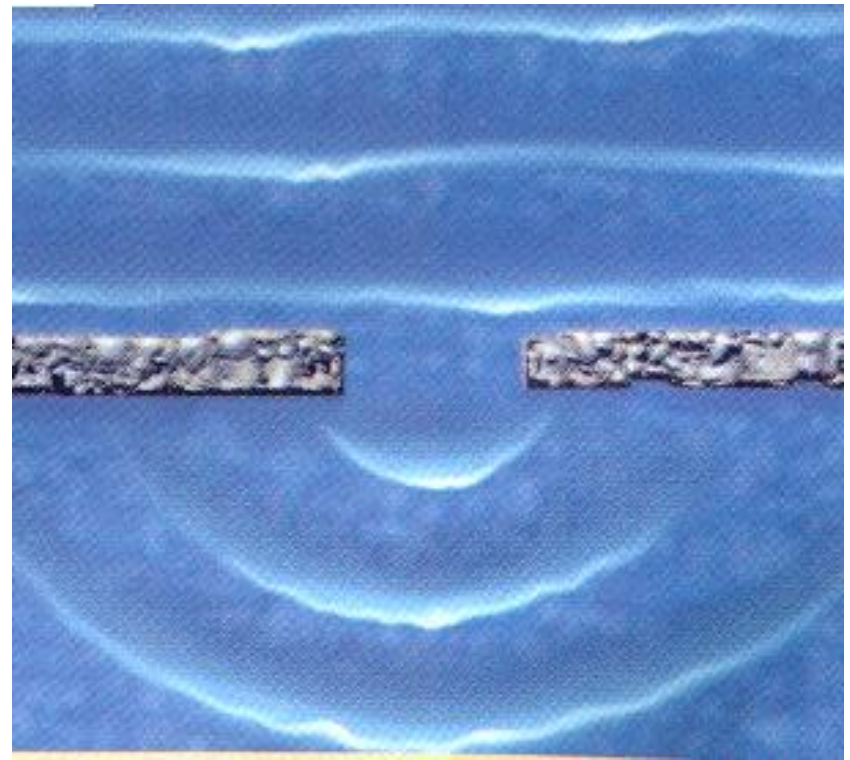


Propriétés des ondes

I/Diffraction des ondes



Lorsqu'une onde rencontre un obstacle d'une certaine dimension, sa direction de propagation est modifiée: c'est le phénomène de **diffraction**.

Expériences

Onde mécanique

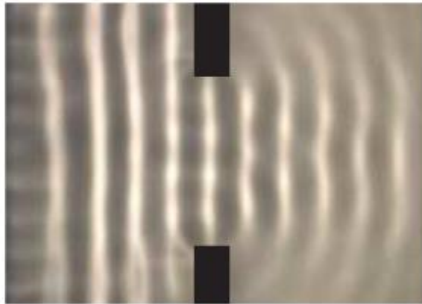


Fig. 1 Ondes à la surface de l'eau, à travers une fente de largeur 5,0 cm.

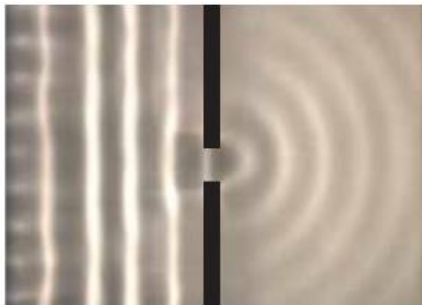


Fig. 2 Ondes à la surface de l'eau, à travers une fente de largeur 1,0 cm.

Onde lumineuse

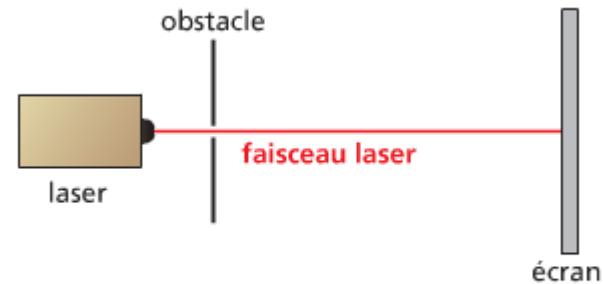


Fig. 1 Lumière déviée ou non au passage de l'obstacle.

