

## Propriétés des ondes

### I Diffraction

#### 1 Description et observation du phénomène

Qu'est-ce qu'un rayon lumineux ?

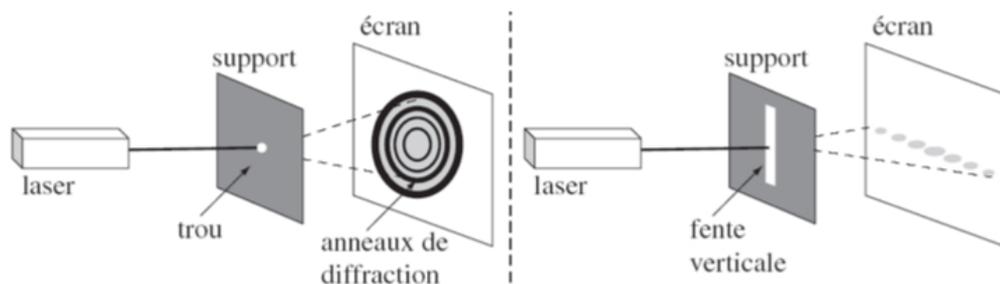
On a vu au collège qu'un rayon lumineux est le chemin suivi par la lumière, c'est à dire une ligne droite. Est-il possible d'isoler un rayon lumineux ?

Il suffit de faire passer un faisceau lumineux (un laser par exemple) à travers un trou de plus en plus petit, jusqu'à obtenir un rayon lumineux : élémentaire mon cher Watson !

**Oui, seulement voilà, quand on passe à l'action...**

On peut observer le phénomène lorsque les rayons solaires passent à travers un rideau.

#### a Phénomène



On obtient les figures suivantes selon que la lumière est monochromatique ou blanche :



lumière rouge



lumière blanche

#### b Conditions d'observation

**Mais que se passe-t-il ?**

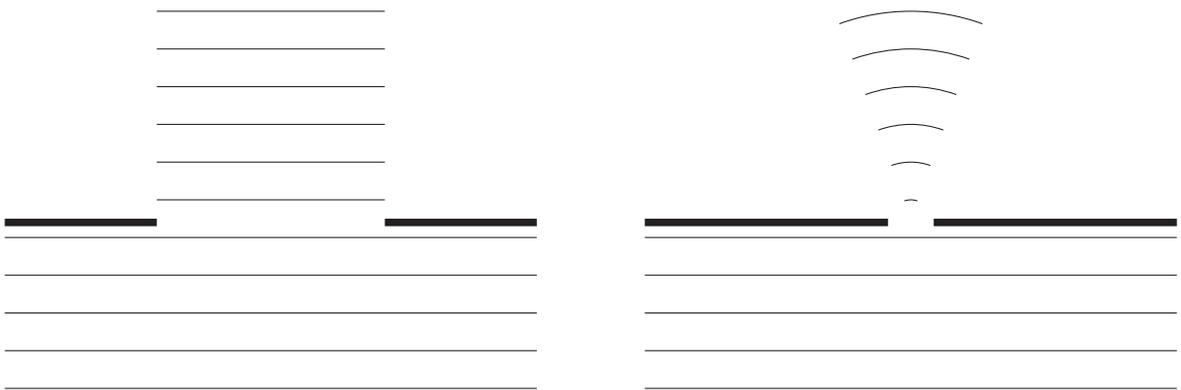
Considérons une onde plane. (sa longueur d'onde est la distance séparant deux fronts d'onde successifs)  
Cette onde plane arrive à l'encontre d'un obstacle contenant une ouverture :

→ l'ouverture est grande devant la longueur d'onde  $\lambda$

L'onde plane poursuit son chemin comme si de rien n'était... Elle reste une onde plane et la longueur est inchangée.

→ l'ouverture est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde  $\lambda$

L'orifice se comporte comme une source ponctuelle... L'onde est devenue sphérique et la longueur d'onde reste inchangée.



