

Ondes, interférences

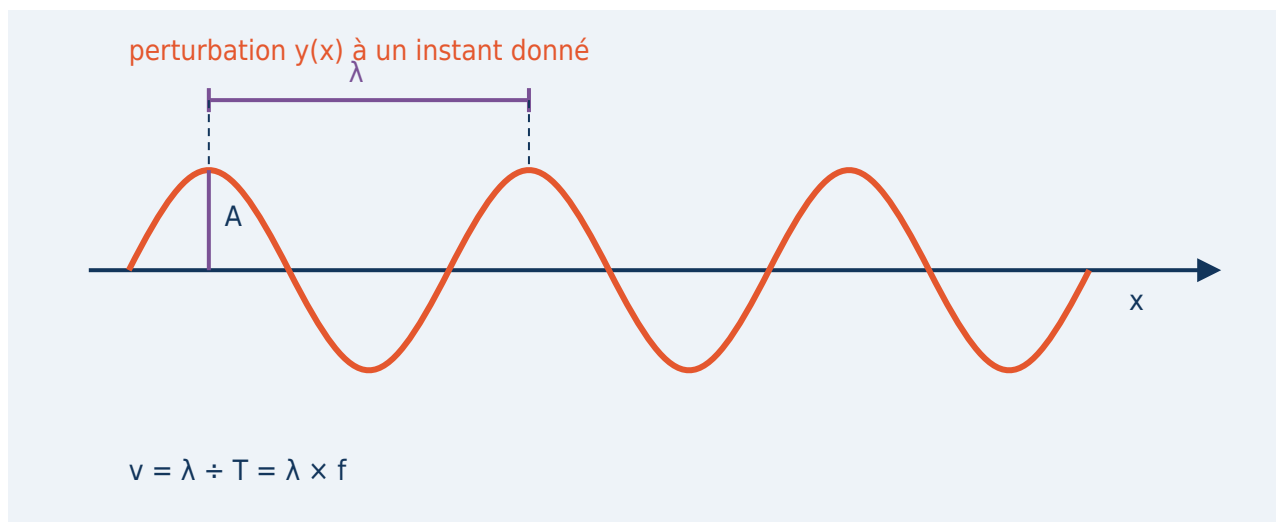
Cours de sciences physiques - niveau Terminale

Puis, on entend une conversation de l'autre côté d'une porte entrouverte sans voir personne, et un laser derrière une fente très fine dessine des franges sur un mur : dans les deux cas, ce sont des **ondes** qui se diffractent puis se superposent. De plus, les **interférences** sont la preuve la plus nette qu'un phénomène est ondulatoire. Ensuite, ce cours définit les grandeurs d'une onde périodique, puis établit les relations de la diffraction et des interférences avec des calculs rigoureux.

Ainsi, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les ondes progressives périodiques

Par ailleurs, une **onde progressive** est la propagation d'une perturbation de proche en proche, avec transport d'énergie mais sans transport de matière. Par ailleurs, une onde est **périodique** lorsque la perturbation se reproduit identique à elle-même ; sinusoïdale, elle présente une double périodicité.



La longueur d'onde λ est la période spatiale : distance entre deux points qui vibrent en phase.

DÉFINITION

De plus, la **période T** (en s) est la durée d'un motif en un point fixe ; la **fréquence f** = $1 \div T$ (en Hz) est le nombre de motifs par seconde ; la **longueur d'onde λ** (en m) est la distance parcourue par l'onde pendant une période. Puis la **célérité v** de l'onde est la vitesse de propagation de la perturbation.