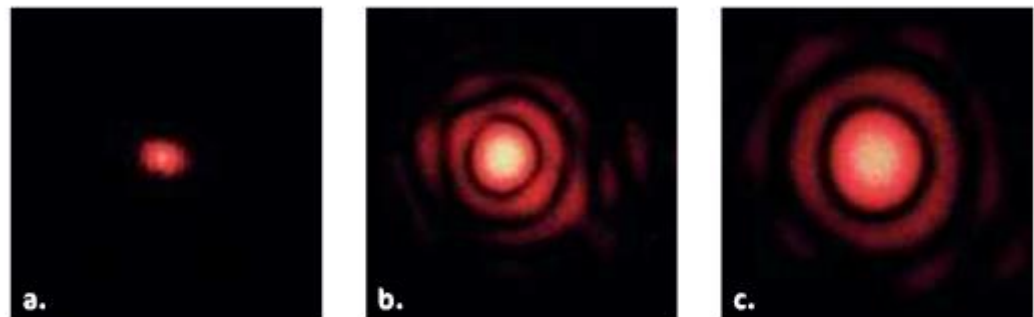
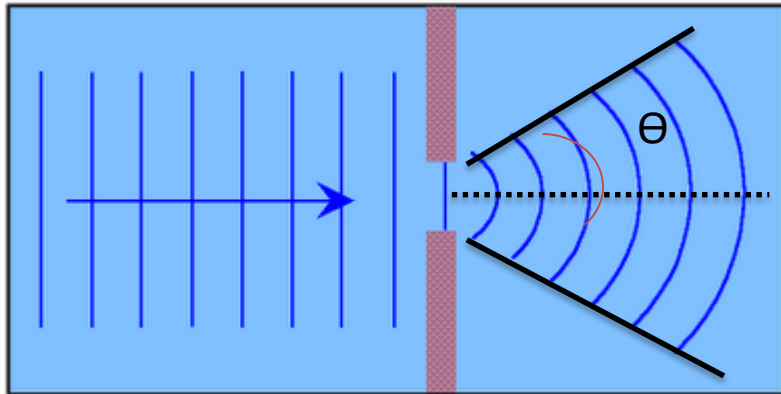


Fig. 2 Aspect de l'écran :
a. avec un trou très grand. b. avec un petit trou. c. avec un très petit trou.

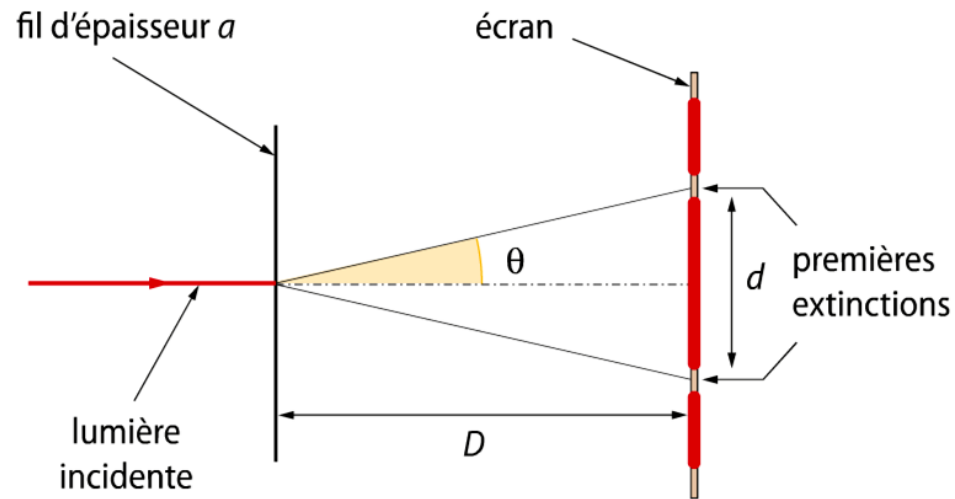
La **diffraction** étant **caractéristique des ondes**, ces expériences montrent le caractère ondulatoire de la lumière.

Le **phénomène de diffraction** dépend de la **longueur d'onde λ** de l'onde incidente et de la **dimension « a »** de l'obstacle. Il est d'autant plus marqué que « a » **est voisin ou inférieur à λ**

Ecart angulaire



Onde mécanique



Onde lumineuse

Dans le cadre de l'approximation des petits angles,

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

L'écart angulaire de diffraction noté Θ est l'angle entre la direction de propagation de l'onde non diffractée et la direction définie par la première extinction.

