

## 1 DIFFRACTION DES ONDES

✚ *Qu'est-ce que le phénomène de diffraction ? (voir activité expérimentale)*

Lorsqu'une onde mécanique ou lumineuse rencontre un ..... (ou une .....), sa ..... de propagation est modifiée : c'est le phénomène de diffraction

- ➔ La longueur d'onde reste inchangée.
- ➔ L'onde diffractée présente alors des maxima et des minima d'amplitude (voir Fig 1 et 2).

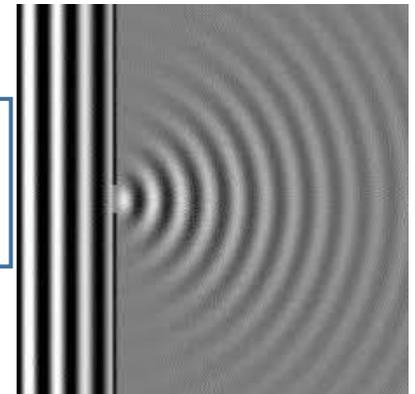


Fig 1 : Diffraction des ondes à la surface de l'eau

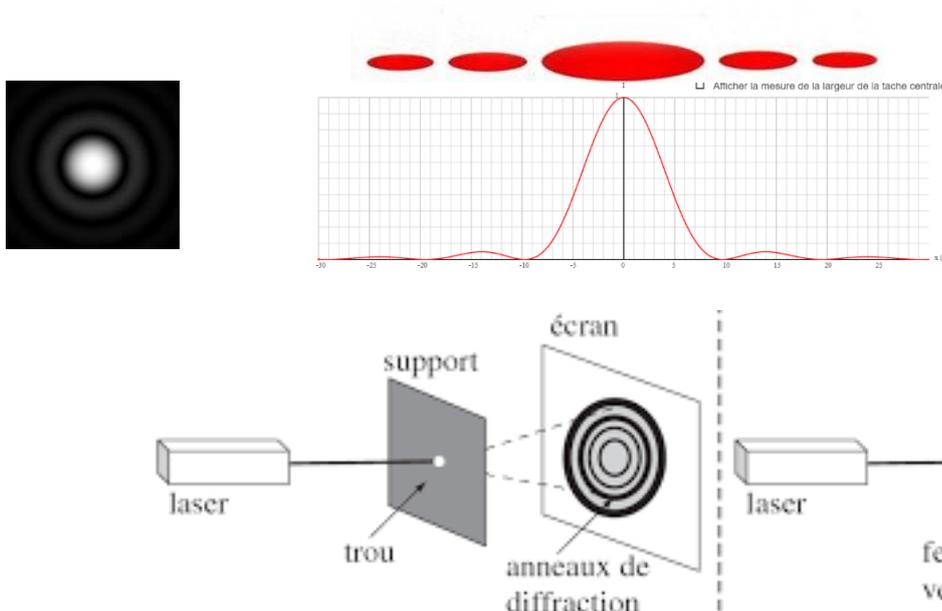


Fig 2 : Diffraction et figures de diffraction d'ondes lumineuses

✚ *Dans quelles conditions observe-t-on des phénomènes de diffraction ?*

L'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la ..... d'une onde progressive sinusoïdale **par rapport aux dimensions de l'ouverture de l'obstacle.**

### Conditions d'observation

Dimensions maximales de l'ouverture :  
– du même ordre de grandeur que  $\lambda$  pour les ondes mécaniques ;  
– égales à quelques dizaines de longueurs d'onde pour les ondes lumineuses.

100 longueurs d'onde max

✚ *A quoi correspond l'écart angulaire de diffraction ?*

L'importance du phénomène de diffraction est mesurée par la mesure de **l'angle de diffraction**, angle entre la direction de propagation de l'onde en l'absence de diffraction et la direction définie par le milieu de la première extinction

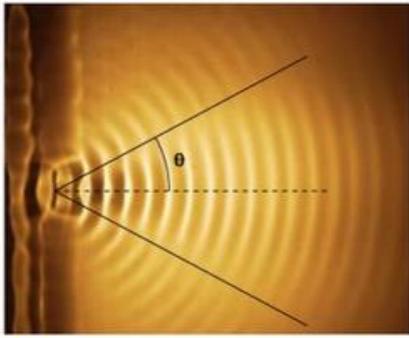


FIG. 3 Diffraction d'une onde mécanique plane sur l'eau.