#### Définition

Le phénomène de diffraction dépend de la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde incidente et de la dimension  $a$  de l'obstacle (largeur de la fente ou diamètre du trou). Ce phénomène est d'autant plus marqué que  $a$  est voisin ou inférieur à  $\lambda$  (dans le cas des ondes lumineuses, le phénomène est encore apparent avec des obstacles 100 fois plus grands).

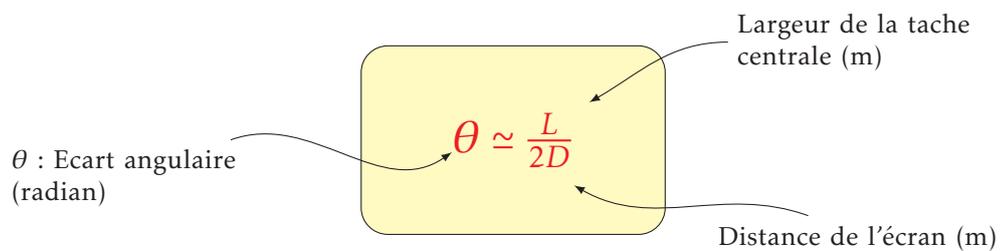
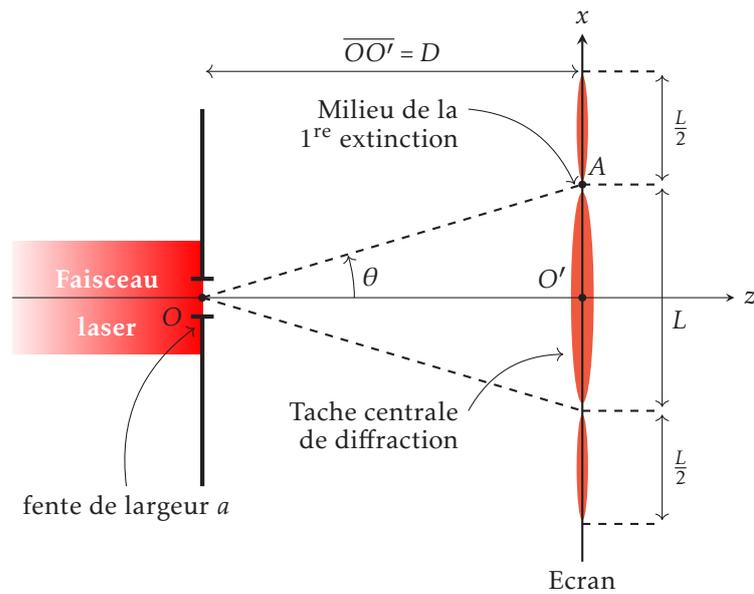
$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

$\theta$  : Ecart angulaire exprimé en radian

Longueur d'onde en mètre (m)

Dimension de l'ouverture en mètre (m)

## 2 Diffraction par une fente fine



On en déduit la relation :