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

θ : écart angulaire en radian **rad**

λ : longueur d'onde en mètre **m**

a : dimension de l'obstacle **m**

Remarque dans le cas des ondes lumineuses, on peut aussi écrire (valable pour des petits angles)

$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$$

II/ Interférences de deux ondes

Superposition de deux ondes

Il y a **interférence** en tout point d'un milieu où deux ondes de même fréquence (synchrones) se superposent. L'élongation résultante en un point est la somme des élongations des deux ondes en ce point.

Dans une cuve à ondes, deux sources synchrones S_1 et S_2 créent des ondes circulaires progressives périodiques à la surface de l'eau (Fig. 7).

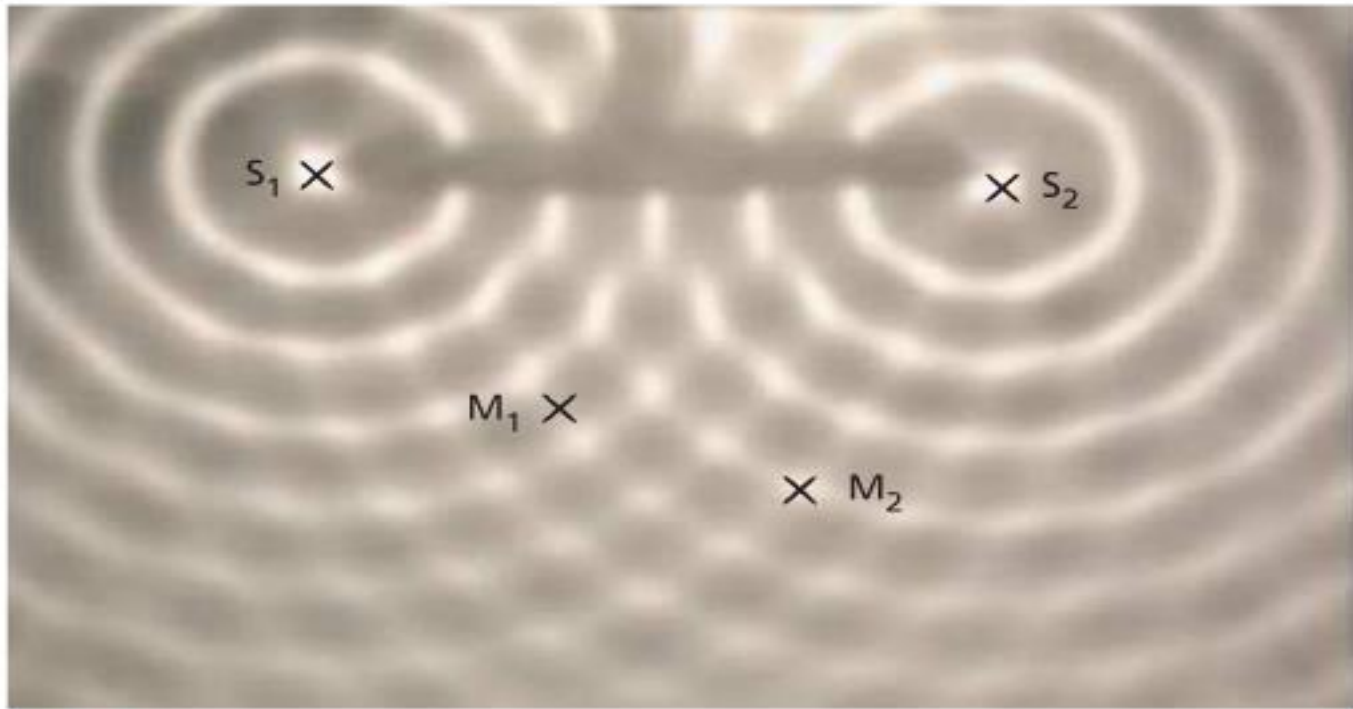


Fig. 7 Interférences à la surface de l'eau : $S_1 S_2 = 8,0\text{ cm}$.

