

C4 Diffraction des ondes

AP

N° 16, 19, 21 P.83

16 Les ondes radio

Compétences générales *Extraire et exploiter des informations*

Un élève consulte Internet pour récolter des informations sur les ondes radio.

Il lit : « Lorsqu'une onde rencontre un obstacle de grande dimension par rapport à la longueur d'onde, celle-ci pourra être arrêtée par cet obstacle. Ce sera le cas d'une colline, d'une montagne, etc. Cependant, dans une certaine mesure, l'onde pourra contourner l'obstacle et continuer à se propager derrière celui-ci. Ainsi, une onde ne sera pas

c. On considère que la largeur de l'entrée de la vallée est de l'ordre du kilomètre.

Expliquer pourquoi il est prévu d'utiliser la radio France Inter (GO) pour prévenir tous les habitants en France en cas d'alerte nationale.



16. a. Une onde est diffractée si elle rencontre un obstacle (ou une ouverture) dont la dimension est du même ordre de grandeur ou inférieure à la longueur d'onde de l'onde. Si l'obstacle est beaucoup plus grand, elle sera arrêtée.

Les fréquences jouent un rôle important dans ce phénomène : une émission kilométrique (ordre de gran-



c. La largeur de l'entrée de la vallée (ouverture) et la longueur d'onde sont du même ordre de grandeur, il y a aura diffraction de l'onde radio et donc étalement des directions de propagation de l'onde. Les habitants pourront donc être prévenus.

a. Proposer une explication à la dernière phrase.

b. Une onde radio, de fréquence 162 kHz, telle qu'émise par la station radio France Inter sur les grandes ondes (GO), arrive à l'entrée d'une vallée.

Calculer la longueur d'onde de l'onde radio.

$$\mathbf{b. \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \times 10^8}{162 \times 10^3} = 1,85 \times 10^3 \text{ m} = 1,85 \text{ km}}$$



a. Exp. 1 et 2 : si $\lambda \downarrow$ alors $L \downarrow$, donc les 3 expressions conviennent.

Exp. 2 et 3 : si a est $/2$, L est $\times 2$, donc L est inversement proportionnel à $a \Rightarrow$ la première expression est fausse.

Exp. 2 et 4 : si D est $/2$, L est $/2$ donc L est proportionnelle à $D \Rightarrow$ la deuxième expression est fausse, la troisième bonne.

b. **Analyse dimensionnelle** : il faut prouver que $2\lambda D/a$ est homogène à une longueur donc s'exprime en m. Or $2\lambda D/a$ s'exprime en $m^2/m = m$ donc la formule retenue est pertinente.

$$c. L_1 = \frac{2\lambda_1 D}{a} \text{ et } L_2 = \frac{2\lambda_2 D}{a}$$

Comme D et a sont constantes, $\frac{L_1}{L_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

$$d. \lambda_1 = \frac{L_1}{L_2} \times \lambda_2 ; \lambda_1 = \frac{3,4 \times 10^{-2}}{2,1 \times 10^{-2}} \times 405 \times 10^{-9} = 6,6 \times 10^{-7} \text{ m.}$$

fente $\uparrow y_1$ $\uparrow y_2$

e. Calcul de l'écart relatif :

$$\left| \frac{\text{valeur obtenue} - \text{valeur attendue}}{\text{valeur attendue}} \right| =$$

$$\frac{6,6 \times 10^{-2} - 658}{658} = 3,0 \times 10^{-3} = 0,30 \%$$

On réalise plusieurs expériences en utilisant un autre laser, dont les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous.

| | λ de la source | Largeur de la fente | Distance à l'écran | Largeur de la tache centrale |
|---|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 1 | λ_1 | a | D | $L_1 = 3,4 \text{ cm}$ |
| 2 | $\lambda_2 = 405 \text{ nm}$ | a | D | $L_2 = 2,1 \text{ cm}$ |
| 3 | $\lambda_2 = 405 \text{ nm}$ | $a_3 = \frac{a}{2}$ | D | $L_3 = 2L_2$ |
| 4 | $\lambda_2 = 405 \text{ nm}$ | a | $D_4 = \frac{D}{2}$ | $L_4 = \frac{L_2}{2}$ |

On propose trois expressions de la largeur L de la tache centrale: $L = 2\lambda a D$; $L = \frac{2\lambda}{Da}$; $L = \frac{2\lambda D}{a}$.

