

1) Ondes mécaniques progressives

Définition. Propagation d'une perturbation dans un *milieu matériel* élastique, transportant de l'énergie *sans transport de matière*.

Types.

- **Transversale** : déplacement $\perp$ à la direction de propagation (corde tendue, ride à la surface de l'eau).
- **Longitudinale** : déplacement $\parallel$ à la propagation (ressort, son dans l'air).

Célérité. $v = \frac{d}{\Delta t}$

Retard temporel. Si $M'M = d$, alors $\tau = \frac{d}{v}$ et

$$y(M', t) = y(M, t - \tau).$$

2) Ondes mécaniques progressives périodiques

Définition. Chaque point du milieu oscille *périodiquement* (période T). L'onde possède une périodicité spatiale *longueur d'onde* λ . Si la source est sinusoïdale, l'onde est *sinusoïdale*.

Relations clés.

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f, \quad f = \frac{1}{T}.$$

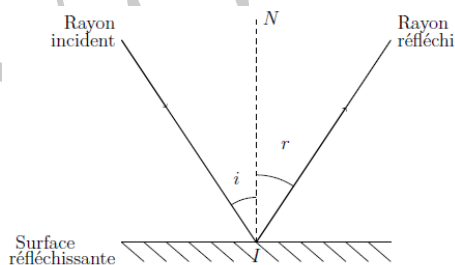
Mesure du retard (principe). Si deux signaux mesurés en deux points M et M' sont décalés d'une durée τ , alors $v = \frac{MM'}{\tau}$.

Diffraction. Une onde plane traversant une ouverture de largeur a est fortement diffractée si $a \lesssim \lambda$. La *fréquence* f , la *célérité* v et donc λ (dans un même milieu) restent inchangées.

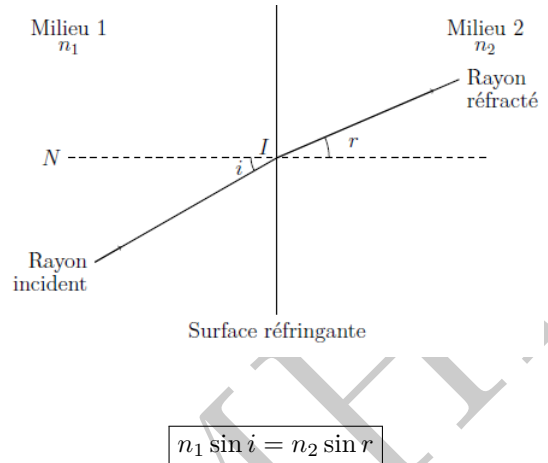
Dispersion. Le milieu est *dispersif* si v dépend de f (ex. : vague à la surface de l'eau) et *non dispersif* sinon (approx. : son dans l'air).

3) Propagation des ondes lumineuses

a) Réflexion (Descartes). Déviation du rayon dans le *même* milieu.



b) Réfraction (Descartes-Snell). Changement de direction à la traversée d'une interface entre deux milieux.

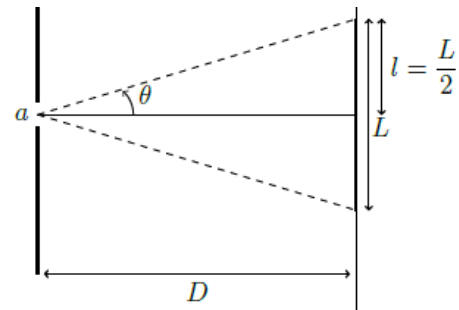


c) Propriétés de l'onde lumineuse.

- La **célérité** dépend du milieu : $n = \frac{c}{v}$, avec $c \simeq 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
- **Longueur d'onde** : $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$ (vide), $\lambda = \frac{v}{\nu}$ (dans le milieu).

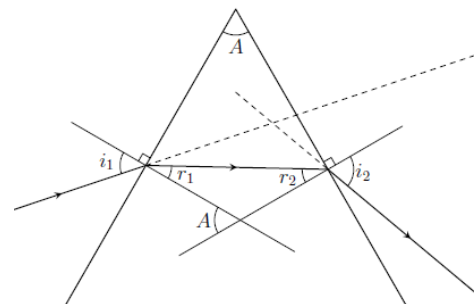
d) Diffraction par une fente.

- Déviation notable quand la largeur a est du même ordre que λ .
- Au loin (écran à distance D) : ouverture angulaire $\theta \simeq \frac{\lambda}{a}$ et, si la tache centrale de largeur L est mesurée : $\theta \simeq \frac{L}{2D}$.