En M_1 , les ondes issues des deux sources S_1 et S_2 se superposent. M_1 est sur le creux de l'onde issue de S_1 et sur un sommet de l'onde issue de S_2 . Ces deux ondes s'annulent en M_1

En M_2 , les ondes issues des deux sources S_1 et S_2 se superposent. M_2 est sur le sommet de l'onde issue de S_1 et sur un sommet de l'onde issue de S_2 . Ces deux ondes s'additionnent en M_2

Interférence constructives et destructives

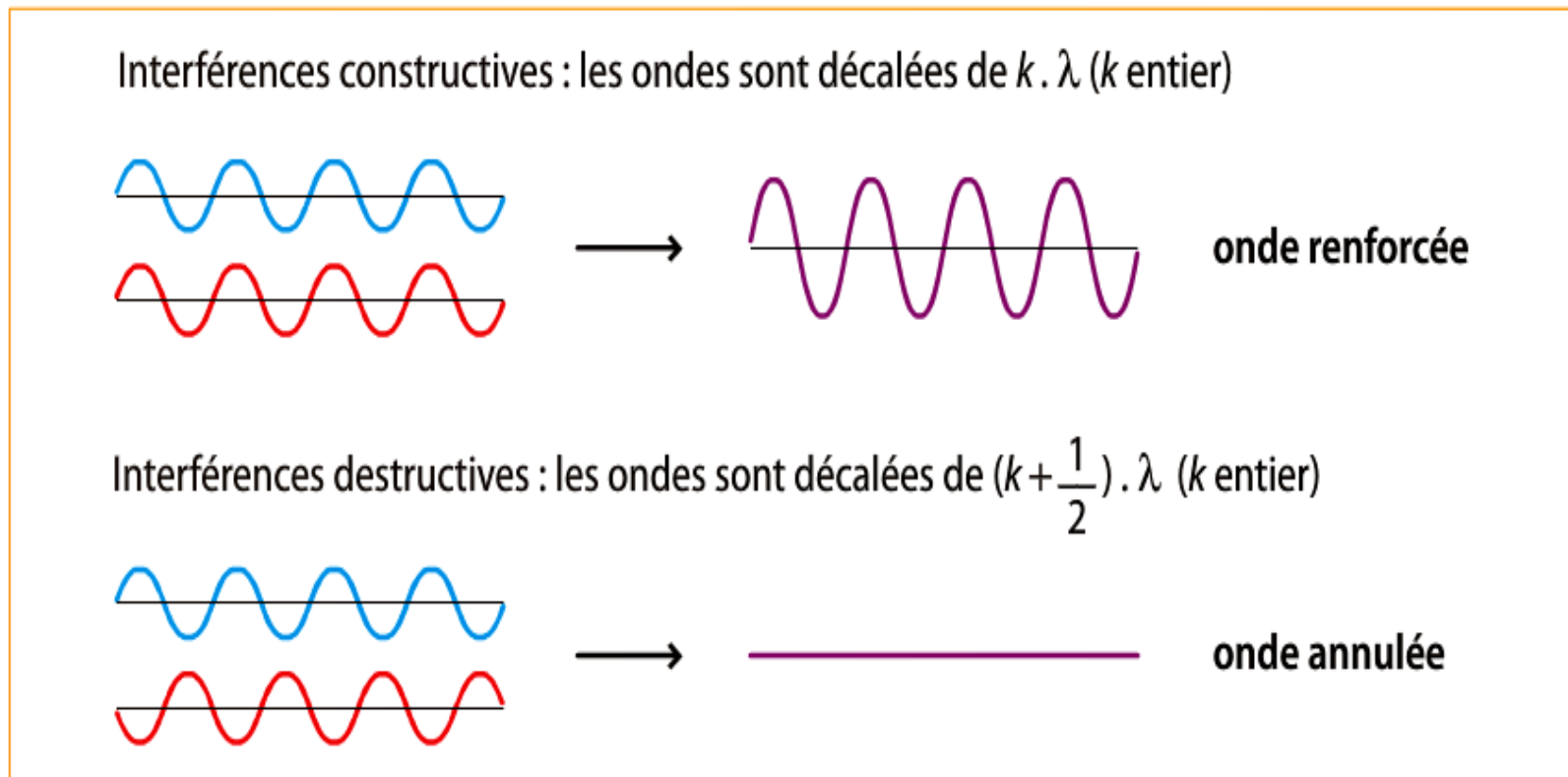


Fig. 6 Conditions d'interférences constructives ou destructives.

