



**Préparation d'exam national en
ligne sur ZOOM
Niveau 2BAC Scientifique BIOF**

Partie 01 Physique :
Les Ondes

Les ondes mécaniques progressives

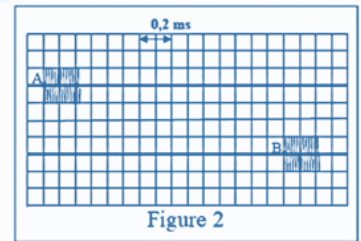
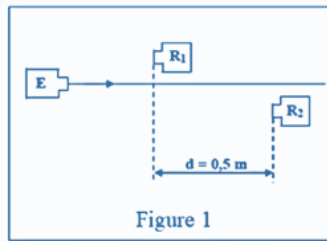
Exercice 1

L'échographie utilisant les ondes ultrasonores est une méthode de détermination des épaisseurs des nappes souterraines.

Cet exercice vise à déterminer, la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans l'air, ainsi que l'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole.

- Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air : On place sur un banc rectiligne un émetteur E d'ondes ultrasonores, et deux récepteurs R_1 et R_2 distants de $d = 0,5 \text{ m}$ (Figure 1).

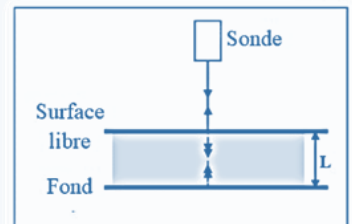
On visualise sur l'écran d'un oscilloscope, aux entrées Y_1 et Y_2 , les signaux reçus par les deux récepteurs, On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 2. A représente le début du signal reçu par R_1 , et B le début de celui reçu par R_2 .



- Déterminer à partir de l'oscillogramme de la figure 2, le retard horaire τ entre les deux signaux reçus par les deux récepteurs R_1 et R_2 .
 - Calculer la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.
 - Ecrire l'expression de l'élongation $y_B(t)$ du point B à l'instant t, en fonction de l'élongation du point A.

- Détermination de l'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole :

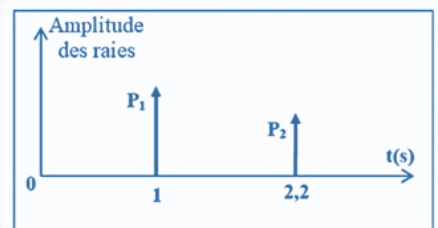
Pour déterminer l'épaisseur L d'une nappe souterraine de pétrole, un ingénieur utilise la sonde d'un appareil d'échographie. La sonde envoie, perpendiculairement à la surface libre de la couche de pétrole, à l'instant $t_0 = 0$, un signal ultrasonore de très courte durée. Une partie du signal se réfléchit sur cette surface, tandis que l'autre partie continue la propagation dans la couche de pétrole pour se réfléchir une deuxième fois sur son fond, et revenir vers la sonde,



pour être transformée à nouveau en un signal de très courte durée aussi (Figure 3).

À l'instant t_1 , la sonde révèle la raie P_1 correspondante à l'onde réfléchi sur la surface libre de la couche de pétrole, et à l'instant t_2 elle révèle la raie P_2 correspondante à l'onde réfléchi sur le fond de la couche du pétrole (Figure 4).

Déterminer l'épaisseur L de la couche de pétrole, sachant que la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans le pétrole brut est : $v = 1,3 \text{ km.s}^{-1}$.



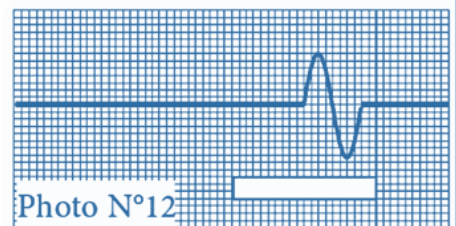
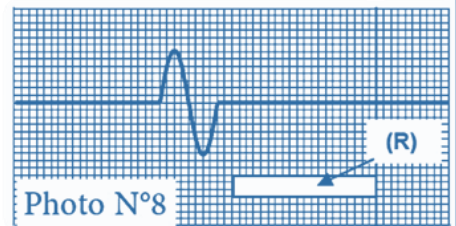
Exercice 2

Pour déterminer la célérité de propagation d'une onde le long d'une corde, le professeur de physique demande à l'un des élèves de produire un ébranlement à l'une des extrémités d'une corde horizontale, et en même temps, il demande à une élève de filmer la séquence à l'aide d'une caméra numérique réglée sur la prise de 25 images par seconde.

Une règle blanche (R) de longueur 1 m, a été placée au voisinage de la corde comme échelle de mesure. Après traitement informatique avec un logiciel convenable, le professeur choisit parmi les photos obtenues, les photos N°8 et N°12 (Figure ci-dessus), pour les étudier et les exploiter.

Déterminer

1. La durée Δt séparant la prise des deux photos N°8 et N°12 de l'onde,
2. La distance d parcourue par l'onde pendant la durée Δt .
3. La célérité de propagation de l'onde le long de la corde.



Exercice 3

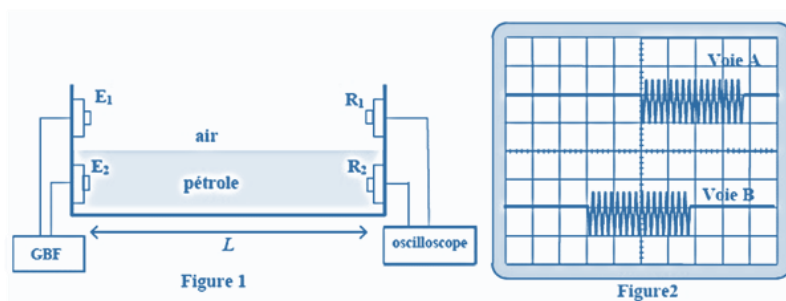
Pour déterminer la valeur approximative de la célérité d'une onde ultrasonore dans le pétrole liquide on réalise l'expérience suivante :

Dans une cuve contenant du pétrole, on fixe à l'une de ses extrémités deux émetteurs E_1 et E_2 qui sont reliés à un générateur GBF. A l'instant $t_0 = 0$, les deux émetteurs émettent chacun une onde ultrasonore, une se propage dans l'air et l'autre dans le pétrole. A l'autre extrémité de la cuve, on place deux récepteurs R_1 et R_2 , l'un dans l'air et l'autre dans le pétrole. Les récepteurs sont à une distance L des émetteurs. (voir figure 1)

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les deux signaux reçus par R_1 et R_2 . (voir figure 2)

Données :

- les deux ondes parcourent la même distance $L = 1,84 \text{ m}$;
- la célérité des ultrasons dans l'air : $V_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$;
- la sensibilité horizontale de l'oscilloscope : 2ms/div .



- 1- Les ondes ultrasonores, sont-elles longitudinales ou transversales ? justifier.
- 2- En exploitant la figure 2, déterminer la valeur du retard temporel entre les deux ondes reçues.
- 3- Montrer que l'expression de s'écrit sous la forme :
- 4- Trouver la valeur approchée de la célérité.

Exercice 4 : Détermination de la vitesse d'écoulement d'un liquide

Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques qui peuvent se propager dans les liquides avec une vitesse qui dépend de la nature du liquide et de la vitesse de son écoulement.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la vitesse d'écoulement de l'eau dans une conduite.

