et celle qui a la meilleure résolution ou « netteté ». Il ne parvint pas à tirer de conclusion concernant la résolution, mais pour l'éclairement, il fut en mesure d'affirmer :

« Le maximum d'éclairement se trouve dans le jaune le plus vif, ou le vert le plus pâle. Le vert lui-même est presque aussi brillant que le jaune ; mais à partir du vert foncé, la puissance d'éclairement diminue très sensiblement. »

Cette observation est remarquable : le jaune-vert est proche de la longueur d'onde où le Soleil émet le plus d'énergie, et exactement là où la sensibilité de l'œil humain est maximale. Estimant qu'il avait prouvé que la chaleur radiante comme la lumière ne sont pas également distribuées entre les couleurs, et muni de résultats de mesure montrant leurs différences, Herschel était prêt à utiliser ces découvertes pour

son problème d'observation du Soleil et la conception de filtres. Mais il ne le fit pas immédiatement. Au lieu de cela, il retourna aux données de température.

En effet, Herschel était surpris par ses résultats sur la température. Celle-ci augmentait progressivement du violet vers le rouge, sans présenter de maximum sous la forme d'un pic. Les mesures semblaient plutôt suggérer que le chauffage se poursuit dans la région sombre au-delà du rouge. Herschel voulut savoir ce qu'il en était.

Si le maximum se trouve en dehors du spectre visible, alors le chauffage ne provient pas de la lumière, mais d'autre chose. Herschel utilisa l'expression « lumière invisible », avec des termes choisis pour indiquer qu'il savait bien que c'était un oxymore :

« Je conclus de la même façon que le rouge pur est un peu en deçà du maximum de chaleur ; lequel se trouve peut-être un peu plus loin que la réfraction visible. Dans ce cas, la chaleur radiante sera au moins partiellement, voire principalement, constituée, si je peux me permettre l'expression, de lumière invisible ; c'est-à-dire de rayons venant du Soleil, qui ont une quantité de mouvement telle qu'ils ne sont pas adaptés à la vision. »

On note dans cet extrait de l'article qu'en décrivant les rayons en termes de quantité de mouvement, Herschel se référait aux expériences d'Isaac Newton de la fin du XVII^e siècle qui concluaient à la nature corpusculaire de la lumière.

La possibilité que la lumière soit de nature ondulatoire avait pourtant été fort bien argumentée par Christiaan Huygens, contemporain de Newton, mais la conception selon laquelle la lumière était un flux de minuscules particules était dominante à l'époque, en particulier en Grande-Bretagne. Ce point de vue changea dans les 15 années suivantes, mais, à ce moment-là, Herschel se représentait la lumière comme des particules ayant plus ou moins d'« efficacité » dans leur effet sur la matière.

Ce n'est pas la notion de rayons invisibles qui intéressait tant Herschel. C'étaient leurs propriétés qui le captivaient. Il était clair pour lui que la chaleur radiante avait les mêmes propriétés optiques de « réfrangi-