



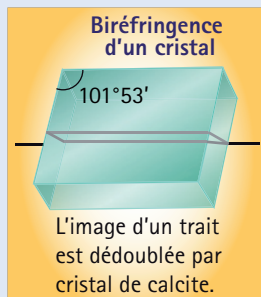
Augustin Fresnel

1788-1827

Fresnel a d'abord étudié la diffraction et les interférences de la lumière. En adoptant la théorie ondulatoire, il a décrit et expliqué ces phénomènes. Cependant, pour que cette théorie soit adoptée par la communauté scientifique, il sait qu'il doit pouvoir expliquer le phénomène de la polarisation de la lumière.

Augustin Fresnel

Polarisation de la lumière



La biréfringence par les corpuscules

Le phénomène de double réfraction par un cristal a d'abord été observé par Érasme Bartholin qui a remarqué que les prismes de calcite rapportés d'Islande dédoublaient les images des objets sur lesquelles on les posait.

Pour résoudre l'énigme posé par la biréfringence, l'Institut des sciences annonce, en janvier 1808, un concours dont le prix sera attribué au mémoire :

qui donnera de la double réfraction que subit la lumière en traversant diverses substances cristallisées, une théorie mathématique vérifiée par l'expérience.

Étienne Louis Malus (1775-1812) entreprend une série d'expériences à l'aide d'un cristal de calcite et présente un mémoire. Il endosse la théorie corpusculaire de la lumière et dans son mémoire, il soutient que les corpuscules lumineuses sont réorientées comme l'aiguille d'un aimant par une interaction avec les « molécules constituantes¹ » du milieu cristallin ». Il donne un nom au phénomène, la « polarisation de la lumière ».

La polarisation par les ondes

En 1814, Fresnel entreprend des recherches sur la lumière dans les moments libres que lui laisse son travail d'ingénieur des Ponts et Chaussées. Sans connaître les travaux que Thomas Young a fait

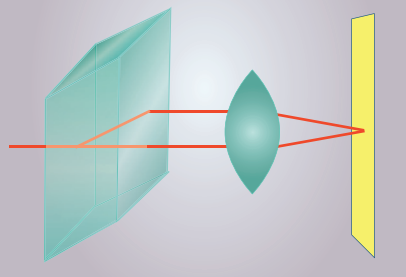
en 1802, Fresnel réalise des expériences analogues et développe lui aussi la théorie ondulatoire. S'étant opposé au retour de Napoléon de l'île d'Elbe, il est assigné à résidence durant une grande partie de 1815 et en profite pour poursuivre ses recherches sur la théorie ondulatoire de la lumière. Il retourne à Paris après la Restauration et présente un mémoire qui attire l'attention de François Arago. Celui-ci encourage Fresnel dans ses recherches et lui obtient un poste à Paris pour qu'il puisse bénéficier d'un laboratoire bien équipé.

La polarisation suscite la curiosité de Fresnel, en 1815, à la lecture d'un article dans *Le Moniteur* portant sur un mémoire dont Jean-Baptiste Biot a fait la lecture à l'Académie des Sciences. Fresnel n'a à cette époque aucune idée de ce qu'est la polarisation, mais en 1819 et en collaboration avec Arago, il entreprend une étude systématique de la double réfraction et des propriétés de polarisation associées.

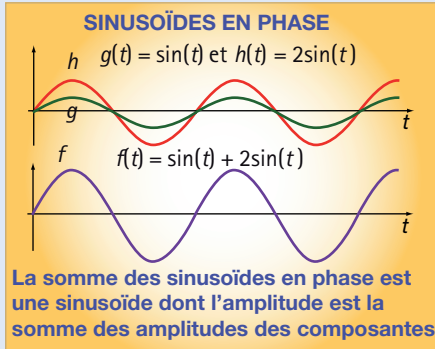
Ils font d'abord converger deux rayons ordinaires et observent des franges d'interférence. Ils font ensuite converger deux rayons extraordinaires et observent à nouveau des franges d'interférence.

1. L'appellation « molécules constituantes » est due à René-Just Haüy qui était également membre de l'Institut des sciences à cette époque.