1. Propagation d'une onde ultrasonore :

une onde ultrasonore de fréquence $N = 50\text{Hz}$ se propage dans une eau calme avec une vitesse $v_0 = 1500\text{m/s}$

1.1. Calculer la longueur d'onde λ de cette onde ultrasonore se propageant dans une eau calme.

1.2. La valeur de λ varie-t-elle si cette onde se propage dans l'air ? Justifier la réponse.

2. Mesure de la vitesse d'écoulement de l'eau dans une conduite

Une onde ultrasonore se propage à la vitesse v dans une eau qui coule à la vitesse v_e dans une conduite tel que $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_e$, avec \vec{v}_0 vecteur vitesse de propagation de cette onde dans une eau calme.

Pour déterminer la vitesse v_e d'écoulement de l'eau dans une conduite horizontale, on y place un émetteur E et un récepteur R des ondes ultra-sonores.

L'émetteur E et le récepteur R sont situés sur la même droite horizontale et parallèle à la direction du mouvement de l'eau et sont séparés d'une distance $d=1,0\text{m}$.

L'émetteur E émet une onde ultrasonore de faible durée qui est reçue par le récepteur R.

Un dispositif adéquat permet d'enregistrer le signal $u(t)$ reçu par le récepteur R.

On enregistre le signal $u(t)$ dans les deux cas suivants :

- 1er cas : L'émetteur E est à la position A, et le récepteur R est à la position B (figure1).
- 2eme cas : L'émetteur E est à la position B, et le récepteur R est à la position A (figure2).

On considère, pour chaque cas, l'instant de l'émission de l'onde ultrasonore par l'émetteur E comme origine des dates.



La figure 3 représente les deux enregistrements obtenus (a) et (b).

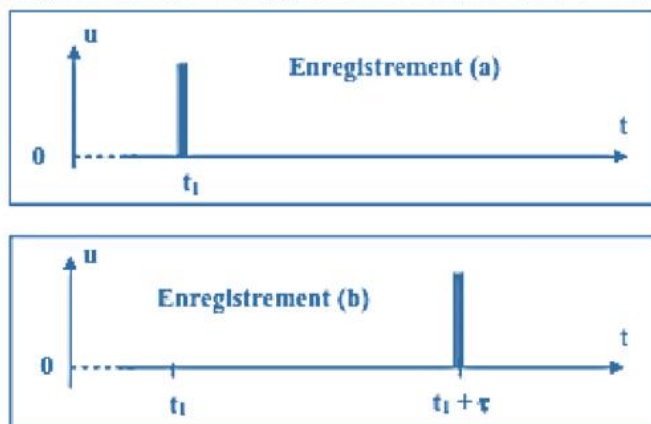


Figure 3

- 2.1. Indiquer l'enregistrement correspondant au 2ème cas .Justifier la réponse .
- 2.2. τ représente la différence des deux durées de propagation de l'onde ultrasonore de l'émetteur E au récepteur R dans les deux cas.
- 2.2.a Déterminer l'expression de t en fonction de v_e , v_0 et d .
- 2.2.b En négligeant la vitesse v_e devant v_0 , déterminer la vitesse v_e d'écoulement de l'eau dans la conduite sachant que $t = 2,0 \mu s$.

Exercice 5 : Ondes ultra-sonores

On place dans un récipient contenant de l'eau, plaque de plexiglas d'épaisseur e , on plonge dans l'eau une sonde constituée d'un émetteur et d'un récepteur d'onde ultrasonore (figure 1)

On visualise à l'aide d'un dispositif approprié chacun des signaux émis et reçu par la sonde. La durée du signal ultra-sonore est très petite; on le représente par une raie verticale.

1. En l'absence de la plaque du plexiglas, on obtient l'oscillogramme représenté dans la figure 2.

Etablir que l'instant t_R auquel a été capté le signal réfléchi par la surface réfléchissante(P) s'écrit sous la forme $t_R = \frac{2D}{V}$, où v est la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'eau.

2. En présence de la plaque de plexiglas; on obtient l'oscillogramme de la figure 3. On représente par t_A et t_B les instants auxquels sont captés les signaux réfléchis successivement par la première surfaces (a) et la deuxième surface (b) de de la plaque de plexiglas.

On représente par t'_R l'instant auquel a été captée l'onde réfléchie sur la surface réfléchissante (P).

On représente la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans le plexiglas par v' .

- 2.1. Dans quel milieu (eau ou plexiglas), La vitesse de propagation de l'onde est la plus Grande? justifier la réponse.
- 2.2. Exprimer t'_R en fonction de D , e , v et v' .
- 2.3. Trouver l'expression de l'épaisseur e en fonction de v , t_R , t'_R , t_A et t_B .

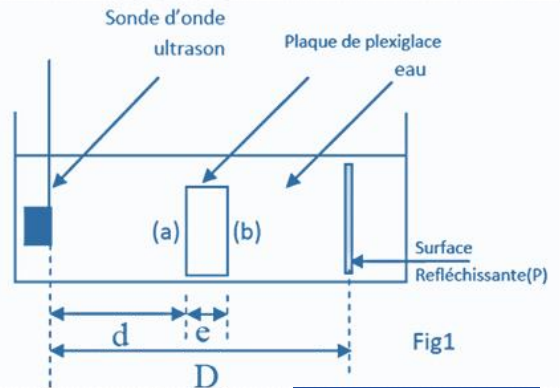


Fig1

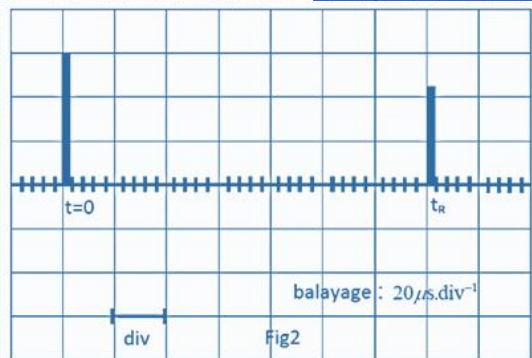


Fig2

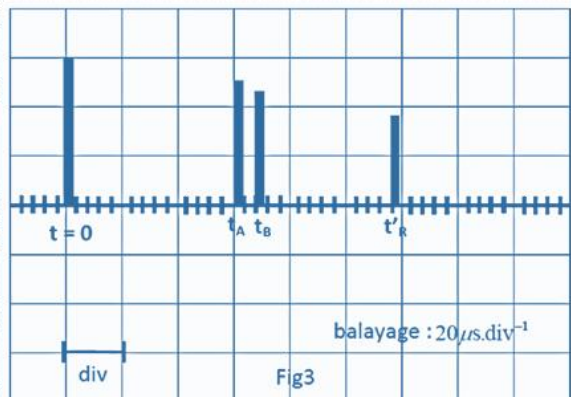


Fig3

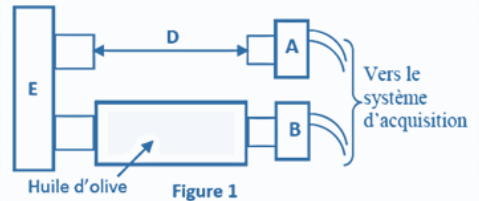
Calculer la valeur de e sachant que la vitesse de propagation des ondes ultra-sonores dans l'eau est $v = 1,42 \times 10^3 m.s^{-1}$.

Exercice 6 : Vérification de la pureté d'une huile

La célérité du son dans une huile végétale dépend de sa pureté. La valeur de la célérité V_h du son dans une huile d'olive pure se situe entre $1595 m.s^{-1}$ et $1600 m.s^{-1}$.

Pour tester une huile d'olive au laboratoire, on utilise le montage de la figure 1 qui permet de comparer les durées de parcours d'une onde ultrasonore dans des milieux différents.