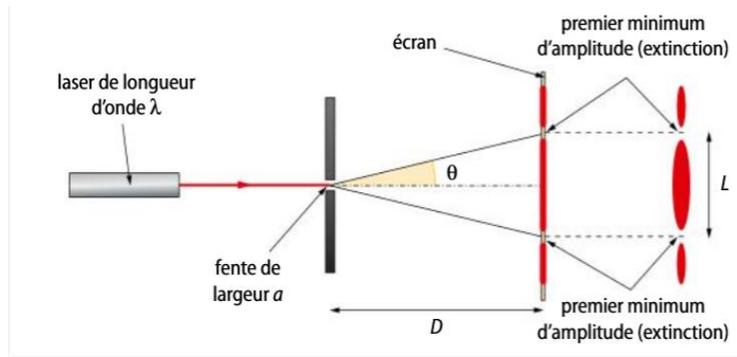


FIG. 5 Diffraction de la lumière d'un laser par une ouverture de dimension  $a$ .

Fig 3 et 5 : Ecart angulaire de diffraction dans le cas d'ondes mécaniques ou lumineuses

Cet écart angulaire noté  $\theta$  dépend de la ..... et de la ..... de l'objet diffractant. Il **augmente** lorsque la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde progressive sinusoïdale ..... et lorsque la dimension de l'objet diffractant  $a$  de l'obstacle ou de l'ouverture .....

Il est obtenu par la relation :

$$\theta =$$

On a aussi :

$$\tan \theta \approx \theta = \frac{l}{2D}$$

**Remarque :**

• Pour les ondes lumineuses, dans le cas d'une ouverture circulaire de diamètre  $d$  et d'un rapport  $\frac{\lambda}{d}$  petit :

$$\theta \text{ en rad} \rightarrow \theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$$

$\lambda$  en m       $d$  en m

Pour résumer le phénomène de diffraction:

[Capsule n° 1](#)



**Où rencontre-t-on de la diffraction ?**

Le phénomène de diffraction intervient dans de nombreuses situations physiques : lecture optique, cristallographie, astronomie, acoustique...

- Sur un Blu-ray Disc (BD), l'augmentation de la capacité de stockage, par rapport à un DVD, nécessite des pistes plus serrées. Or le faisceau laser qui permet la lecture est élargi par diffraction et peut déborder sur deux pistes attenantes. Il faut donc utiliser une radiation avec la plus petite longueur d'onde possible (schémas C).
- En astronomie, la monture des objectifs diffracte la lumière reçue : pour une bonne résolution, il faut augmenter leur diamètre.

**C Lecture optique et diffraction**

<p><b>DVD</b> Laser rouge 650 nm</p> <p>Faisceau de 1,3 <math>\mu\text{m}</math> de diamètre</p> <p>0,74 <math>\mu\text{m}</math> d'écart entre les pistes</p>	<p><b>BD</b> Laser violet 405 nm</p> <p>Faisceau de 0,58 <math>\mu\text{m}</math> de diamètre</p> <p>0,32 <math>\mu\text{m}</math> d'écart entre les pistes</p>
--	---

### Application

Adrien est très en retard à son cours de physique. Voyant la porte de la salle de classe ouverte et sachant que son professeur ne l'acceptera pas en classe, il décide de rester dans le couloir.

Pensez-vous qu'il pourra suivre le cours de physique en écoutant dans le couloir ?

Données : Le son produit par le professeur a une fréquence égale à 800 Hz. L'ouverture de la porte mesure 1,0 m. On prendra  $v_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



## 2 INTERFERENCES

### ✚ *Quand observe-t-on expérimentalement des phénomènes d'interférences ?*

#### ➤ Interférences d'ondes mécaniques à la surface de l'eau.

Lorsque 2 ondes mécaniques de même longueur d'onde se rencontrent, elles se superposent géométriquement : on constate par endroit qu'elles se renforcent en s'additionnant et, par ailleurs, elles s'annulent à d'autres : c'est le phénomène d'interférences.

#### ➤ Interférences lumineuses.

Lorsque deux faisceaux de lumière issus d'une même source se superposent, on observe le même phénomène. On obtient alors une alternance de zones brillantes et de zones sombres. Cela a surpris de nombreux physiciens du XIX<sup>ème</sup> siècle car lumière + lumière = obscurité !



FIG. 6 A interférences entre des ondes mécaniques à la surface de l'eau.  
B Interférences en lumière monochromatique

### Conclusion :

**Pour observer le phénomène d'interférences, il faut que les deux ondes respectent les conditions d'interférences :**

- ➔ **Avoir la même ..... (ou la même .....) ;**
- ➔ **Être synchrones (ou cohérentes) c'est-à-dire avoir un déphasage constant.**

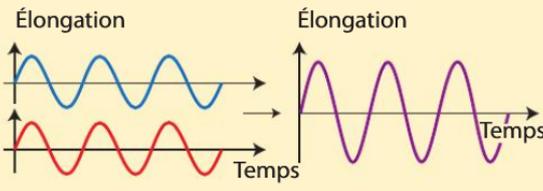
### ✚ *Interférences constructives et destructives ?*

Les deux ondes qui interfèrent sont émises simultanément par chacune des sources, mais doivent parcourir des distances différentes pour parvenir à un endroit donné du milieu.