- À partir des expériences, éliminer deux des trois expressions.
- Vérifier par une analyse dimensionnelle que celle retenue est pertinente.
- Établir une relation entre λ_1 , λ_2 , L_1 et L_2 .
- Calculer la valeur de la longueur d'onde λ_1 .
- Le résultat est-il en accord avec la notice du fabricant? Calculer l'écart relatif.

21 ★ Échographie

Compétence générale

Effectuer un raisonnement scientifique



L'échographie est une méthode d'imagerie médicale utilisant les ondes ultrasonores qui ont une très bonne directivité et le pouvoir de se réfléchir lors des changements de milieu.

Lorsque l'onde incidente est de courte durée, l'onde réfléchiée s'appelle un écho, d'où la dénomination générale d'échographie pour les méthodes d'imagerie ultrasonore.

Cette onde ultrasonore se propage dans l'ensemble du corps humain à des vitesses variées selon le milieu traversé.

| Milieu | Vitesse de propagation ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) |
|-------------|---|
| Air | $3,3 \times 10^2$ |
| Eau | $1,5 \times 10^3$ |
| Tissus mous | $1,45 \times 10^3 - 1,7 \times 10^3$ |
| Os | $3 \times 10^3 - 4 \times 10^3$ |

21. a. $\lambda = \frac{v}{f}$ $1,5 \times 10^{-3} < \lambda < 1,7 \times 10^{-3} \text{ m}$

b. Les détails sont du même ordre de grandeur que la longueur d'onde donc il y a diffraction : on ne peut donc pas correctement voir les détails.

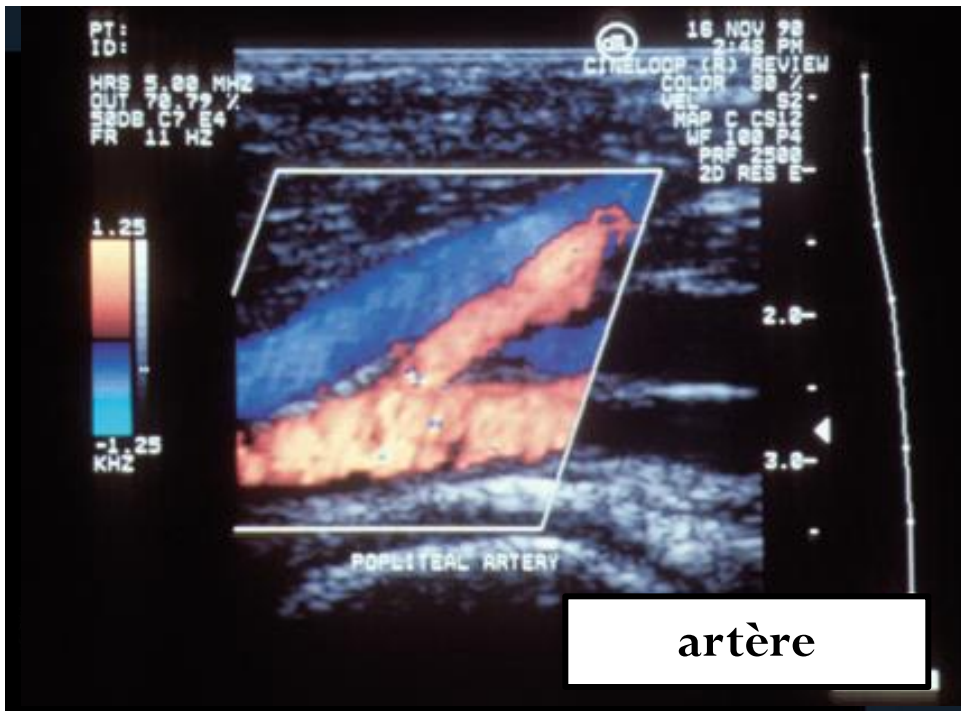
c. Si on souhaite diminuer la longueur d'onde pour détecter des détails plus petits, il faut augmenter la fréquence.