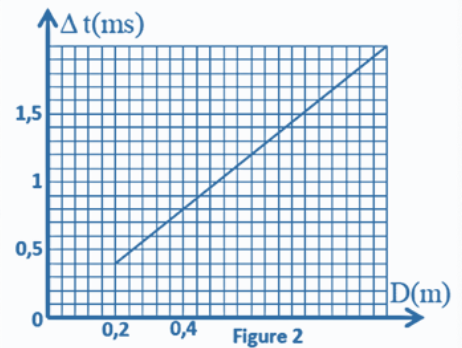
L'émetteur E d'ultrasons génère simultanément deux salves d'ondes. Les récepteurs A et B sont reliés à une interface d'acquisition qui déclenche l'enregistrement des signaux dès que le récepteur B détecte en premier les ultrasons. L'huile testée est disposée dans un tube en verre entre l'émetteur E et le récepteur B, tandis que l'air sépare l'émetteur E du récepteur A (figure 1).



Pour chaque valeur D de la longueur du tube on mesure, par l'intermédiaire du système informatique, la durée Δt écoulée entre les deux signaux reçus en A et B.

À partir de ces mesures on obtient la courbe de la figure 2 représentant les variations de Δt en fonction de D : $\Delta t = f(D)$.

1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes longitudinales ou transversales? Justifier.
2. Les ultrasons utilisés dans l'expérience précédente ont une fréquence de 40 kHz. Leur célérité dans l'air est $V_a = 340 m.s^{-1}$.
Calculer la distance parcourue par ces ultrasons dans l'air pendant une période.
3. Exprimer Δt en fonction de D , h V et V_a .
4. L'huile testée est-elle pure? Justifier.



Les ondes mécaniques progressives périodiques

Exercice 1

Les vents créent aux larges des océans des vagues qui se propagent vers les côtes. Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement de ces vagues.

On considère que les ondes se propageant à la surface des eaux des mers sont progressives et sinusoïdales de période $T = 7 \text{ s}$.

- 1) L'onde étudiée est-elle longitudinale ou transversale? Justifier.
- 2) Calculer V , la vitesse de propagation de ces ondes, sachant que la distance séparant deux crêtes consécutives est $d = 70 \text{ m}$.
- 3) La figure 1 modélise une coupe verticale de l'aspect de la surface de l'eau à un instant t . On néglige le phénomène de dispersion, et on considère S comme source de l'onde et M son front loin de S de la distance SM .
- 3) La figure 1 modélise une coupe verticale de l'aspect de la surface de l'eau à un instant t .

On néglige le phénomène de dispersion, et on considère S comme source de l'onde et M son front loin de S de la distance SM .

3. 1) A l'aide de la figure 1, écrire l'expression du retard temporel τ du mouvement de M par rapport à S en fonction de la longueur d'onde λ . Calculer la valeur de τ .
3. 2) Préciser, en justifiant, le sens du mouvement de M à l'instant où l'onde l'atteint.
- 4) les ondes arrivent à un portail de largeur $a = 60 \text{ m}$ situé entre deux quais d'un port (Figure 2). Recopier le schéma de la figure 2, et représenter dessus les ondes après la traversée du portail, et donner le nom du phénomène observé.



Figure 1

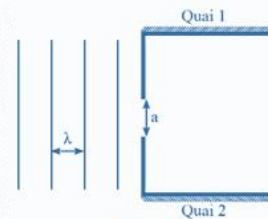


Figure 2

Exercice 2 : Propagation d'une onde mécanique à la surface de l'eau

On crée, à l'instant t_0 , en un point S de la surface de l'eau, une onde mécanique progressive sinusoïdale de fréquence $N = 50 \text{ Hz}$.

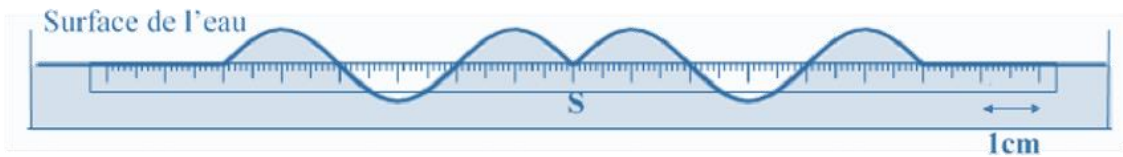
La figure ci-dessous représente une coupe verticale de la surface de l'eau à un instant t . La règle graduée sur le schéma indique l'échelle utilisée.

Déterminer :

1. Longueur d'onde λ ,
2. La vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau,
3. L'instant t , où la coupe de la surface de l'eau est représentée,
4. On considère un point M de la surface de l'eau, éloigné de la source S d'une distance $SM=6\text{cm}$. Le point M reprend le même mouvement que celui de S avec un retard temporel τ . écrire la



relation entre l'élongation du point M et celle de la source S?



Exercice 3 : ondes ultrasonores

Les ondes ultrasonores sont des ondes de fréquence supérieure à celle des ondes sonores audibles par l'homme. Elles sont exploitées dans plusieurs domaines, comme l'échographie.

Le but de cet exercice est :

- L'étude de la propagation des ondes ultrasonores ;
- Détermination des dimensions d'un tube métallique.



1. Propagation des ondes mécaniques :

- 1.1. Ecrire la définition de l'onde mécanique progressive.
- 1.2. Quelle est la différence entre l'onde mécanique longitudinale et l'onde mécanique transversale ?
- 1.3. Propagation des ondes ultra-sonores dans l'eau :

On pose un émetteur E et deux récepteurs R_1 et R_2 des ondes ultra-sonores dans une cuve remplie d'eau, de façon à ce que l'émetteur et les deux récepteurs sont alignés suivant une règle graduée (Figure 1).

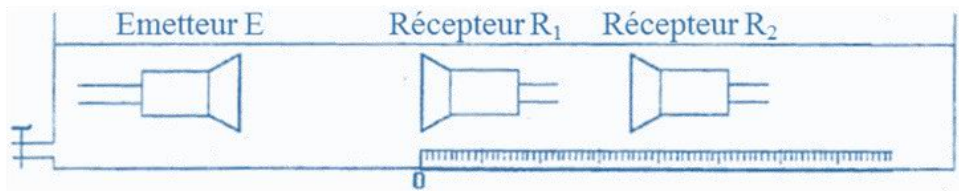


Figure 1

L'émetteur émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'eau et arrive aux récepteurs R_1 et R_2 . Les deux signaux captés par les deux récepteurs R_1 et R_2 , sont appliqués successivement aux entrées d'un oscilloscope.

Lorsque les deux récepteurs R_1 et R_2 se trouvent au zéro de la règle, on constate sur l'écran de l'oscilloscope l'oscillogramme représenté sur la figure 2, où les deux courbes correspondant aux signaux captés par R_1 et R_2 sont en phase.

La sensibilité horizontale est fixée sur $5\mu s.div^{-1}$.

On éloigne R_2 suivant la règle graduée, on constate que la courbe correspondant au signal capté par R_2 est décalée vers la droite. Les deux signaux captés par R_1 et R_2 deviennent à nouveau en phase, lorsque la distance entre R_1 et R_2 est $d = 3$ cm.

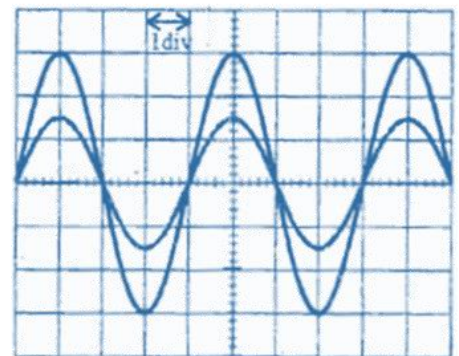


Figure 2

- 1.3.1. Ecrire la définition de la longueur d'onde λ .
- 1.3.2. Ecrire la relation entre la longueur d'onde λ , la fréquence N des ultrasons et sa célérité de propagation dans un milieu quelconque.