Une onde monochromatique peut être modélisée par une succession de creux et de crêtes sous la forme d'une fonction sinusoïdale.

➤ Interférences constructives :

Si les creux et les crêtes coïncident, les deux ondes sont exactement décalées d'un ..... de la longueur d'onde  $\lambda$  : on dit que les deux ondes sont en ..... Il y a alors interférences .....

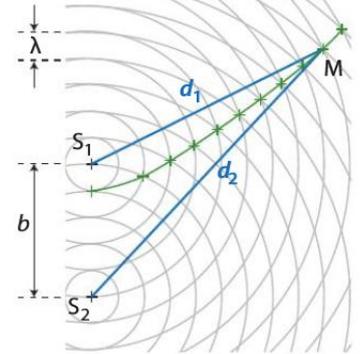


L'amplitude de l'onde résultante est alors supérieure à celle des ondes de départ.

En un point M où les interférences sont constructives (schéma E a), parviennent des ondes qui ont parcouru les distances  $d_1 = S_1M$  et  $d_2 = S_2M$  de sorte que :  $d_2 - d_1 = k \times \lambda$ , avec  $k$  entier relatif. C'est la **condition d'interférences constructives**.

**E Interférences**

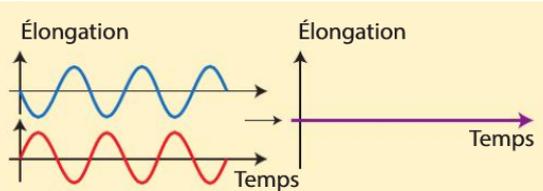
**a Constructives**



➤ Les lieux des points tels que  $d_2 - d_1 = \lambda, d_2 - d_1 = 2\lambda$ , etc. ou  $d_2 - d_1 = -\lambda, d_2 - d_1 = -2\lambda$ , etc. constituent les franges de forte amplitude.

➤ Interférences destructives :

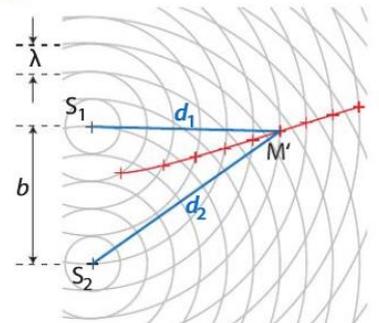
Si les creux de l'une coïncident avec les crêtes de la seconde, les deux ondes sont exactement décalées d'un multiple de la demi-longueur d'onde  $\lambda/2$  : on dit que les deux ondes sont en ..... de ..... Il y a alors interférences .....



L'amplitude de l'onde résultante est alors nulle.

En un point M' où les interférences sont destructives (schéma E b), parviennent des ondes qui ont parcouru les distances  $d_1 = S_1M'$  et  $d_2 = S_2M'$  de sorte que :  $d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda$  avec  $k$  entier relatif. C'est la **condition d'interférences destructives**.

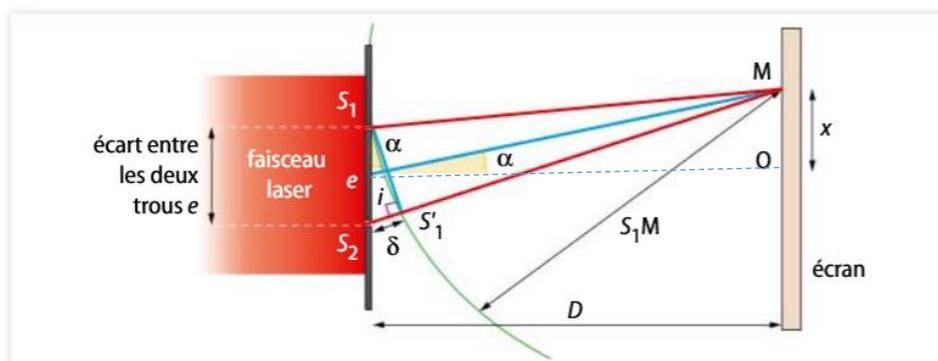
**b Destructives**



➤ Les lieux des points tels que  $d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2}, d_2 - d_1 = \frac{3\lambda}{2}$ , etc. ou  $d_2 - d_1 = -\frac{\lambda}{2}, d_2 - d_1 = -\frac{3\lambda}{2}$ , etc. constituent les franges d'amplitude nulle.