FORMULE À RETENIR

$$v = \lambda \div T = \lambda \times f$$

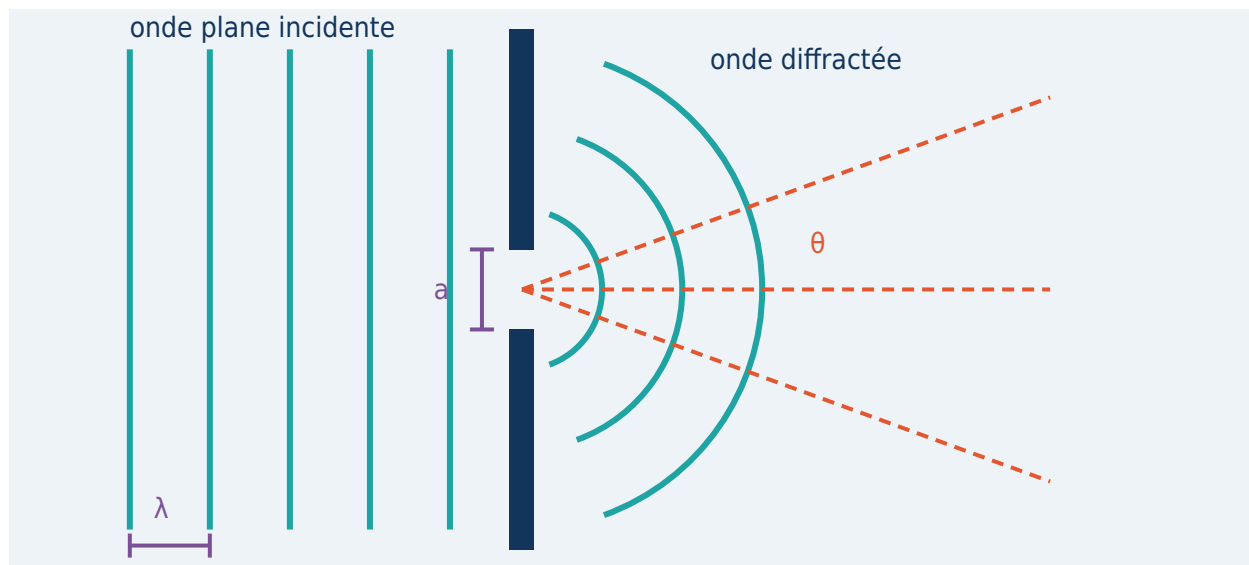
v en m/s, λ en m, T en s, f en Hz. Ensuite, la fréquence est imposée par la source ; la célérité dépend du milieu ; donc λ dépend du milieu.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Donc, un son de fréquence $f = 440$ Hz se propage dans l'air à $v = 340$ m/s : $\lambda = v \div f = 340 \div 440 \approx \mathbf{0,77\text{ m}}$. Puis une lumière de fréquence $5,0 \times 10^{14}$ Hz dans le vide ($c = 3,00 \times 10^8$ m/s) a pour longueur d'onde $\lambda = c \div f = \mathbf{6,0 \times 10^{-7}\text{ m} = 600\text{ nm}}$.

La diffraction des ondes

Enfin, quand une onde rencontre une ouverture ou un obstacle dont la taille est **comparable ou inférieure à sa longueur d'onde**, elle ne se propage plus en ligne droite derrière l'ouverture : elle s'étale. C'est la **diffraction**. De plus, la fréquence de l'onde ne change pas.