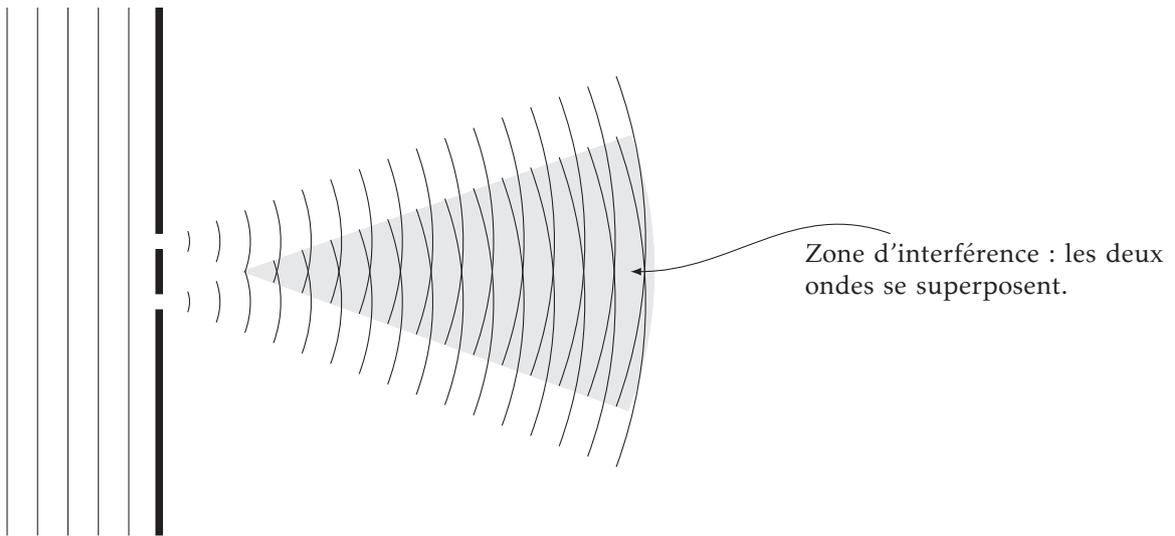
$$\frac{\lambda}{a} \approx \frac{L}{2D}$$

## II Interférences

Où comment "lumière + lumière = obscurité" (ou "bruit + bruit = silence")

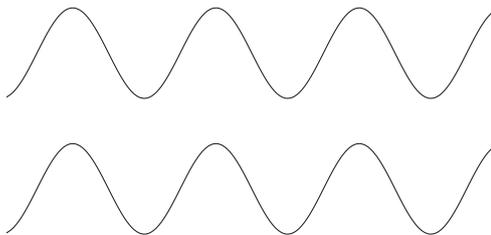
Rien que ça !!

Imaginons un faisceau laser arrivant sur une fente double de Young : ces deux fentes, par diffraction se comportent comme deux sources ponctuelles de même longueur d'onde et en phase.



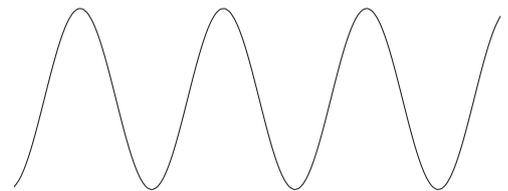
**Que se passe-t-il quand deux ondes de même fréquence se superposent ?**

→ Si les ondes sont en phase :



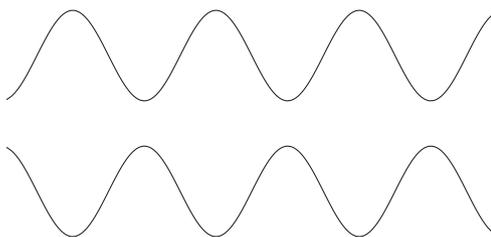
Les sommets "s'ajoutent" aux sommets

⇒



Interférences constructives

→ Si les ondes sont en opposition de phase :