➤ Interférences de deux ondes lumineuses (voir activité expérimentale)

Dans l'expérience des trous d'Young, un faisceau laser de longueur d'onde  $\lambda$  éclaire deux trous distants d'un écart  $e$ . Ils se comportent ainsi comme deux sources synchrones, notées  $S_1$  et  $S_2$ .



**FIG. 9** Expérience des trous d'Young.



**FIG. 8** Thomas Young (1773-1829) est un illustre physicien, mathématicien et médecin.

La superposition en un point M de l'écran des deux ondes sinusoïdales dépend de la **différence de chemin optique**, notée  $\delta$ , due au déplacement supplémentaire de la deuxième onde par rapport à la première :

$\delta = S_2M - S_1M = S_2S_1'$ . Par relation trigonométrique dans l'approximation des petits angles, on peut écrire, dans le triangle IOM,  $\tan \alpha \approx \alpha = \frac{x}{D}$

Mais aussi dans le triangle  $S_1S_2S_1'$  :  $\sin \alpha \approx \alpha = \frac{\delta}{e}$

En égalisant les deux relations :  $\alpha = \frac{x}{D} = \frac{\delta}{e}$ , on obtient l'expression de la différence de chemin optique en fonction de l'abscisse  $x$  du point M :

$$\delta = \frac{e \cdot x}{D}$$

La plus petite valeur de  $x$  séparant deux points où des interférences constructives vont être observées s'appelle l'**interfrange**, noté  $i$  (FIG. 6B). Elle s'obtient pour  $\delta = \lambda$ , la distance entre ces deux interférences constructives consécutives :  $\lambda = \frac{e \cdot i}{D}$ , ce qui permet d'obtenir l'expression de l'interfrange  $i$  :

longueur d'onde (m) →  $\lambda$  ← distance entre les deux fentes et l'écran (m)

interfrange (m) →  $i = \frac{\lambda \cdot D}{e}$  ← écart entre les deux fentes (m)

Pour résumer le phénomène d'interférences :  
[Capsule n° 2](#)  
 + Capsule du livre p 373



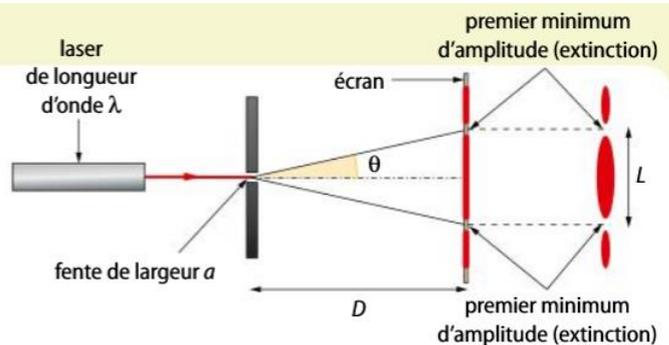
## L'ESSENTIEL A RETENIR

### 2 Diffraction d'une onde

angle caractéristique de diffraction (rad) →  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

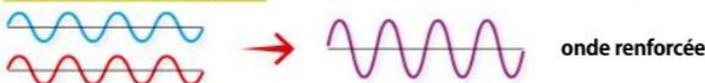
← longueur d'onde (m)  
 ← taille de l'ouverture (m)

En optique la **diffraction** vient limiter le pouvoir séparateur de la lunette astronomique.



### 3 Interférences de deux ondes

**Interférences constructives** : les ondes sont décalées de  $k \cdot \lambda$  ( $k$  entier)

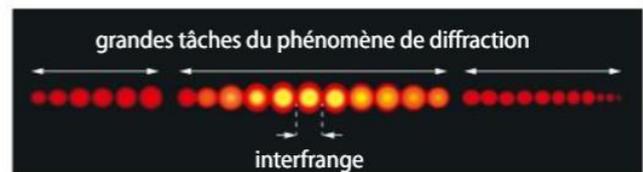


**Interférences destructives** : les ondes sont décalées de  $(k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$  ( $k$  entier)



distance entre les deux sources (m) →  $e$  ← abscisse de l'écran où se superposent les deux ondes (m)

différence de marche (m) →  $\delta = \frac{e \cdot x}{D}$  ← distance fentes écran (m)



longueur d'onde (m) →  $\lambda$  ← distance fentes écran (m)

interfrange (m) →  $i = \frac{\lambda \cdot D}{e}$  ← distance entre les deux sources (m)