Le décalage entre les ondes est aussi appelé la **différence de marche notée δ** (delta)

C'est la différence entre les deux distances

$$d_2 = S_2M \text{ et } d_1 = S_1M : \quad \delta = d_2 - d_1$$

δ peut prendre des valeurs positives ou négatives

$\delta = k.\lambda$ (Interférences constructives) k entier

$\delta = (k + \frac{1}{2}).\lambda$ (Interférences destructives)

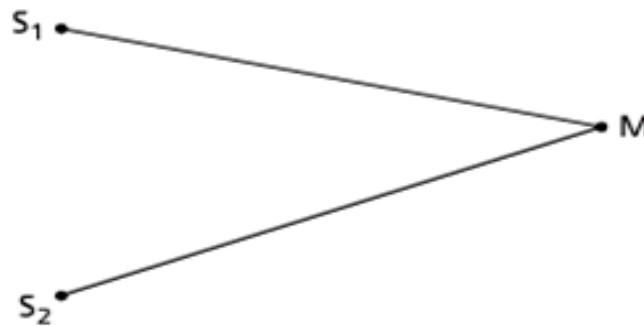
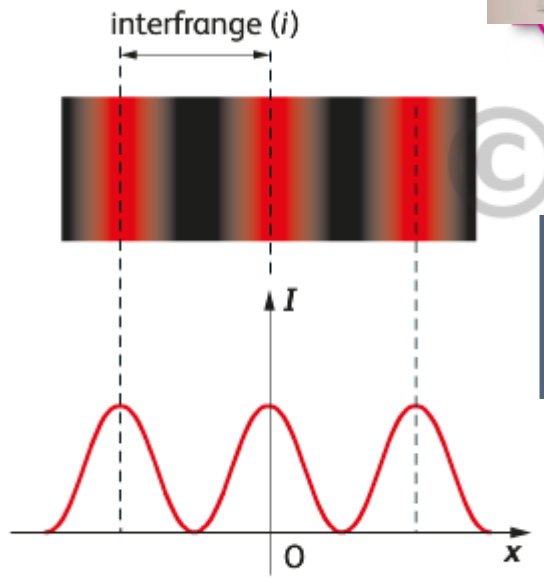
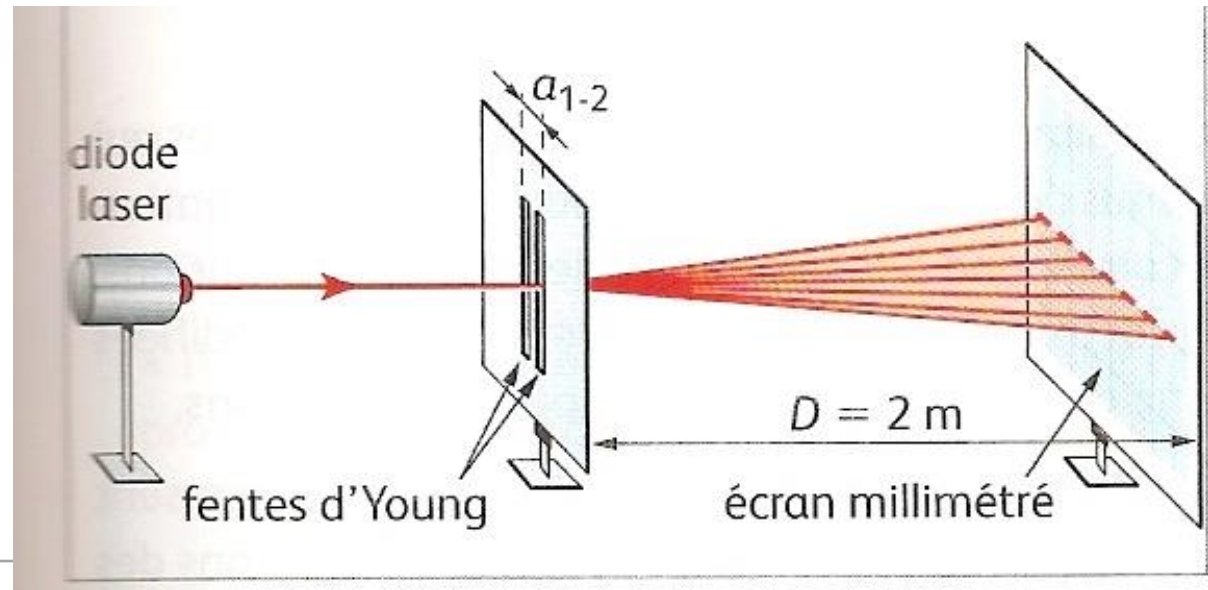


Fig. 11 Différence de marche :
 $\delta = S_2M - S_1M$.