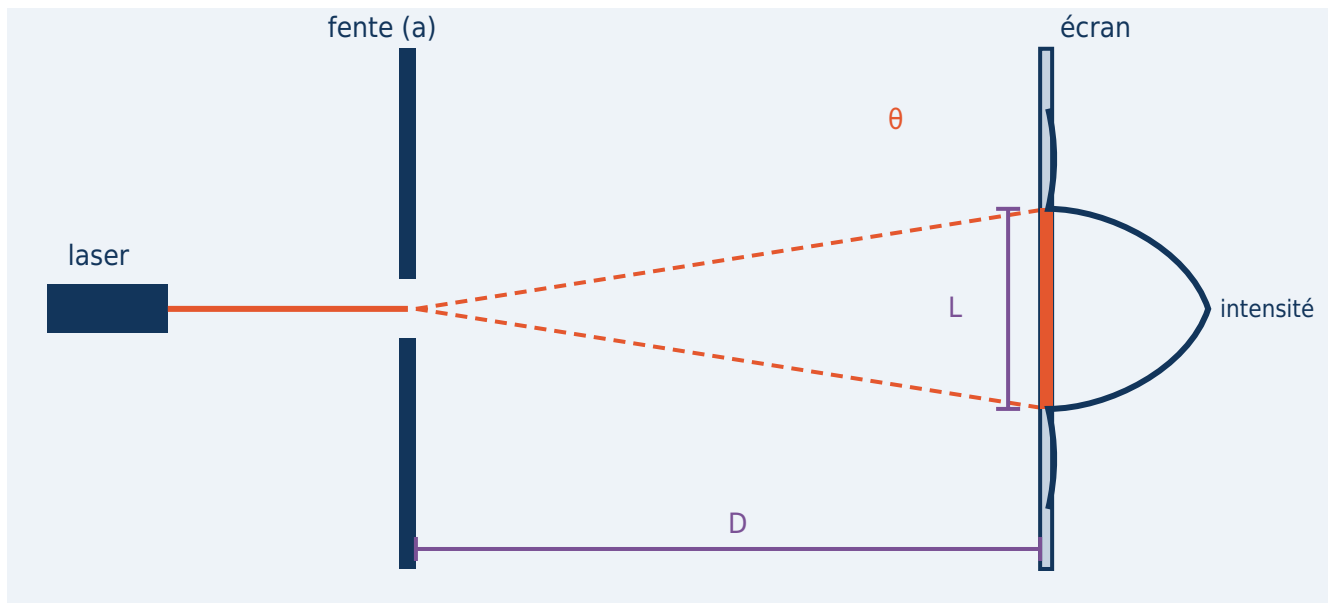
Derrière une fente de largeur a voisine de λ , l'onde s'étale dans un cône d'écart angulaire θ .

FORMULE À RETENIR

$$\theta = \lambda \div a$$

θ : demi-écart angulaire de la tache centrale, en radians (rad), pour de petits angles ; λ et a en mètres. Plus l'ouverture est petite, plus la diffraction est marquée.

Observée sur un écran placé à la distance D de la fente (D grand devant a), la **tache centrale** est large de L , avec $\tan \theta \approx \theta = L \div (2D)$.



La tache centrale, d'intensité maximale, est limitée par les deux premiers minima : $L = 2 \lambda D \div a$.

FORMULE À RETENIR

$$L = 2 \lambda D \div a$$

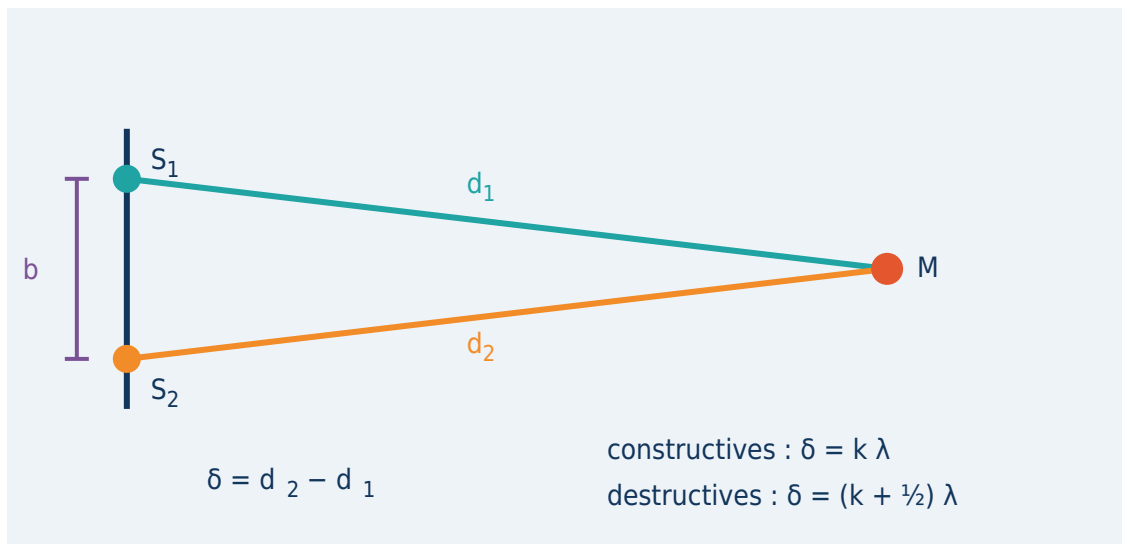
L largeur de la tache centrale, D distance fente-écran, a largeur de la fente, tous en mètres.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Laser de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$, fente de largeur $a = 0,100 \text{ mm}$, écran à $D = 2,00 \text{ m}$. $\theta = 633 \times 10^{-9} \div 1,00 \times 10^{-4} \approx 6,33 \times 10^{-3} \text{ rad}$. $L = 2 \times 633 \times 10^{-9} \times 2,00 \div 1,00 \times 10^{-4} \approx \mathbf{2,53 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,53 \text{ cm}}$. Ensuite, en divisant a par 2, la tache est deux fois plus large.

