Diffusion, réflexion, réfraction et diffraction de la lumière

MOREAU René, Professeur émérite à Grenoble-INP, Laboratoire SIMaP (Science et Ingénierie des Matériaux et des Procédés), membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies.

SOMMERIA Jöel, Joël Sommeria Auteur Encyclopédie Environnement Directeur de recherche au CNRS, Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI).

Pour les grandeurs comme la masse d'un contaminant, la chaleur ou la quantité de mouvement, l'existence d'une matière en agitation aux échelles microscopiques est nécessaire à leur diffusion. Au contraire, **la lumière**, elle, peut se propager **dans le vide**. Elle n'est alors soumise à **aucune diffusion**. Par contre, dans un milieu transparent, comme l'air ou la glace, dont la **composition** est **non uniforme**, **une diffusion peut se produire**. En langue anglaise, la distinction entre ce phénomène et la diffusion moléculaire est claire puisque ce phénomène est appelé *scattering*. La diffusion de la lumière dépend de la taille des objets diffuseurs, lire Les couleurs du ciel.

Figure 1. Couleurs bleutées dans une grotte glaciaire en raison de la diffusion de Rayleigh. [Source : pixabay]

Aux échelles des molécules de l'air, ou des molécules d'eau constituant la glace, objets beaucoup plus petits (des nanomètres) que les longueurs d'ondes de la lumière (entre 0,4 et 0,8 µm), la diffusion est prépondérante pour les faibles longueurs d'onde, sélectionnant ainsi la couleur bleue. C'est la **diffusion de Rayleigh**.

Les gouttelettes d'eau en suspension dans les nuages et les brouillards atteignent quant à elles la centaine de microns, taille très supérieure à la longueur d'onde de la lumière. La diffusion se réduit alors à **des réflexions multiples à la surface des gouttelettes. Elle n'est donc plus sélective**, ce qui explique la couleur blanche des nuages, avec des nuances de gris selon la quantité de lumière solaire absorbée.

Par contre à des échelles intermédiaires, proches des longueurs d'ondes de la lumière, comme celles des pollens, des aérosols et des fumées, la **diffusion de Mie** impose une couleur grisâtre légèrement bleutée. Ainsi, cette couleur est typique de **la ligne bleue des Vosges** au-dessus de forêts de résineux émettrices de pollens et de micro-billes d'isoprène (composé à l'origine du caoutchouc naturel).

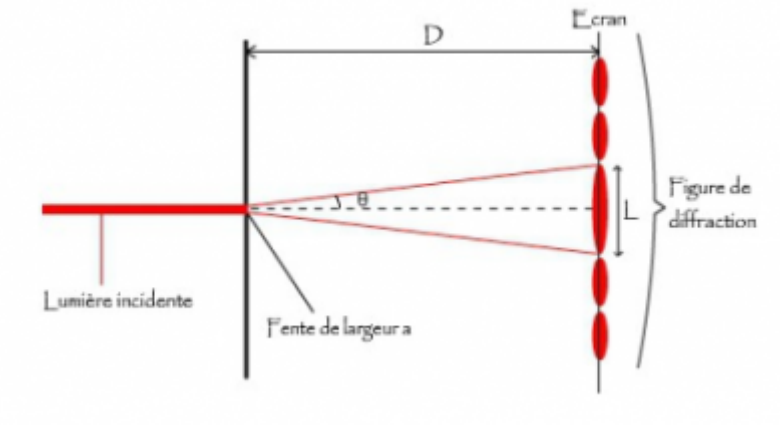

Figure 2. La diffraction d'une lumière rouge par une fente mince conduit à une figure formée de taches rouges séparées par des zones sombres. La tache centrale possède la plus grande largeur L= 2D0, où le petit angle 0 vaut λ/a. [Source : Superprof, Article "Tout savoir sur la diffraction", disponible sur : "https://www.superprof.fr/ressources/physique-chimie/terminale-s/optique/diffraction.html]

Ces trois types de diffusion correspondent à différents modes d'interaction de la lumière avec l'objet diffuseur. Pour des objets **grands par rapport à la longueur d'onde**, on peut raisonner en termes de **rayons lumineux**, ce qui correspond à l'optique géométrique. A l'interface entre deux milieux, une partie de la lumière est réfléchie, et l'autre traverse l'interface avec une direction de propagation modifiée : c'est ce qu'on appelle **la réfraction.** Ce processus est observé dans un **prisme** comme celui de la vignette du focus Déviation de la lumière par un prisme (lien). Les différentes longueurs d'onde constituant la lumière blanche ont des angles de réfraction différents, ce qui conduit à la séparation des couleurs. Les gouttes d'eau ou les cristaux de glaces peuvent agir comme des prismes, ce qui conduit aux arcs en ciels (Lire Spectaculaires arcs en ciel) ou autres phénomènes de halos atmosphériques (Lire Halos atmosphériques). Dans les nuages les réflexions et réfractions sont multiples, ce qui brouille la séparation de couleurs, et restitue la couleur blanche de la lumière solaire.

Figure3. Diffraction d'une lumière polychromatique par un orifice circulaire. La tache centrale est blanche en raison de la superposition de toutes les longueurs d'ondes. Les taches périphériques représentent tout le spectre des couleurs du visible, le décalage des diverses longueurs d'ondes étant de plus en plus grand lorsqu'on s'éloigne du centre. [Source : Superprof, Article "Tout savoir sur la diffraction", disponible sur : "https://www.superprof.fr/ressources/physique-chimie/terminale-s/optique/diffraction.html]

Pour des objets de dimension proche de la longueur d'onde, la nature ondulatoire de la lumière intervient, ce qui conduit au phénomène de **diffraction**. Les figures de diffraction sont classiquement étudiées derrière un orifice taillé dans un écran. L'effet est similaire à la diffraction par un petit objet, mais il est alors plus facile à observer, grâce à l'absorption de la lumière non diffractée. La figure 2 représente ainsi la figure de diffraction d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ traversant une fente de largeur a. La lumière diffractée constitue un faisceau principal s'ouvrant avec un angle λ/a, entouré de lobes secondaires de plus faible intensité. Ainsi dans la limite d'une fente large (λ/a petit), le faisceau reste parallèle, conformément à

l'optique géométrique, tandis que pour λ~a, le faisceau diffracté s'ouvre très largement.

Pour une lumière blanche, les différentes composantes diffractent avec des angles différents, conduisant aux motifs colorés montrés sur la figure 3 (obtenue dans le cas d'un orifice circulaire). Les petites longueurs d'ondes étant plus largement diffractées, on conçoit que la diffusion de Mie soit dominée par la couleur bleue, d'une façon qui dépend de la taille des particules.

Image de couverture. Ciel bleu en raison de la diffusion de Rayleigh avec un nuage blanc qui témoigne d'une diffusion non sélective par les gouttelettes qu'il contient. [Source : Pixabay, libre de droits]

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes.

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.