Dans l'imagerie, une des priorités est l'amélioration des techniques pour avoir une plus belle qualité d'image. Mais il y a toujours des phénomènes parasites qui viennent perturber la qualité de la restitution. Pour les ultrasons, la résolution de l'image est limitée par les phénomènes de diffraction qui interviennent lorsque la taille des objets qui interfèrent avec le faisceau est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du faisceau.

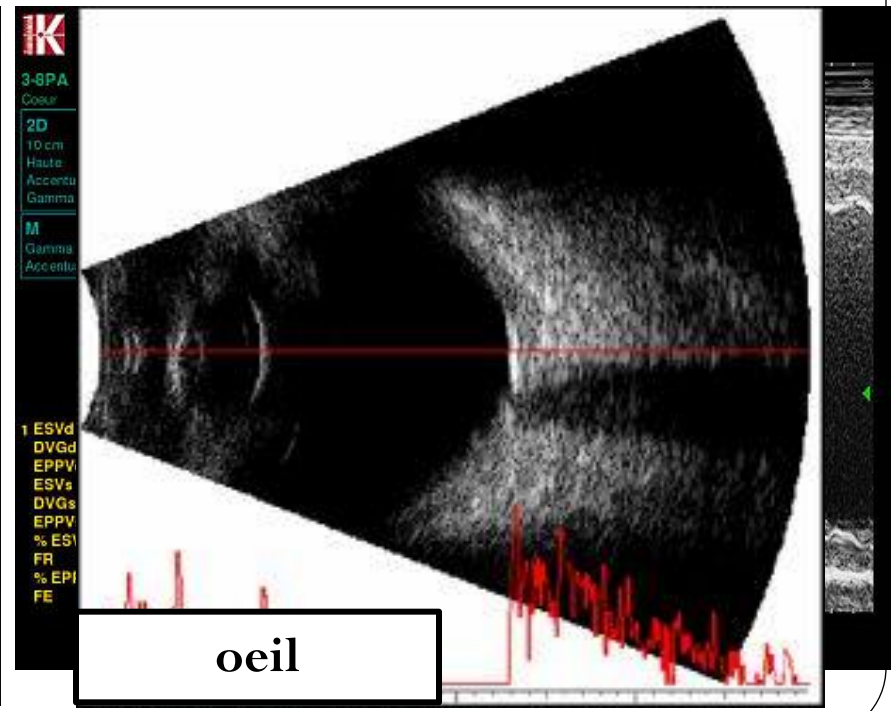
Par exemple, une onde ultrasonore de 1 MHz ne permettra pas de détecter dans les tissus mous des détails inférieurs à environ $1,6 \times 10^{-3} \text{ m}$.

- Calculer un encadrement de la longueur d'onde d'une onde ultrasonore de fréquence 1,0 MHz se propageant dans des tissus mous.
- Proposer une explication pour justifier la dernière phrase du document.
- Sera-t-il plus avantageux d'utiliser des ultrasons de fréquences plus faibles ou plus grandes ?
- Faire une recherche sur les différentes fréquences utilisées lors des échographies.