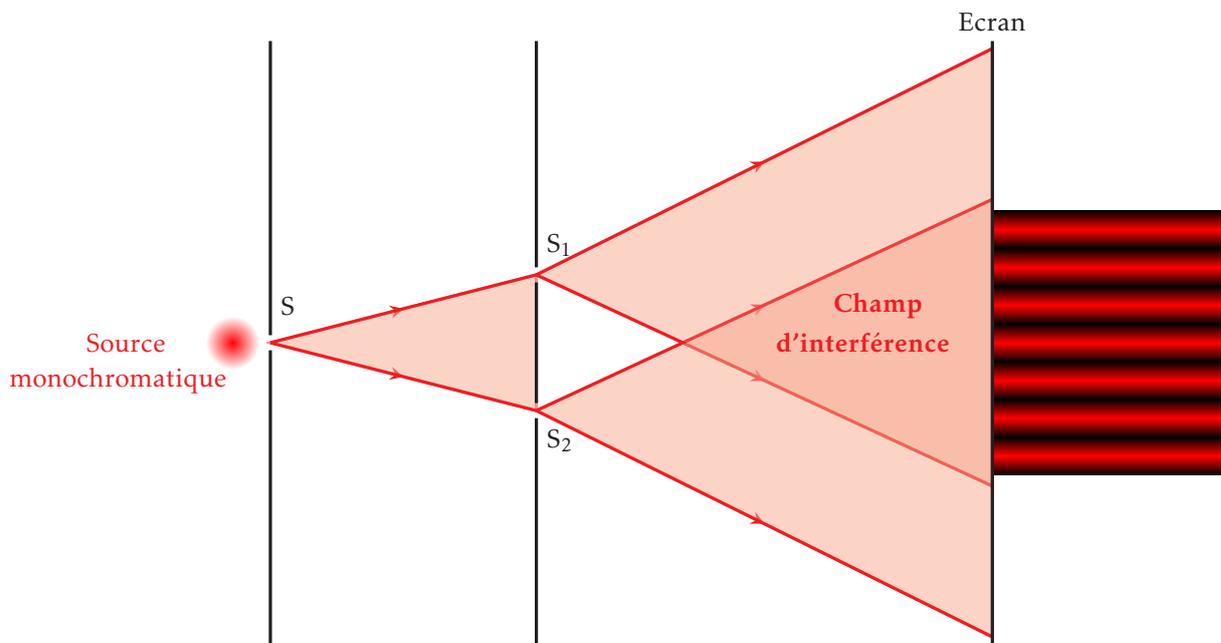


Les sommets "s'ajoutent" aux creux

⇒



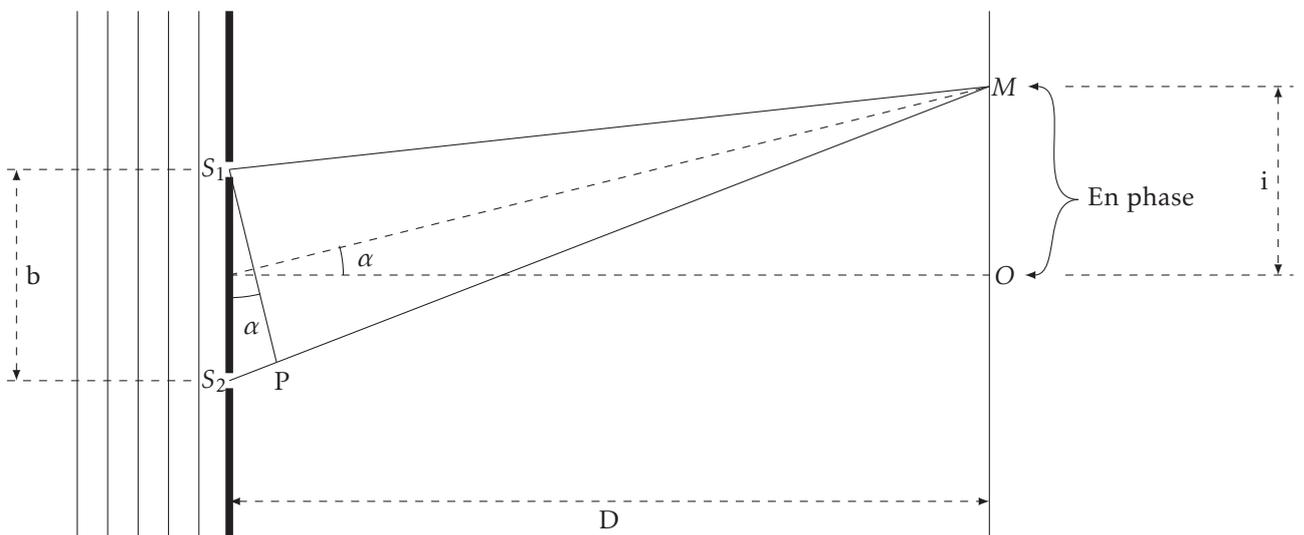
Interférences destructives



### Définition

L'interfrange est la distance séparant deux franges sombres (ou brillantes) successives.