Les interférences de deux ondes

Ensuite, lorsque deux ondes de même nature se rencontrent en un point, leurs perturbations s'additionnent : c'est le **principe de superposition**. Si les deux sources sont **cohérentes** (même fréquence et déphasage constant), on observe en chaque point une perturbation stable : ce sont des **interférences**.



La différence de marche $\delta = d_2 - d_1$ détermine la nature des interférences au point M.

DÉFINITION

Puis, la **différence de marche** au point M est $\delta = d_2 - d_1$, où d_1 et d_2 sont les distances de M aux deux sources. Par ailleurs, pour des sources en phase :

PROPRIÉTÉ

Interférences constructives (amplitude maximale) : $\delta = k \times \lambda$, avec k entier relatif.

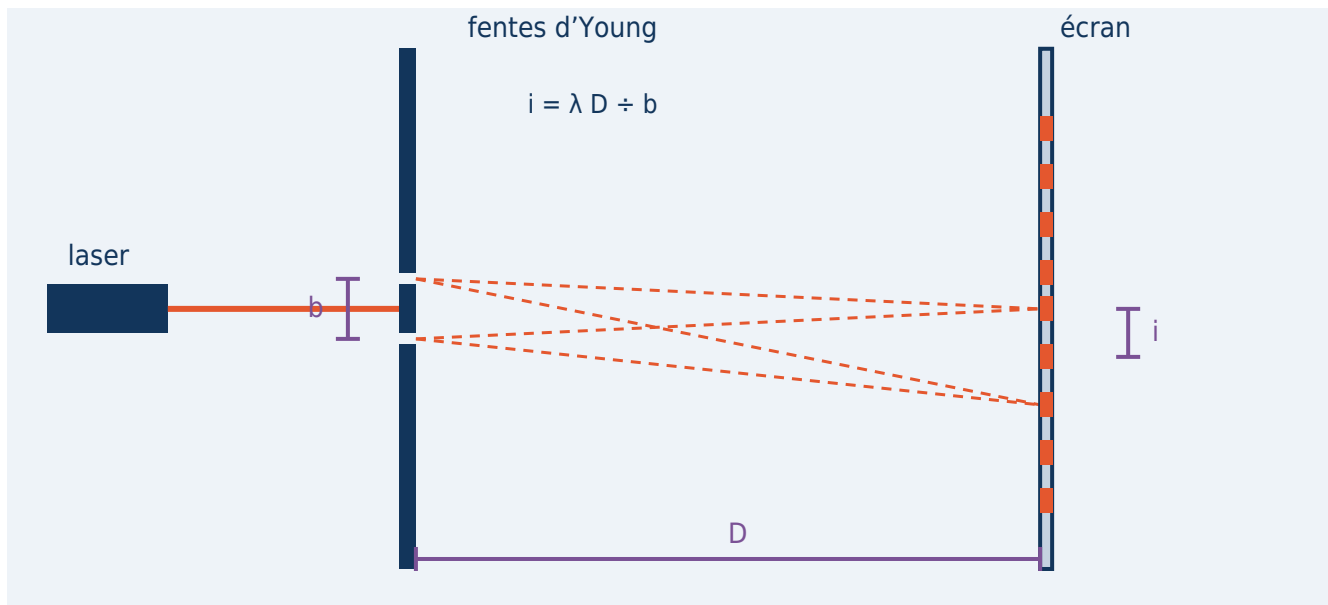
Interférences destructives (amplitude minimale ou nulle) : $\delta = (k + \frac{1}{2}) \times \lambda$. Si δ n'est ni l'un ni l'autre, l'amplitude est intermédiaire.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Ainsi, deux haut-parleurs émettent un même son de fréquence 680 Hz ($\lambda = 340 \div 680 = 0,500$ m). Puis un point M est à $d_1 = 3,00$ m de l'un et $d_2 = 3,25$ m de l'autre : $\delta = 0,25$ m = $\lambda \div 2$, donc **interférences destructives** : on entend un minimum de son.