Dispersion par un prisme. Déviation et *décomposition* de la lumière blanche.

$$\sin i_1 = n \sin r_1, \quad \sin i_2 = n \sin r_2, \quad A = r_1 + r_2, \quad D = i_1 + i_2 -$$



Exercice 1 : R2022 PC

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 . La courbe ci-dessous représente les variations de l'élongation y_M d'un point M du milieu de propagation en fonction du temps t . Le point M est situé à la distance $L = 2,5$ cm du point S .

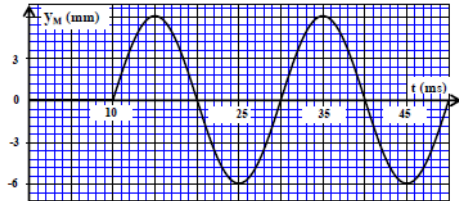


FIGURE 1 –

- À partir du graphe $y_M(t)$, déterminer la fréquence N de l'onde (en Hz).
- Le point M reprend le même mouvement que S avec un retard τ . Déterminer τ (en s) en utilisant le décalage temporel observé entre S et M .
- En déduire la célérité v de l'onde à la surface de l'eau en m s^{-1} .
- Déterminer la longueur d'onde λ à l'aide de la relation.

Exercice 2 : N2022 PC

Pour déterminer la célérité des ondes sonores dans l'air, on réalise le montage expérimental représenté sur le schéma de la figure 2. Ce montage est constitué d'un émetteur E et d'un récepteur R d'ondes sonores distants de $L = 85$ cm. Une onde sonore émise par E , se propageant dans l'air, est reçue par R .

On visualise, à l'aide d'un système d'acquisition informatisé, à la fois le signal (a) émis et le signal (b) reçu (figure 3).

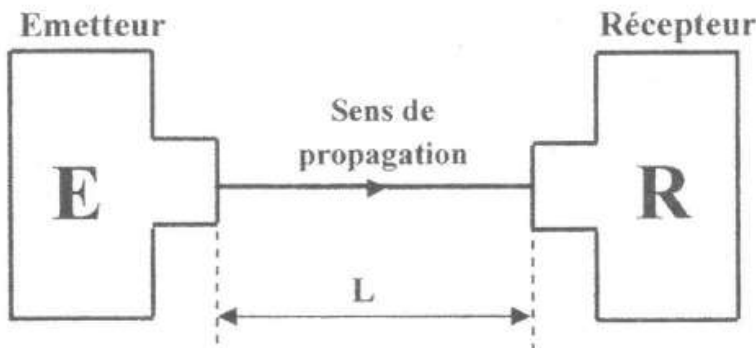


FIGURE 2 –

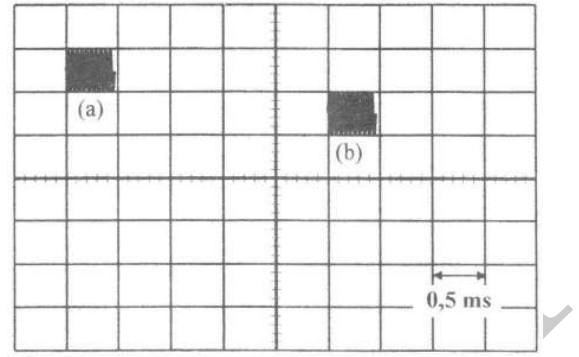


FIGURE 3 –

- Recopier le numéro de la question et répondre par **vrai** ou **faux**.
 - L'onde sonore est une onde transversale.
 - L'onde sonore ne se propage pas dans le vide.
- Déterminer la durée Δt mise par le signal pour arriver au récepteur R à partir des traces de la figure 3.
- Calculer la célérité v des ondes sonores dans l'air.

Exercice 3 : N2020 PC

La pointe S d'un vibreur crée une **onde progressive sinusoïdale** de fréquence N à la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes. L'onde ainsi créée se propage *sans amortissement ni réflexion* avec une célérité $v = 0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La figure ci-dessous reproduit l'aspect de la surface de l'eau à un instant t_1 . Les lignes circulaires représentent les crêtes.

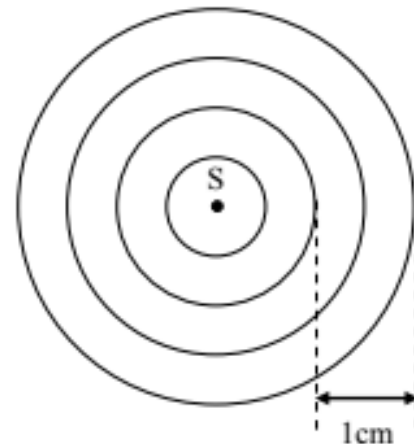


FIGURE 4 –

- En exploitant la figure ci-contre, déterminer la longueur d'onde λ .
- Trouver la fréquence N de l'onde.

3. On considère un point M de la surface de l'eau situé à une distance $d = 5$ cm de la source S .
Calculer le **retard temporel** τ du mouvement de M par rapport à celui de la source S .