### Calcul de l'interfrange



Les rayons lumineux  $S_1M$  et  $S_2M$  arrivent en phase au point  $M$ , bien que n'ayant pas parcouru les mêmes distances.

Cela signifie que la différence de distance est égale à une longueur d'onde  $\lambda$ .

Le triangle  $S_1MP$  est isocèle.

La distance  $S_2P = \delta$  est appelée différence de marche.

### Propriété

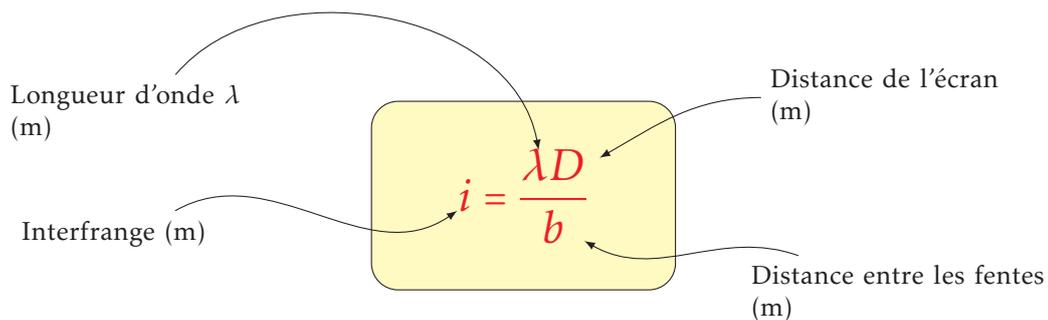
- Il y a interférence constructive si les deux ondes arrivent en phase, c'est-à-dire si la différence de marche est un multiple de la longueur d'onde :  $\delta = k\lambda$
- Quand les deux ondes arrivent en opposition de phase, il y a interférence destructive donc la différence de marche est un multiple impair de la demi-longueur d'onde :  $\delta = \frac{2k+1}{2}\lambda$

Calculons la différence de marche  $\delta$  :

L'angle  $\alpha$ , très exagéré sur la figure, est en fait très petit.

Or, pour les angles petits (exprimés en radian),  $\alpha = \sin \alpha = \tan \alpha$