Les fentes d'Young et l'interfrange

Par ailleurs, pour obtenir deux sources lumineuses cohérentes, on éclaire deux fentes très fines par la même source : on observe sur l'écran des **franges** alternativement claires et sombres. Avec b la distance entre les fentes et D la distance fentes-écran (D grand devant b), la différence de marche en un point d'abscisse x vaut $\delta = b \times x \div D$. Ensuite, les franges brillantes correspondent à $\delta = k \lambda$, donc $x_k = k \lambda D \div b$.



Sur l'écran, les franges brillantes sont régulièrement espacées de l'interfrange $i = \lambda D \div b$.

FORMULE À RETENIR

$$i = \lambda \times D \div b$$

i interfrange (distance entre deux franges brillantes consécutives), λ longueur d'onde, D distance fentes-écran, b distance entre les fentes, tous en mètres.

APPLICATION NUMÉRIQUE

$\lambda = 633 \text{ nm}$, $b = 0,200 \text{ mm}$, $D = 1,50 \text{ m}$: $i = 633 \times 10^{-9} \times 1,50 \div 2,00 \times 10^{-4} \approx \mathbf{4,75 \times 10^{-3} \text{ m} = 4,75 \text{ mm}}$. Puis la quatrième frange brillante est à $x_4 = 4 i \approx 19,0 \text{ mm}$ du centre.

Applications et erreurs fréquentes

De plus, la diffraction limite la netteté des instruments (téléscopes, microscopes) et sert à mesurer des diamètres de fils très fins ; les interférences servent à mesurer des longueurs d'onde, à contrôler la planéité des surfaces et, pour le son, au **contrôle actif du bruit** : un casque émet un son en opposition de phase avec le bruit ambiant pour l'atténuer.

ERREUR FRÉQUENTE

Ne confonds pas la **diffraction** (une onde, une ouverture) avec les **interférences** (deux ondes cohérentes). N'écris pas $\theta = \lambda \div a$ avec a en millimètres et λ en nanomètres : convertis tout en mètres. Enfin, l'énergie n'est pas détruite aux minima : elle est redistribuée vers les maxima.

L'essentiel à retenir

- Onde périodique : $v = \lambda \div T = \lambda f$; la fréquence est imposée par la source.
- Diffraction : une ouverture de largeur a étale l'onde ; $\theta = \lambda \div a$ (rad) ; $L = 2 \lambda D \div a$.
- Interférences : superposition de deux ondes cohérentes ; $\delta = d_2 - d_1$.
- Constructives : $\delta = k \lambda$; destructives : $\delta = (k + \frac{1}{2}) \lambda$.
- Fentes d'Young : interfrange $i = \lambda D \div b$.
- Donc, la diffraction et les interférences de la lumière montrent son caractère ondulatoire.

Tout le chapitre « Ondes, diffraction et interférences » en terminale

- Les exercices : Ondes, diffraction et interférences
- Le corrigé des exercices : Ondes, diffraction et interférences
- Le TP : Ondes, diffraction et interférences
- Le corrigé du TP : Ondes, diffraction et interférences
- Le QCM : Ondes, diffraction et interférences
- Le contrôle : Ondes, diffraction et interférences
- Le corrigé du contrôle : Ondes, diffraction et interférences

Chapitre précédent : Écoulement d'un fluide et relation de Bernoulli (cours)

Chapitre suivant : L'effet Doppler (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en terminale et le programme complet de sciences physiques en terminale.