1.3.3. En déduire de cette expérience, la valeur V_e de la célérité de propagation des ultrasons dans l'eau.

1.4. Propagation des ultrasons dans l'air : On conserve le même dispositif précédent ($d = 3$ cm), et on vide la cuve, le milieu de propagation des ultrasons devient ainsi l'air. On observe que les deux courbes correspondant aux signaux captés par R_1 et R_2 ne sont plus en phases.

- Expliquer le phénomène observé.
- Calculer la valeur minimale de la distance de laquelle il faut éloigner le récepteur R_2 pour que les deux signaux deviennent à nouveau en phase.

On donne : La célérité de propagation des ultrasons dans l'air $V_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

2. Utilisation des ultrasons pour mesurer les dimensions d'un tube métallique.

Une sonde jouant le rôle d'un émetteur et récepteur, émet une onde ultra-sonore de courte durée dans une direction normale à l'axe du tube cylindrique (Figure 3).

Cette onde traverse le tube et se réfléchit à chaque changement de milieu de propagation, pour revenir à la sonde, qui la transforme en signal électrique de courte durée.

On visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, les signaux émis et reçus.

L'oscillogramme obtenu au cours du test fait sur le tube, a permis de tracer le diagramme de la figure 4.

On observe des raies sous forme de pics verticaux : P_0, P_1, P_2, P_3 . Figure 4.

- P_0 : correspond à l'instant de l'émission.
- P_1 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ❶.
- P_2 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ❷.
- P_3 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ❸.

On donne : la vitesse de propagation des ultrasons :

- Dans le métal du tube : $v_m = 1,00 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$
- Dans l'air : $v_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

2.1. Trouver l'épaisseur e du métal du tube ;

2.2. Trouver la valeur D du diamètre interne du tube.

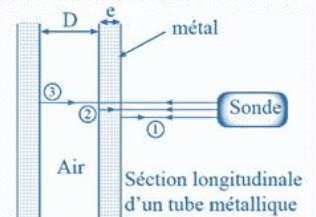


Figure 3

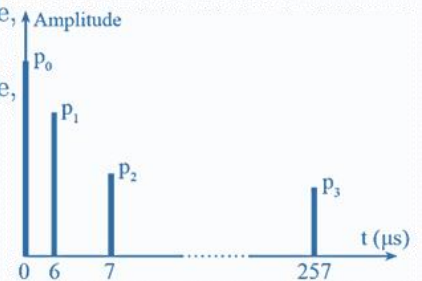


Figure 4

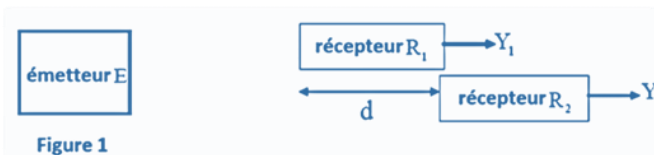
Exercice 4 : Propagation d'une onde ultrasonore

On trouve parmi les applications des ondes ultrasonores, l'exploration du relief des fonds marins et la localisation des regroupements de poissons, ce qui nécessite la connaissance de la vitesse de propagation de ces ondes dans l'eau de mer.

Le but de cet exercice est de déterminer la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air et dans l'eau de mer.

- Détermination de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'air

On place un émetteur E d'ondes ultrasonores et deux récepteurs R_1 et R_2 comme l'indique la figure 1.

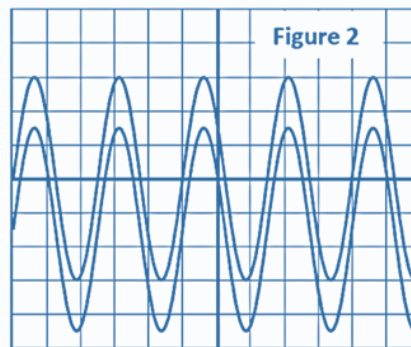


L'émetteur E envoie une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air. Celle-ci est captée par les deux récepteurs R_1 et R_2 . On visualise, à l'oscilloscope, sur la voie Y_1 le signal capté par R_1 et sur la voie Y_2 le signal capté par R_2 .

Lorsque les deux récepteurs R_1 et R_2 se trouvent à la même distance de l'émetteur E, les deux courbes correspondant aux signaux captés sont en phase (figure 2).

En éloignant R_2 de R_1 , on constate que les deux courbes ne restent plus en phase.

En continuant d'éloigner R_2 de R_1 , on constate que les deux courbes se retrouvent à nouveau en phase et pour la quatrième fois, lorsque la distance entre les deux récepteurs R_1 et R_2 est $d = 3,4\text{cm}$ (figure 1).



1.1. Choisir la proposition juste, parmi les propositions suivantes :

- a) Les ondes ultrasonores sont des ondes électromagnétiques.
- b) Les ondes ultrasonores ne se propagent pas dans le vide.
- c) Le phénomène de diffraction ne peut pas être obtenu par les ondes ultrasonores.
- d) Les ondes ultrasonores se propagent dans l'air avec une vitesse égale à la célérité de la lumière.

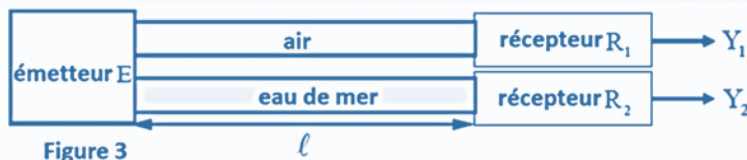
1.2. Déterminer la fréquence N de l'onde ultrasonore étudiée.

1.3. Vérifier que la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'air est $V_a = 340\text{m.s}^{-1}$

2. Détermination de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore dans l'eau de mer :

L'émetteur envoie l'onde ultrasonore précédente dans deux tubes, l'un contenant de l'air et l'autre étant rempli d'eau de mer (figure 3).

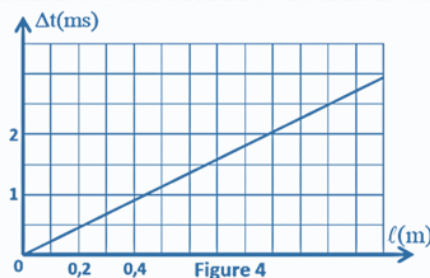
Le récepteur R_1 capte l'onde qui se propage dans l'air et le récepteur R_2 capte l'onde qui se propage dans l'eau de mer.



Soient Δt le retard temporel de réception de l'onde qui se propage dans l'air par rapport à celle qui se propage dans l'eau de mer et ℓ la distance entre l'émetteur et les deux récepteurs.

En mesurant le retard Δt pour différentes distances ℓ entre l'émetteur et les deux récepteurs (figure 3), on obtient la courbe de la figure 4.

- 2.1. Exprimer Δt en fonction de ℓ , V_a et V_e vitesse de propagation de l'onde dans l'eau de mer.
- 2.2. Déterminer la valeur de V_e .

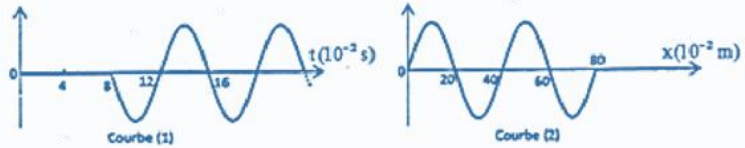


Exercice 5 : Propagation d'une onde le long d'une corde

Une lame vibrante en mouvement sinusoïdale de fréquence N , fixée à l'extrémité d'une corde élastique SA très longue et tendue horizontalement, génère le long de celle-ci une onde progressive périodique non amortie de célérité v . un dispositif approprié, placé en A, empêche toute réflexion des ondes.

Le mouvement de S débute à l'instant $t = 0$.