| Fréquences | Utilisation | Résolution |
|----------------|--|--------------------------------------|
| 1,5 à 4,5 MHz | secteur profond (abdomen) | quelques millimètres |
| 5 MHz | structures intermédiaires (cœur d'enfant ou d'animal) | inférieure au millimètre |
| 7 à 18 MHz | petites structures assez proches de la peau (artères ou veines) | proche du dixième de millimètre |
| Jusqu'à 50 MHz | biomicroscopie de l'œil | proche du vingtième de millimètre |



artère

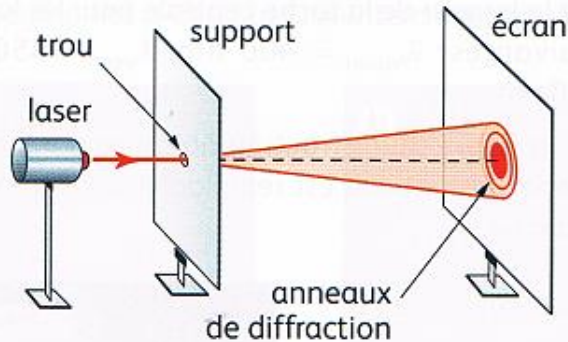


oeil

22 * Une ouverture circulaire

Compétences générales Réaliser un schéma – Effectuer un raisonnement scientifique

On éclaire une ouverture circulaire de diamètre a par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ émise par un laser. La figure de diffraction est observée sur un écran placé à une distance D de l'ouverture. Cette figure présente une tache centrale circulaire de rayon r .



Dans le cas étudié, l'écart angulaire de diffraction θ a pour expression :

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{a}$$

- a.** Faire apparaître sur un schéma a , D , r , θ .
b. L'angle θ est assez petit pour que l'on puisse confondre θ en radians avec $\tan \theta$.

Exprimer θ en fonction de r et D puis en déduire que :

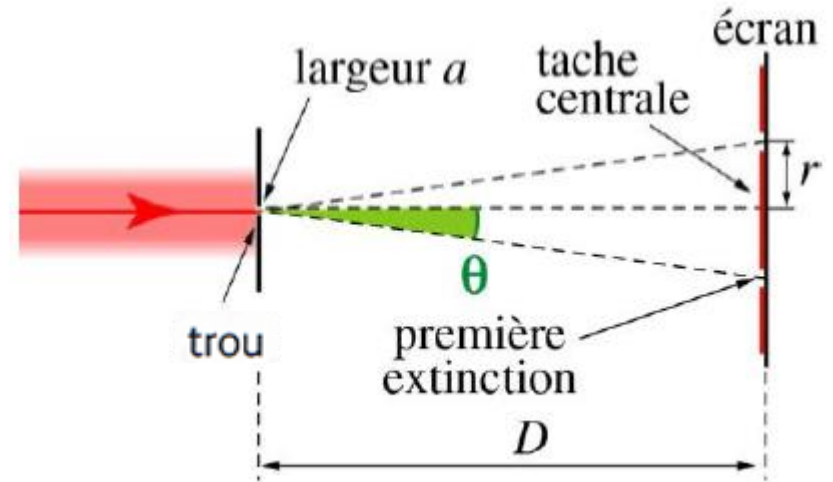
$$r = 1,22 \frac{\lambda D}{a}$$

- c.** Avec un laser rouge de longueur d'onde $\lambda_1 = 633 \text{ nm}$, on obtient une tache de rayon $r_1 = 9,7 \text{ mm}$.

Avec un laser vert, de longueur d'onde $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$, on obtient, dans les mêmes conditions, une tache de rayon r_2 .

La valeur du rayon r_2 sera-t-elle plus grande ou plus petite que celle du rayon r_1 ?

Calculer la valeur du rayon r_2 .



b. $\tan \theta \approx \theta = \frac{r}{D}$

$$\frac{r}{D} = 1,22 \frac{\lambda}{a} \text{ donc } r = 1,22 \times \frac{\lambda D}{a}$$

- c.** Quand λ diminue, r diminue

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad r_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} r_1 \quad ; \quad r_2 = 8,6 \text{ mm}$$