Cas de la lumière

Expérience



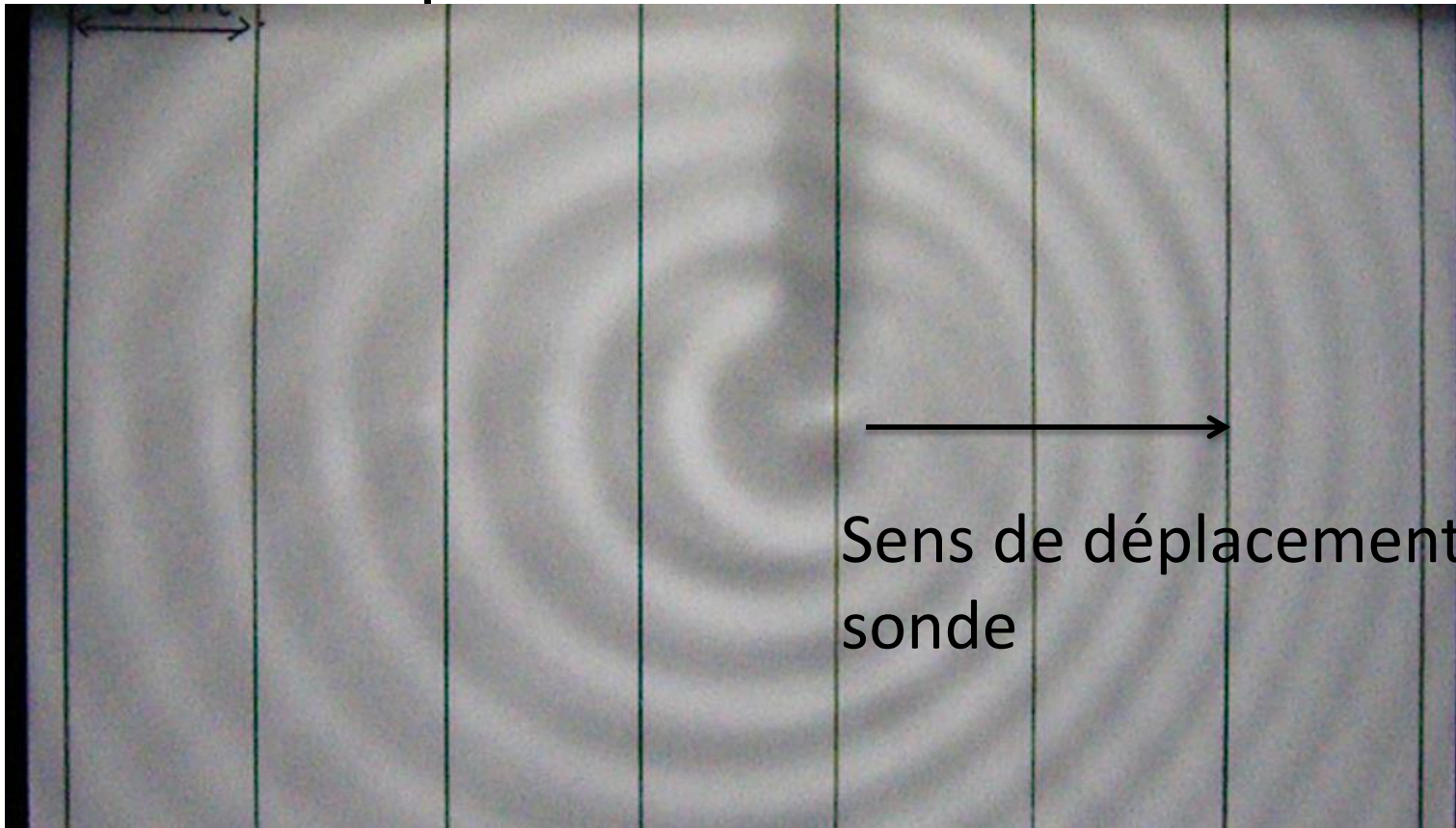
$$i = \frac{\lambda \cdot D}{a_{1-2}}$$

i : interfrange (m)
 λ : longueur d'onde (m)
 D : distance entre fentes et écran (m)
 a_{1-2} : distance entre les deux fentes (m)