Les courbes (1) et (2) de la figure ci-dessous représentent l'élongation d'un point M de la corde, situé à la distance d de S, et l'aspect de la corde à un instant t_1 .



1. Identifier, en justifiant, la courbe représentant l'aspect de la corde à l'instant t_1 .
2. Donner le nombre d'affirmations justes parmi les affirmations suivantes :
 - a) Le phénomène de diffraction ne se produit jamais pour une onde mécanique,
 - b) Les ondes progressives périodiques sinusoïdales se caractérisent par une périodicité temporelle et une périodicité spatiale.
 - c) L'onde qui se propage le long de la corde est une onde longitudinale.
 - d) La vitesse de propagation d'une onde mécanique ne dépend pas de l'amplitude de l'onde?
3. Par exploitation des courbes précédentes, déterminer :
 - 3.1. La longueur d'onde λ , la période T et la célérité v de l'onde.
 - 3.2. Le retard τ du point M par rapport à la source S de l'onde et déduire la distance d .
4. On donne la relation qui lie la célérité v de l'onde, la tension F de la corde et sa masse linéique μ (quotient de la masse sur la longueur) : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.
 - 4.1. En utilisant les équations aux dimensions, vérifier l'homogénéité de la relation précédente.
 - 4.2. La corde est-elle un milieu dispersif? justifier.
 - 4.3. On double la tension F de la corde ($F' = 2F$) sans modifier la fréquence N . déterminer dans ce cas la longueur d'onde λ' .



Propagation d'une onde lumineuse

Exercice 1 : Détermination de la fréquence de l'onde lumineuse

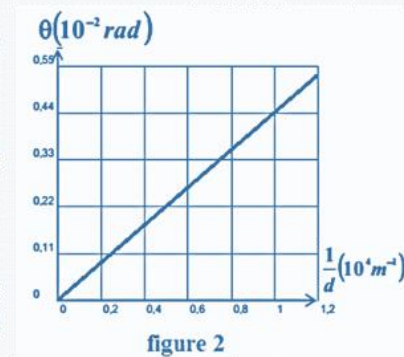
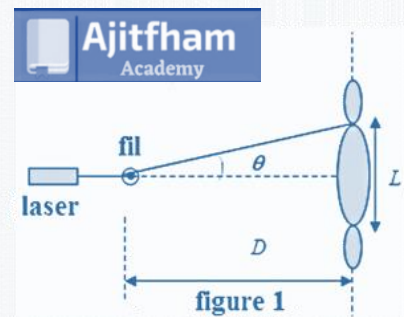
L'étude du phénomène de diffraction de la lumière permet la détermination de la fréquence des ondes lumineuses.

une lumière monochromatique dont la longueur d'onde λ émit par une source laser rencontre verticalement de fins fils verticaux dont le diamètre d est connu. On voit l'aspect de diffraction obtenu sur un écran blanc à distance D du fil.

Nous mesurons la largeur L de la tache centrale et Nous calculons l'écart angulaire θ entre le centre de la tache centrale et la 1ère extinction pour un fil particulier. (Figure 1).

Données :

- L'écart angulaire θ petit est exprimé par radians avec $\tan\theta \simeq \theta$
- Vitesse de la lumière dans l'air : $C \simeq 3 \times 10^8 m.s^{-1}$
- 1. Donner La relation entre θ , λ et d
- 2. Trouvez, à l'aide de la figure 1, la relation entre L , d , λ et D .
- 3. La courbe $\theta = f\left(\frac{1}{d}\right)$ est représentée sur la figure 2.
 - 3.1. Déterminer à partir de la Courbe 2 la longueur d'onde de la lumière monochromatique utilisée.
 - 3.2. En déduire la fréquence ν de l'onde.
- 4. On met une source lumineuse blanche a la place de laser. La longueur de la lumière visible se trouve entre $\lambda_v = 400nm$ (violet) et $\lambda_R = 800nm$ (rouge).
 - 4.1. déterminer la longueur d'onde de la lumière monochromatique qui correspond à la valeur maximale de la largeur de la tache centrale.
 - 4.2. Expliquez pourquoi la couleur de centre de la tache centrale apparaît blanche.



Exercice 2 : Détermination du diamètre d'un fil fin

Lorsque la lumière rencontre un obstacle, elle ne se propage plus en ligne droite , il se produit le phénomène de diffraction. ce phénomène peut être utilisé pour déterminer le diamètre d'un fil très fin .

Données :

- La célérité de la lumière dans l'air est $C = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
- L'écart angulaire θ entre le centre de la tache centrale et la 1ère extinction lors de la diffraction par une fente ou par un fil est exprimé par la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ dont λ est la longueur d'onde et a la largeur de la fente ou le diamètre du fil.

1. Diffraction de la lumière

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'une lumière monochromatique de fréquence $\nu = 4,44 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

On place à quelques centimètres de la source lumineuse une fente verticale de largeur a .

La figure de diffraction est observée sur un écran vertical placé à une distance $D = 50,0 \text{ cm}$ de la fente.

La figure de diffraction est constituée d'une série de taches situées sur une perpendiculaire à la fente, figure (1).

La tache centrale est plus éclairée et plus large que les autres, sa largeur est $L_1 = 6,70 \times 10^{-1} \text{ cm}$.

1.1. Quel est la nature de la lumière que montre cette expérience ?

1.2. Trouver l'expression de a en fonction de L_1 , D , ν et c . Calculer a .

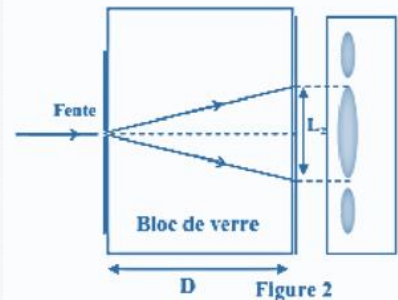
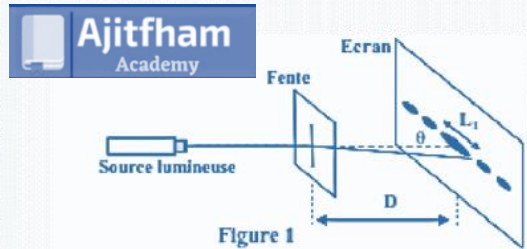
2. On place entre la fente et l'écran un bloc de verre de forme parallélépipédique comme l'indique la figure (2). L'indice de réfraction du verre pour la lumière monochromatique utilisée est $n = 1,61$.

On observe sur l'écran que la largeur de la tache lumineuse centrale prend une valeur L_2 . Trouver l'expression de L_2 en fonction de L_1 et n .

3. Détermination du diamètre du fil de la toile d'araignée :

On garde la source lumineuse et l'écran à leur place. On enlève le bloc de verre et on remplace la fente par un fil rectiligne vertical de la toile d'araignée. On mesure la largeur de la tache centrale sur l'écran, on trouve alors $L_3 = 1,00 \text{ cm}$.

Déterminer le diamètre du fil de toile d'araignée .



Exercice 3 : Détermination de la longueur d'onde d'un rayon lumineux

Le milieu de propagation des ondes lumineuses est caractérisé par l'indice de réfraction $n = \frac{C}{V}$ pour une fréquence donnée, dont C est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air et V la vitesse de propagation de la lumière monochromatique dans ce milieu.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la propagation de deux rayons lumineux monochromatiques de fréquences différentes dans un milieu dispersif.

1. Détermination de la longueur d'onde λ d'une lumière monochromatique dans l'air :

On réalise l'expérience de diffraction en utilisant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air.

On place à quelques centimètres de la source lumineuse une plaque opaque dans laquelle se trouve une fente horizontale de largeur $a = 1,00 \text{ mm}$ (figure 1).

