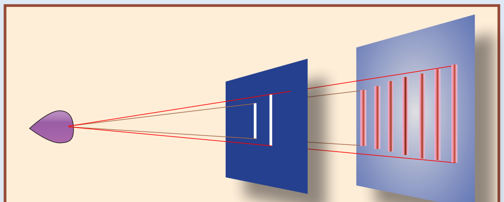
Illustrations : Noémie Ross

Thomas Young
1773-1829

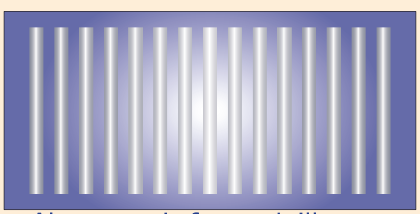
Dans la relation de son expérience sur l'interférence de la lumière, Thomas Young fait une description qualitative de ce qu'il observe. Il ne donne cependant pas une description mathématique détaillée de l'interprétation, description qui aurait certainement facilité la reconnaissance de sa théorie par la communauté scientifique.

Thomas Young
Description du phénomène



Expérience des fentes de Young

Dans son expérience des fentes, Young décrit qualitativement ce qu'il observe. La lumière qui traverse la plaque opaque percée de deux fentes forme sur l'écran une alternance de franges claires et de franges sombres. La théorie corpusculaire de la lumière permettrait d'expliquer la formation de deux bandes claires sur l'écran mais ne peut expliquer cette alternance de bandes claires et de bandes sombres.

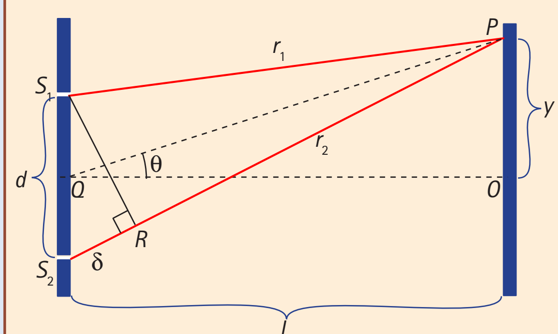


Alternance de franges brillantes et de franges sombres

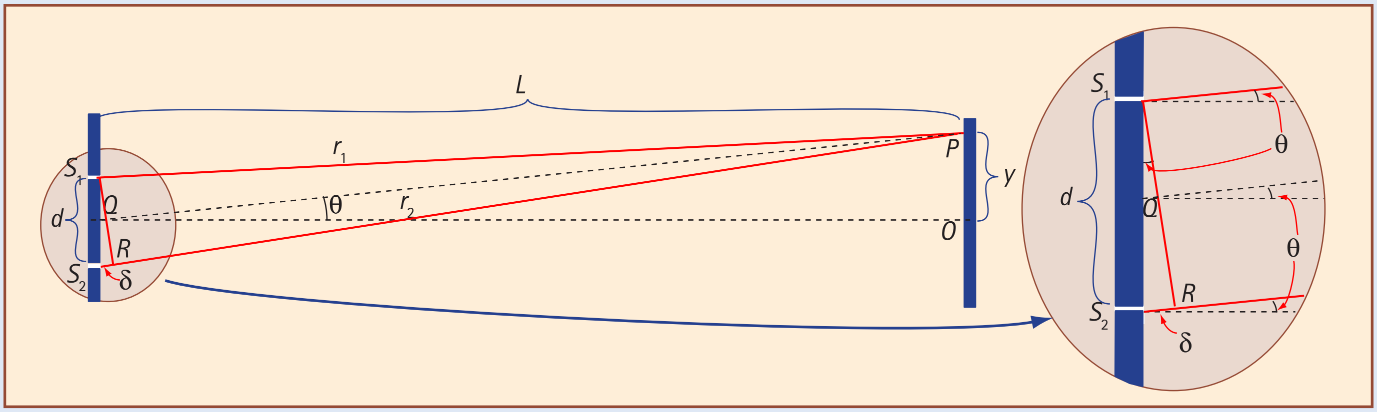
Pour décrire ce phénomène, Young procède par analogie avec ce qu'il a déjà observé dans son étude des sons.