III/ Effet Doppler

Expérience cuve à onde

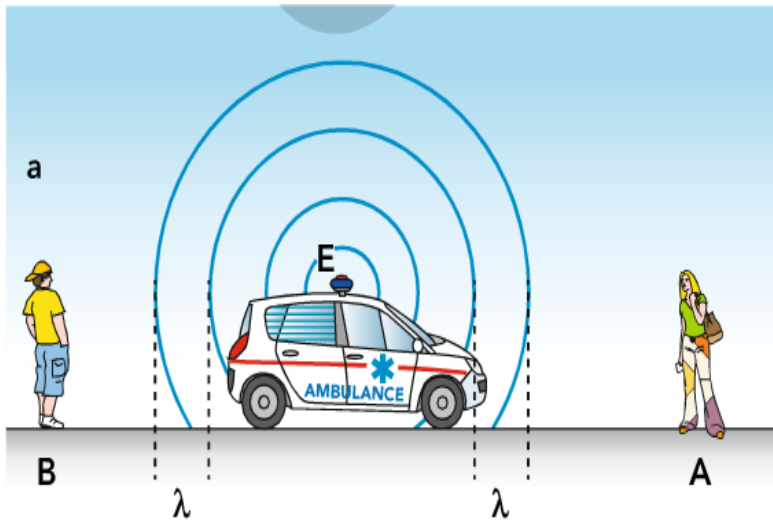
Que peut-on dire de la longueur d'onde lorsque la source avance?



Sens de déplacement de la sonde

Lorsque la source se déplace, la longueur d'onde varie, sa fréquence aussi.

L'effet Doppler est la variation de fréquence d'une onde mesurée entre l'émission et la réception $\Delta f = f_R - f_E$, lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps.



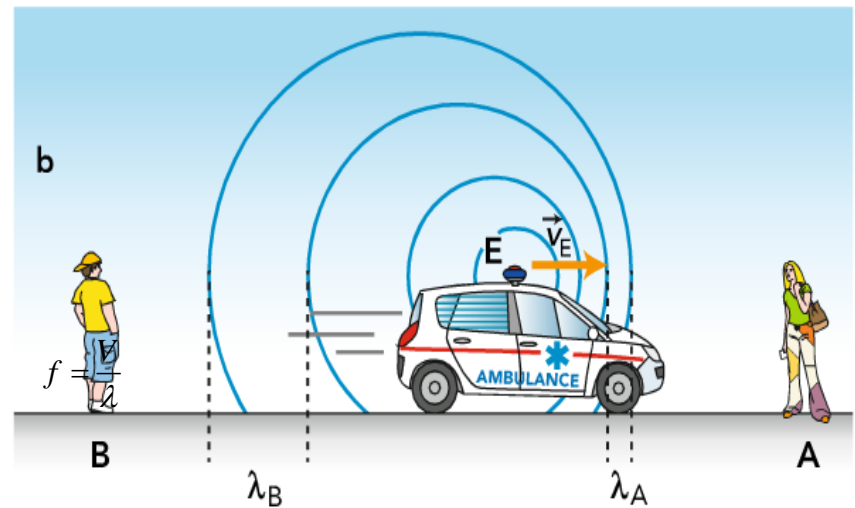
Doc. 13 Lorsque l'émetteur est immobile, les observateurs immobiles A et B perçoivent des ondes de même longueur d'onde : $\lambda = \frac{v}{f_E}$.

E et R s'éloignent:

$$\lambda_R > \lambda_E \text{ et } f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f_R < f_E$$

$$\Delta f = f_R - f_E < 0$$



Doc. 14 Lorsque l'émetteur se déplace à la vitesse v_E en s'approchant de l'observateur A et en s'éloignant de l'observateur B, ceux-ci perçoivent des ondes de longueurs d'onde $\lambda_A < \lambda$ et $\lambda_B > \lambda$.