On observe sur un écran vertical placé à $D = 1,00$ m de la fente des taches lumineuses .La largeur de la tâche centrale est $L=1,40$ mm.

1.1. Choisir la réponse juste :

La figure de diffraction observée sur l'écran est :

- a) Suivant l'axe $x'x$;
- b) Suivant l'axe $y'y$.

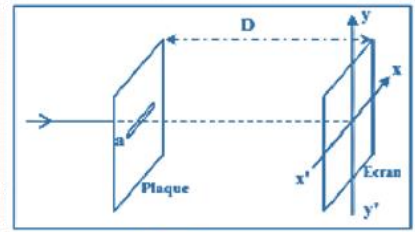


Figure1

1.2. Trouver l'expression de λ en fonction de a , L , et D . calculer λ .

2. Détermination de la longueur d'onde d'une lumière monochromatique dans le verre transparent. transparent.

Un rayon lumineux (R_1) monochromatique de fréquence $\nu_1 = 3,80 \times 10^{14}$ Hz arrive sur la face plane d'un demi cylindre en verre transparent au point d'incidence I sous un angle d'incidence $i = 60^\circ$. Le rayon (R_1) se réfracte au point I et arrive à l'écran vertical au point A (figure 2).

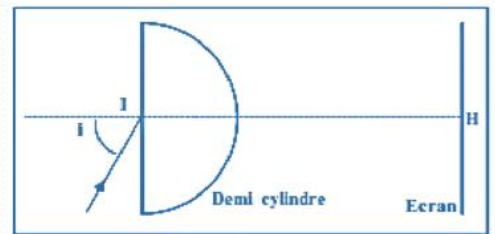


Figure2

On fait maintenant arriver un rayon lumineux monochromatique (R_2) de fréquence $\nu_2 = 7,50 \times 10^{14}$ Hz sur la face plane du demi cylindre sous le même angle d'incidence $i = 60^\circ$.

On constate que le rayon (R_2) se réfracte aussi au point I mais il arrive à l'écran vertical en un autre point B de tel sorte que l'angle entre les deux rayons réfractés est $\alpha = 0,563^\circ$.

Données :

- L'indice de réfraction du verre pour le rayon lumineux de fréquence ν_1 est $n_1 = 1,626$.
- L'indice de réfraction de l'air est 1,00.
- $c = 3,00 \times 10^8 m.s^{-1}$.

3. Montrer que la valeur de l'indice de réfraction du verre pour le rayon lumineux de fréquence ν_2 est $n_2 = 1,652$.
4. Trouver l'expression de la longueur d'onde λ_2 du rayon lumineux de fréquence ν_2 dans le verre ,en fonction de c , n_2 et ν_2 . Calculer λ_2 .

Exercice 4 : De la dispersion de la lumière à la diffraction

La fréquence d'une radiation lumineuse ne dépend pas du milieu de propagation ; elle dépend uniquement de la fréquence de la source. La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans un milieu transparent et elle est toujours plus petite que la vitesse de sa propagation dans le vide et sa valeur dépend du milieu de propagation. On constate aussi que l'onde Lumineuse se diffracte lorsqu'elle traverse une fente de largeur relativement faible.

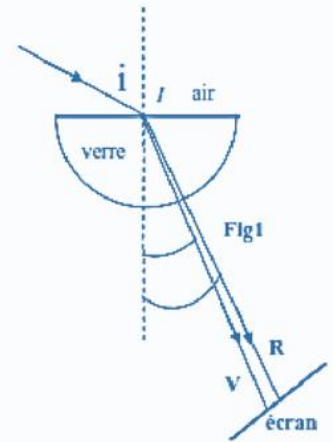
L'objectif de cet exercice est d'étudier le phénomène de dispersion et celui de la diffraction.

Données : La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans l'air est approximativement égale à sa vitesse de propagation dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 m.s^{-1}$.

Couleur de la radiation	rouge(R)	violet (V)
La longueur d'onde dans l'air en μm	0,768	0,434
L'indice de réfraction du verre	1,51	1,52

1- Dispersion de la lumière :

Un faisceau parallèle de lumière blanche arrive au point I de la surface d'un demi-disque en verre ; on observe sur l'écran (fig 1) les sept couleurs du spectre allant du rouge (R) au violet (V).



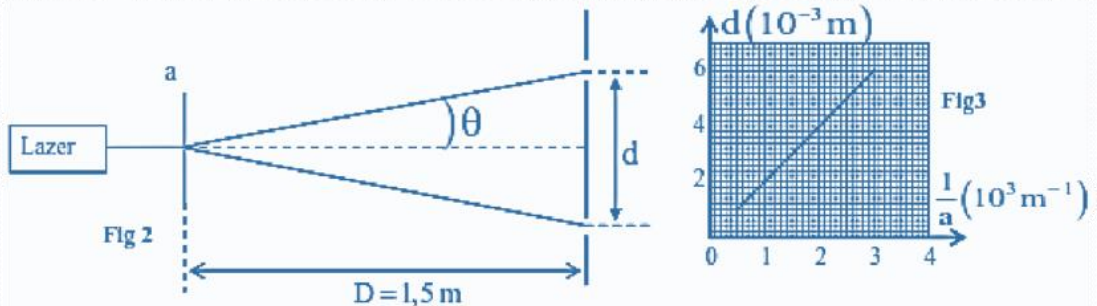
1-1- Exprimer la longueur d'onde λ_R de la radiation rouge dans le verre en fonction de l'indice de réfraction n_R du verre et de λ_{0R} (longueur d'onde dans l'air de ce rayonnement).

1-2- L'indice de réfraction n d'un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans l'air est modélisé par la relation : $n = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$

Dont A et B sont des constantes qui dépendent du milieu. Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

2- Diffraction de la lumière :

On réalise l'expérience de la diffraction d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air émise par un dispositif laser, en utilisant une fente de largeur a comme l'indique la figure 2. On mesure la largeur d de la tache centrale pour différentes valeurs de la largeur a de la fente et on représente graphiquement $d = f \left(\frac{1}{a} \right)$; on obtient alors la courbe indiquée dans la figure 3.



2-1- Trouver l'expression de d en fonction de λ , a et D . sachant que $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (θ petit exprimé en rad)

2-2- A l'aide de la figure 3, déterminer la valeur de λ .

Exercice 5 : Les ondes lumineuses

Le but de cet exercice est d'étudier la propagation d'une onde lumineuse émise par une source laser à travers un prisme (P) en verre d'indice de réfraction n pour cette radiation. La longueur d'onde de cette radiation dans l'air est λ_0 .

Données :

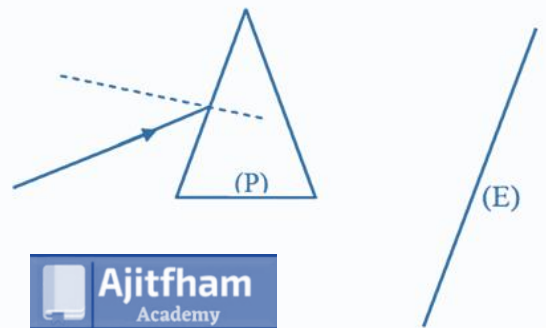
- Célérité de la lumière dans l'air : $c = 3,00 \times 10^8 m.s^{-1}$;
- Indice de réfraction du prisme $n = 1,61$;
- $\lambda_0 = 633nm$.



1. Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes :

1.1. La lumière a la même célérité dans tous les milieux transparents.

- 1.2. La fréquence d'une onde lumineuse varie lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre.
- 1.3. La longueur d'onde d'une onde lumineuse ne dépend pas de la nature du milieu de propagation.
- 1.4. L'indice de réfraction d'un milieu transparent dépend de la longueur d'onde de la radiation monochromatique qui le traverse.
- 1.5. Les ultrasons sont des ondes électromagnétiques.
2. Un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 émis de la source laser est envoyé sur l'une des faces du prisme (P) (voir figure ci-dessous).
 - 2.1. Cette radiation appartient-elle au domaine du spectre visible ? justifier.
 - 2.2. Calculer la fréquence ν de cette radiation.
 - 2.3. Déterminer pour cette radiation, la vitesse de propagation et la longueur d'onde λ dans le prisme.
 - 2.4. On remplace la source laser par une source de lumière blanche. Qu'observe-t-on sur l'écran (E) après que la lumière blanche ait traversé le prisme ? Quel est le phénomène mis en évidence par cette expérience ?



Exercice 6 : Diffraction d'une lumière monochromatique

On s'intéresse dans cet exercice à l'étude de certaines propriétés de la lumière rouge émise par un laser hélium-néon(He-Ne). Dans l'air, la longueur d'onde de cette lumière est $\lambda = 633\text{nm}$.

Données :

- Célérité de la lumière dans l'air : $c = 3,00 \times 10^8 \text{m.s}^{-1}$;
- Pour les petits angles : $\tan \theta \simeq \theta$ où θ est exprimé en radian.

Diffraction de la lumière monochromatique émise par le laser hélium-néon(He-Ne) :

Pour déterminer la largeur a d'une fente d'un diaphragme, on utilise la lumière rouge monochromatique émise par le laser hélium-néon. Pour cela, on réalise l'expérience schématisée sur la figure 1.

On éclaire la fente de largeur a par le faisceau laser et on observe des taches lumineuses sur un écran placé à une distance D de la fente. Ces taches sont séparées par des zones sombres. La largeur de la tache centrale est ℓ .

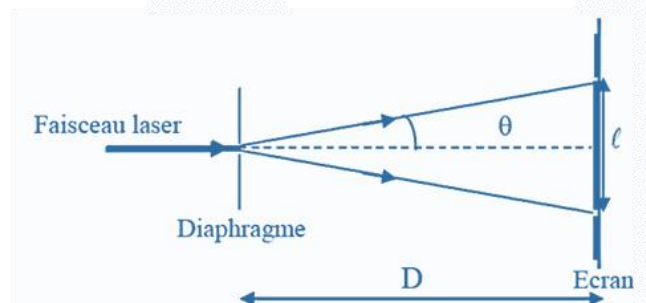


Figure 1

1. Choisir la proposition juste parmi les affirmations suivantes :

- a) Dans le verre, la lumière se propage avec une vitesse plus grande que dans l'air.
- b) L'écart angulaire est : $2.\theta = \frac{\lambda}{a}$.
- c) La fréquence de la lumière émise par le laser hélium-néon est $\nu = 4,739 \times 10^{14} \text{Hz}$.

- d) L'écart angulaire est plus grand si on remplace la lumière rouge par une lumière violette.
2. Dans le cas des petits angles, établir l'expression de la largeur a en fonction de D , ℓ et λ .
Pour une distance $D = 1,5\text{m}$ on mesure la largeur de la tache centrale et on trouve $\ell = 3,4\text{cm}$. Calculer a .
3. On modifie la distance entre la fente et l'écran en prenant $D' = 3\text{m}$. Calculer la valeur de l'écart angulaire et celle de la largeur de la tache centrale.

Exercice 7 : Ondes ultrasonores

L'échographie est un outil du diagnostic médical. Sa technique utilise une sonde à ultrasons.

1. Détermination de la célérité d'une onde ultrasonore dans l'air :

On se propose de déterminer la célérité d'une onde ultrasonore dans l'air à partir de la mesure de la longueur d'onde λ d'un signal émis par la sonde d'un échographe de fréquence $N = 40\text{kHz}$. Pour cela, on utilise un émetteur E produisant une onde périodique sinusoïdale de même fréquence que celle de la sonde.

Les récepteurs R_1 et R_2 sont à égales distances de l'émetteur E . Lorsqu'on éloigne le récepteur R_2 d'une distance d (Figure 1), les deux sinusoïdes visualisées sur l'oscilloscope se décalent. Les deux courbes sont en phase à chaque fois que la distance d entre R_1 et R_2 est un multiple entier n de λ avec $n \in \mathbb{N}^*$

1.1. Définir la longueur d'onde.

1.2. Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes :

- Les ultrasons sont des ondes transportant la matière.
- Les ultrasons sont des ondes mécaniques.
- Les ultrasons se propagent avec la même vitesse dans tous les milieux.
- Le domaine de la longueur d'onde des ondes ultrasonores est : $400\text{nm} \leq \lambda \leq 800\text{nm}$.

1.3. Dans l'expérience réalisée, on relève pour $n = 12$, la distance $d = 10,2\text{ cm}$. Déterminer la célérité de l'onde dans l'air.

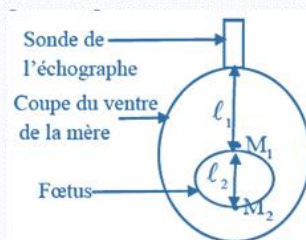
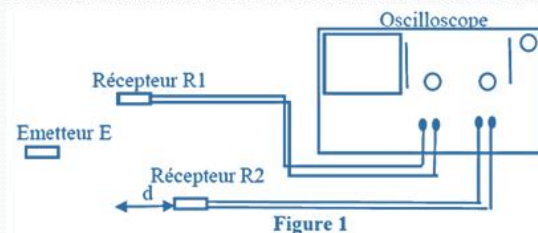
2. Application à l'échographie :

La sonde échographique utilisée est à la fois un émetteur et un récepteur. Lorsque les ondes se propagent dans le corps humain, elles sont en partie réfléchies par les parois séparant deux milieux différents. La partie réfléchiée de l'onde est reçue par la sonde puis analysée par un système informatique. La figure 2 représente le schéma du dispositif permettant l'échographie d'un fœtus.

Lors de l'examen, une salve d'ondes est émise par l'émetteur de la sonde à la date $t=0$. L'onde est réfléchiée au point M_1 et au point M_2 . La sonde reçoit la première onde réfléchiée à la date $t = t_1 = 80\mu\text{s}$ et la deuxième à la date $t = t_2 = 130\mu\text{s}$.

Trouver l'épaisseur ℓ_2 du fœtus.

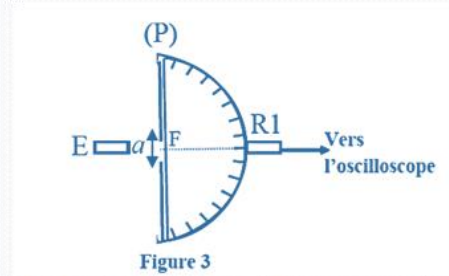
On admet que la vitesse des ondes ultrasonores dans le corps humain est $V_C = 1540\text{m.s}^{-1}$.



3. Diffraction de l'onde ultrasonore dans l'air :

Le schéma expérimental représenté sur la figure 3 comporte :

- L'émetteur E émettant l'onde ultrasonore de fréquence $N = 40\text{kHz}$,
- le récepteur R_1 lié à un oscilloscope,
- une plaque métallique (P) percée d'une fente rectangulaire de largeur a très petite devant sa longueur,
- une feuille graduée permettant de mesurer les angles en degrés.



On déplace le récepteur R_1 dans le plan horizontal d'un angle θ sur l'arc de cercle de centre F et de rayon $r = 40\text{cm}$ et on note pour chaque amplitude U_m de l'onde reçue par R_1 , l'angle θ correspondant.