Si deux ondulations de même fréquence coïncident exactement, le mouvement résultant est le plus intense; si elles présentent un écart d'une demi-ondulation, le mouvement résultant est le plus faible, voire nul.

Pour passer de cette description qualitative à une description quantitative, il faut décrire la différence de marche des rayons provenant de chacune des sources. Pour ce faire, on représente chacune des grandeurs par un symbole comme dans l'illustration ci-dessous.



S_1 et S_2, les fentes agissant comme sources de lumière;
P, un point de l'écran;
r_1 et r_2, les distances de marche des sources S_1 et S_2 au point P (m);
δ, la différence de marche entre les sources et le point P, soit $\delta = r_2 - r_1$ (m);
y, la position verticale du point P par rapport à l'axe central entre les sources (m);
L, la distance entre la plaque des fentes et l'écran (m);
d, la distance entre les deux sources (m);
θ, l'angle en Q du triangle QOP, où $\tan \theta = y/L$;
λ, la longueur d'onde de la source (m).



Hypothèse des rayons parallèles

Pour estimer la valeur de δ, supposons que la distance entre les fentes est beaucoup plus petite que celle entre la plaque et l'écran. On peut alors considérer que les rayons r_1 et r_2 sont parallèles et, puisque S_1R est perpendiculaire à S_2P, l'angle au sommet S_1 du triangle S_1RS_2 est égal à θ. Par conséquent,

$$\sin\theta \approx \frac{\delta}{d}, \text{ d'où } \delta \approx d\sin\theta.$$

Hypothèse des petits angles

On peut également choisir de supposer que la frange d'interférence est à une très petite distance y de l'axe central comparativement à la distance L entre la plaque et l'écran. L'angle θ est alors très proche de 0 et le cosinus de l'angle est très proche de 1. Puisque S_1R est perpendiculaire à S_2P, l'angle au sommet S_1 du triangle S_1RS_2 est égal à θ. Par conséquent,

$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \approx \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\delta}{d},$$

d'où $\delta \approx d\sin\theta$.

Position angulaire des franges

On peut alors établir la relation entre la position des maxima et des minima sur l'écran et la longueur d'onde λ.

On note ϕ, la différence de phase entre les ondes aboutissant au point P. Puisque ces ondes n'ont pas suivi le même trajet, la différence des phases dépend de la différence des trajets. À toute différence de trajet de 2π rad correspond une longueur de trajet égale à la longueur d'onde, d'où :

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = \frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta.$$

Les points d'interférence constructive sont ceux correspondants aux déphasages qui sont des multiples entiers de 2π, soit

$$\phi = 0,\ 2\pi,\ 4\pi,\ \ldots$$

ou $\phi = 2m\pi$, où $m \in \{0, 1, 2, \ldots\}$.

Les positions des maxima sont donc données par

$$d\sin\theta = m\lambda, \text{ où } m \in \{0, 1, 2, \ldots\}.$$

Les points d'interférence destructive sont ceux correspondants aux déphasages qui sont des multiples entiers et non nuls de ϖ, soit

$$\phi = \pi,\ 3\pi,\ 5\pi,\ \ldots$$

soit $\phi = (2m + 1)\pi$, où $m \in \{0, 1, 2, \ldots\}$.

Les positions des minima sont donc données par

$$d\sin\theta = (m + 1/2)\lambda, \text{ où } m \in \{0, 1, 2, \ldots\}.$$

De plus, pour de petits angles, la distance sur l'écran entre deux maxima consécutifs est égale à $\lambda L/d$.

Avec la description mathématique, on peut prévoir le résultat de diverses expériences en modifiant par exemple la distance entre les fentes ou la longueur d'onde de la source et vérifier expérimentalement ces prévisions.