On peut donc écrire :  $\frac{\delta}{b} = \frac{i}{D}$



### III Effet doppler

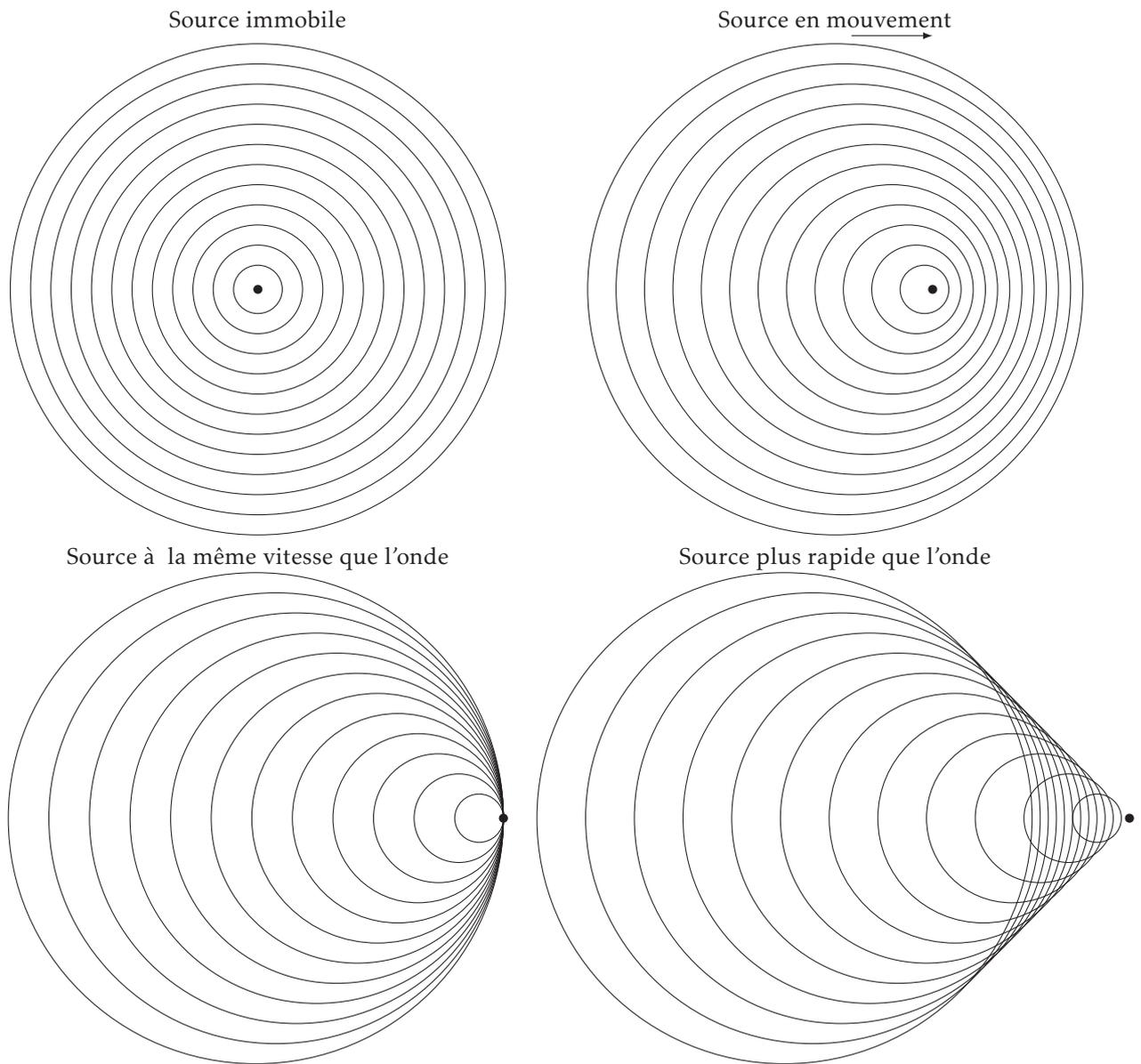
#### Définition

L'effet Doppler est le changement apparent de la fréquence d'une onde reçue par un observateur mobile par rapport à une source émettrice fixe ou bien par un observateur fixe par rapport à une source émettrice mobile.

#### Propriété

La célérité d'une onde dans un milieu ne dépend pas de la source, mais que du milieu de propagation.

Ainsi, une source en mouvement peut rattraper l'onde qu'elle émet !



### Propriété

Lorsque la source se déplace, les fronts d'onde sont plus rapprochés devant la source : la longueur d'onde étant plus courte, la fréquence de l'onde perçue est donc plus élevée.  
Derrière la source, les fronts d'onde sont plus éloignés, la fréquence perçue est donc plus faible.

Si on choisit toujours comme sens positif, le sens de propagation de l'onde et qu'on appelle  $c$  la célérité de l'onde,  $V_e$  et  $V_r$  les vitesses algébriques des émetteur et récepteur de l'onde, alors :

$$f = \frac{c - V_r}{c - V_e} \times f_e$$

$f$  est la fréquence perçue et  $f_e$  la fréquence de l'émetteur  
 $c$  est toujours positive

le signe des vitesses est toujours relatif au sens de propagation de l'onde

**Applications :** pour mesurer des vitesses (voiture, globules rouges...) et en astrophysique (expansion de l'univers)