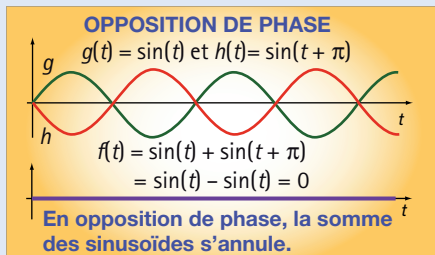
En faisant converger le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire à l'aide d'une lentille, il n'y a pas d'interférence.



Dans la théorie ondulatoire, le phénomène des franges d'interférence est bien compris. Si les crêtes des ondes convergentes coïncident, les ondes s'ajoutent et forment sur l'écran une frange lumineuse.



Si la crête d'une des ondes coïncide avec le creux de l'autre onde, les ondes se détruisent l'une l'autre et forment une frange obscure.



Fresnel et Arago font ensuite converger un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. À leur grande stupéfaction, ils ne détectent aucune frange d'interférence. Cette absence est difficile à expliquer. Pourquoi les ondes d'un rayon ordinaire et d'un rayon extraordinaire n'interfèrent-ils pas ?

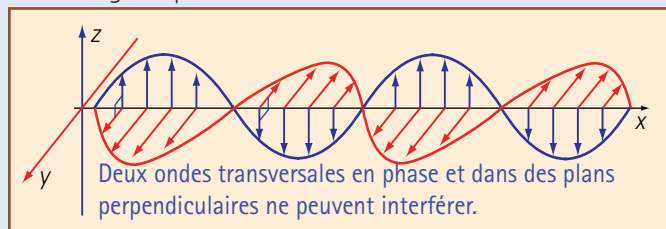
Fresnel en vient à penser que l'onde lumineuse n'est peut-être pas longitudinale mais transversale. Une onde longitudinale est un type d'onde pour lequel le milieu se déforme dans la même direction que la propagation. C'est le cas de l'onde sonore qui consiste en une variation de la pression de l'air qui se transmet de proche en proche.

Une onde transversale est provoquée par une perturbation qui est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde. L'onde transversale se déplace com-

me une vague à la surface de l'eau. Celle-ci monte et descend à mesure que la vague progresse, mais les molécules d'eau ne se déplacent pas dans la direction de l'onde. Le mouvement d'une corde fixée à une extrémité et à laquelle on donne une impulsion de haut en bas est un exemple d'onde transversale.

Si l'onde lumineuse était longitudinale, il y aurait forcément interférence entre le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire lorsqu'ils convergent. Cependant, si l'onde est transversale et que la polarisation a pour effet de rendre les rayons ordinaire et extraordinaire perpendiculaires entre eux, ils ne peuvent interférer même s'ils convergent. Fresnel est encouragé à poursuivre cette piste par André-Marie Ampère, même si Arago refuse d'endosser cette hypothèse. Fresnel réussit à interpréter le phénomène observé par Huygens qui après avoir dédoublé la lumière en lui faisant traverser une lame de calcite, lui avait fait traverser une autre lame. En faisant tourner cette seconde lame perpendiculairement au rayon, il faisait varier l'intensité de la lumière transmise. Tout n'était pas résolu, Fresnel avait clairement établi la nature ondulatoire de la lumière, mais la nature exacte de ces ondes restait inconnue.

Une autre avancée majeure était à venir. La synthèse des lois de l'électromagnétisme par James Clerk Maxwell dont les équations prédisaient la vitesse des ondes électromagnétiques et la mesure de la vitesse de la lumière ont permis de comprendre que la lumière est une onde électromagnétique.



Onde longitudinale

dilatation compression

La compression initiale se propage le long du ressort. L'onde est longitudinale, le ressort se comprime et se dilate dans la direction du déplacement.

Onde transversale

L'impulsion initiale se propage perpendiculairement à la direction du déplacement, l'onde est transversale.

Un éclairage moderne

La lumière est maintenant décrite comme une onde électromagnétique, le champ électrique, seul perceptible par l'œil, oscille dans aléatoirement dans toutes les directions du plan perpendiculaire à la direction du rayon lumineux. Dans la lumière polarisée linéairement, le champ électrique oscille dans une seule de ces directions.

Lumière naturelle

Lumière polarisée