3.1. Comparer la longueur d'onde de l'onde incidente avec celle de l'onde diffractée.

3.2. On donne $a = 2,6\text{cm}$.

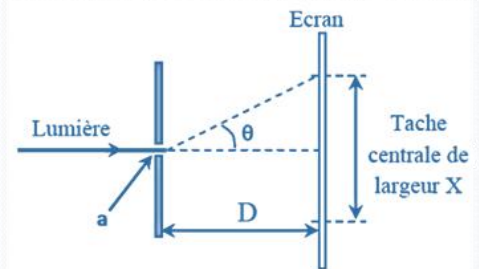
Trouver la distance du déplacement du récepteur pour observer le premier minimum d'amplitude U_m de la tension du récepteur.

Exercice 8 : Diffraction de la lumière

On considère $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ la célérité d'une onde lumineuse dans l'air.

Le schéma de la figure suivante représente un montage expérimental pour l'étude de la diffraction de la lumière.

Une fente de largeur a est éclairée avec une lumière laser rouge, de longueur d'onde $\lambda_1 = 632,8\text{nm}$, puis par une lumière jaune, d'une lampe à mercure, de longueur d'onde λ_2 inconnue. Sur un écran situé à la distance D de la fente, on visualise successivement les figures de diffraction obtenues. En lumière rouge, la tache centrale a une largeur $X_1 = 6,0\text{cm}$ et en lumière jaune une largeur $X_2 = 5,4\text{cm}$.



1. Donner le nombre d'affirmations fausses parmi les affirmations suivantes :

- a. L'expérience décrite sur la figure met en évidence le phénomène de la dispersion de la lumière.
- b. Si une onde de longueur d'onde λ passe à travers une fente de largeur $a = \frac{\lambda}{2}$ dans un même milieu, alors sa célérité change.
- c. Si une onde de longueur d'onde λ passe à travers une fente de largeur $a = \frac{\lambda}{2}$ dans un même milieu, alors sa longueur d'onde est divisée par 2.
- d. Dans un milieu dispersif, si la longueur d'onde diminue, alors la célérité du signal augmente.

2. On se limite dans le cas de faibles écarts angulaires où $\tan\theta \approx \theta$ avec θ exprimé en radian.

2.1. Donner l'expression permettant de déterminer l'angle θ en utilisant exclusivement les grandeurs présentes sur la figure.

2.2. Montrer que le rapport $\frac{\lambda}{X}$ est constant pour un dispositif expérimental donné et déduire la longueur d'onde λ_2 .

3. Si on réalise la même expérience en utilisant une lumière blanche, on observe une tache centrale blanche et des taches latérales irisées. Interpréter l'aspect de la figure observée.
4. Calculer la longueur d'onde de la lumière rouge du laser utilisé lorsqu'elle se propage dans un milieu d'indice $n = 1,5$ ainsi que sa vitesse de propagation dans ce milieu.

Exercice 9 : Propagation des ondes mécaniques et des ondes électromagnétiques

1. Donner le nombre d'affirmations justes parmi les affirmations suivantes :
 - a. Les ultrasons sont des ondes longitudinales.
 - b. Les ultrasons sont des ondes électromagnétiques.
 - c. La fréquence d'une onde ultrasonore varie en passant de l'air à l'eau.
 - d. Si on double la fréquence d'une onde sinusoïdale dans un milieu non dispersif, alors sa vitesse de propagation est divisée par 2.
2. Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire à côté, parmi les quatre réponses proposées, la réponse juste sans ajouter aucune justification ni explication.
 - 2.1. L'affirmation juste est :
 - Lors de la propagation d'une onde mécanique progressive, il y a transport de la matière.
 - Une onde mécanique à la surface de l'eau peut transporter un objet flottant.
 - Une onde sonore se propage dans le vide.
 - Lors de la diffraction d'une onde mécanique progressive périodique, sa fréquence ne change pas.
 - 2.2. Le son émis par un haut-parleur est une onde :
 - mécanique, longitudinale.
 - électromagnétique, transversale.
 - mécanique, transversale.
 - électromagnétique, longitudinale.
3. Un faisceau laser de fréquence $f_1 = 4,76 \times 10^{14}$ Hz éclaire une fente verticale de largeur a . On place un écran E perpendiculairement à la direction du faisceau, à une distance $D = 1,6$ m de la fente. On observe une figure de diffraction dont la tache centrale a une largeur $\ell_1 = 8$ cm. On donne $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ la célérité d'une onde lumineuse dans l'air et on se limite dans le cas de faibles écarts angulaires où $\tan\theta \approx \theta$ avec θ exprimé en radian.
 - 3.1. Faire le schéma du montage et de la figure de diffraction en faisant apparaître l'écart angulaire θ .
 - 3.2. Trouver la valeur de la largeur a de la fente.
 - 3.3. On change le faisceau laser par une source lumineuse émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_2 = 450$ nm. Comment la largeur de la tache centrale de la figure de diffraction va-t-elle varier ? Justifier la réponse.



Exercice 10 : Nature ondulatoire de la lumière

le caractère ondulatoire de la lumière fut établi au XIX^e par des expériences de diffraction et d'autres expériences montrant, par analogie avec les ondes mécaniques, que la lumière peut être décrite comme une onde.

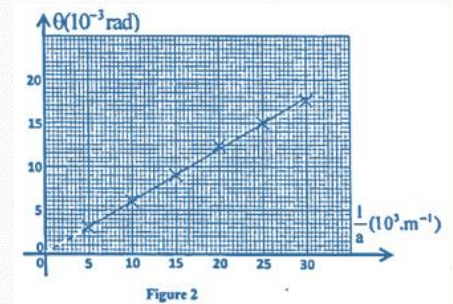
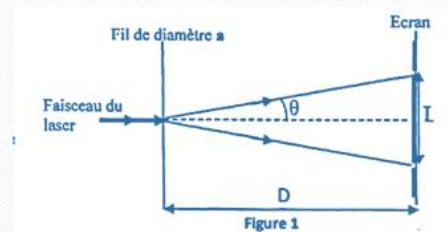
1. une onde lumineuse est elle une onde mécanique ?
2. Fresnel a exploité le phénomène de diffraction de la lumière par un fil de fer.
Indiquer quel doit être l'ordre de grandeur du diamètre a du fil pour observer le phénomène de diffraction.
3. parmi les affirmations suivantes combien y en a t-il d'exactes ?
 - a) La lumière est une onde transversale, dont la célérité est la même dans tout milieu transparent.
 - b) La lumière monochromatique d'un laser est constituée de radiations d'une seule longueur d'onde mais de plusieurs fréquences différents.
 - c) La dispersion de la lumière blanche par un prisme montre que l'indice de réfraction du milieu varie avec la fréquence.
 - d) Le vide est parfaitement non dispersif.

4. Pour mesurer, par diffraction, la longueur d'onde d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ on réalise l'expérience de diffraction en utilisant des fils fins (figure 1).

On se limite dans le cas de faibles écarts angulaires où $\tan\theta \approx \theta$ avec θ exprimé en radian.

La figure 1 représente le schéma de diffraction obtenue sur un écran blanc situé à une distance $D = 2,0\text{m}$ des fils. Pour chaque fil de diamètre a , on mesure la longueur L de la tache centrale. A partir de ces mesures et d'autres données on obtient la courbe de la figure 2 représentant les variations de l'écart angulaires θ en fonction de $\frac{1}{a}$:

$$\theta = f\left(\frac{1}{a}\right).$$



- 4.1. Déterminer graphiquement la longueur d'onde du laser utilisé.
- 4.2. On place dans le même dispositif expérimental un fil de diamètre a_1 inconnu. La largeur de la tache centrale de diffraction vaut alors $L_1 = 4\text{cm}$. Déterminer a_1