E et R se rapprochent:

$$\lambda_R < \lambda_E \text{ et } f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f_R > f_E$$

$$\Delta f = f_R - f_E > 0$$

Relation entre fréquence et vitesse

Emetteur se rapprochant du récepteur:

$$\frac{f_R}{v} = \frac{f_E}{v-u}$$

Emetteur s'éloignant du récepteur:

$$\frac{f_R}{v} = \frac{f_E}{v+u}$$

f_R : fréquence de l'onde reçue (Hz)

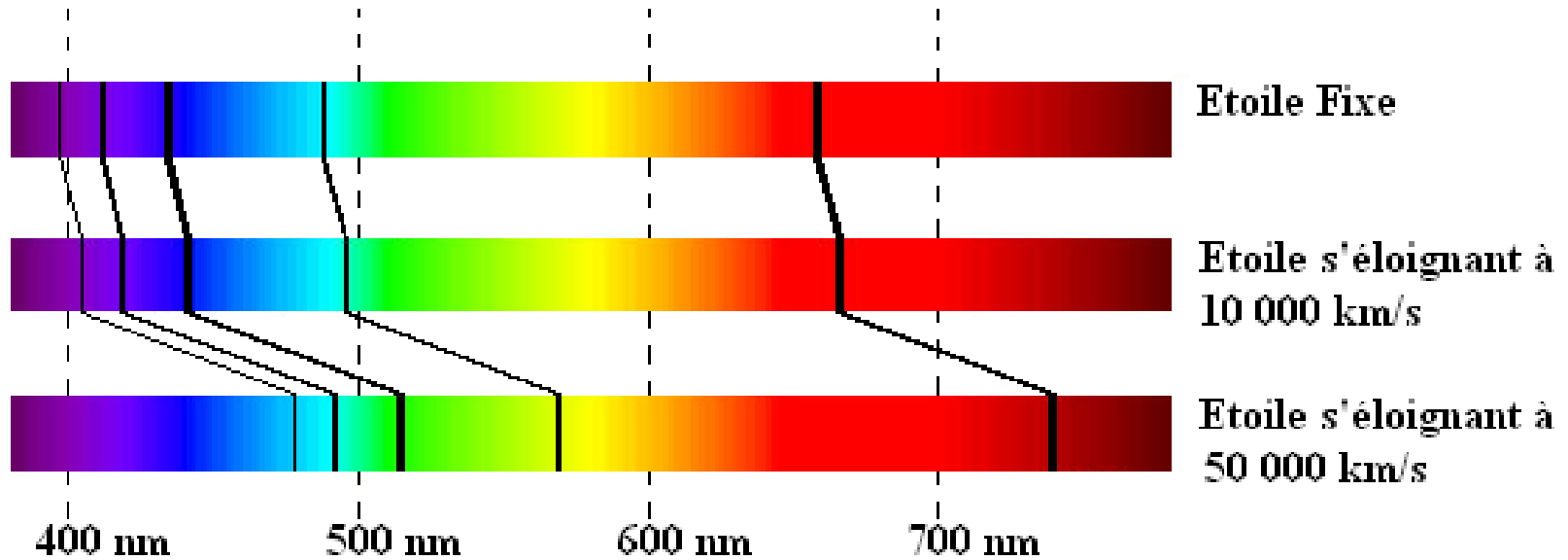
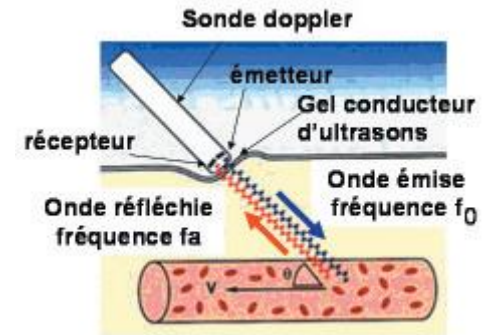
f_E : fréquence de l'onde émise (Hz)

v : célérité de l'onde (m.s^{-1})

u : vitesse de l'émetteur (m.s^{-1})

Applications :

- Mesure de la vitesse d'un véhicule,
- Mesure de la vitesse du sang (échographie-Doppler),
- Mesure de la vitesse des étoiles en astronomie par la mesure du décalage de longueur d'onde des raies du spectre de l'étoile.



Dans le cadre de l'approximation des petits angles, on a aussi :

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