Exercice 3 : N2019 PC

À l'aide d'un vibreur d'une cuve à ondes, on crée en un point S de la surface libre de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $N = 20$ Hz. Cette onde se propage à $t = 0$ à partir du point S , sans amortissement et sans réflexion. La figure ci-contre représente une coupe, dans un plan vertical, d'une partie de la surface de l'eau à l'instant de date t_1 .

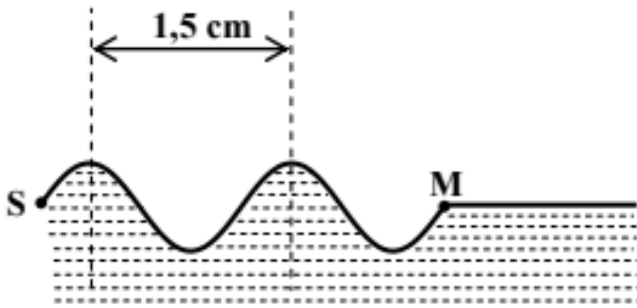


FIGURE 5 –

- 1) L'onde qui se propage à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale? **Justifier.**
- 2) Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde étudiée.
- 3) Dédurre la célérité V de l'onde à la surface de l'eau.
- 4) Le point M , situé à la distance $d = SM$ du point S , est le front de l'onde à l'instant t_1 . Exprimer le retard temporel τ du mouvement de M par rapport au mouvement de S , en fonction de la période T de l'onde. **Calculer** τ .

Exercice 4 : R2019 SPC

Une source laser émet une radiation rouge, de longueur d'onde λ_R , vers une fente horizontale de largeur $a = 0,3$ mm. On observe, sur un écran situé à une distance $D = 2$ m de la fente, des taches lumineuses réparties sur une ligne verticale. La tache centrale a une largeur $L_R = 8,5$ mm (figure ci-dessous).

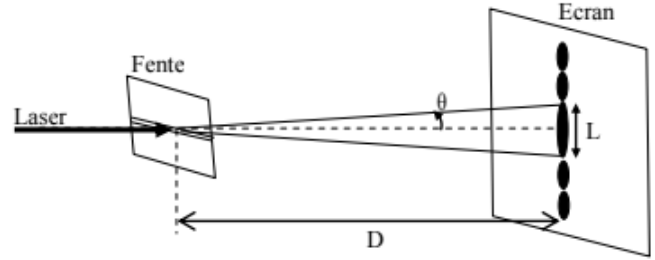


FIGURE 6 –

- 1) On propose quatre expressions pour la longueur d'onde λ d'une onde lumineuse diffractée. Choisir, en se basant sur une analyse dimensionnelle, l'expression juste :
 $\blacksquare \lambda = \frac{a L D}{2}$ $\blacksquare \lambda = \frac{a L}{2 D}$ $\blacksquare \lambda = \frac{a}{L D}$ $\blacksquare \lambda = \frac{2 L}{a D}$
- 2) Recopier le numéro de la question et répondre par **vrai** ou **faux**. Les facteurs, intervenant dans la diffraction d'une radiation, varient ainsi :
 - a) θ (écart angulaire) augmente si la longueur d'onde λ de la radiation émise augmente.
 - b) La largeur L de la tache centrale est proportionnelle à la largeur a de la fente.
- 3) Déterminer la longueur d'onde λ_R de la radiation émise par cette source laser (donnée : $L_R = 8,5$ mm).
- 4) On remplace la source rouge par une source bleue de longueur d'onde $\lambda_B = 450$ nm. Comparer les largeurs L_R et L_B des deux taches centrales obtenues successivement avec les radiations rouge et bleue.

Exercice 5 : N2021 SPC

- 1) **Prisme et spectre lumineux.**

Un faisceau cylindrique de lumière blanche, émis par une source S , arrive perpendiculairement à la face d'un prisme (P) en verre (figure 7). Le faisceau issu du prisme arrive sur un écran (E). On observe alors sur cet écran un **spectre lumineux**.

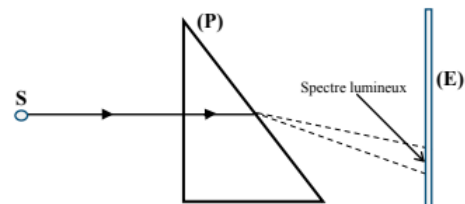


Figure 1

FIGURE 7 –

Choisir parmi les propositions suivantes celle qui est juste :

L'expérience précédente montre que la lumière blanche :

- A) est monochromatique
- B) n'est formée que de deux radiations
- C) est **polychromatique**.

- 2) On éclaire le prisme (P) successivement par deux radiations lumineuses : l'une **rouge** et l'autre **jaune**.

Données : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$;

radiation rouge : $\lambda_r = 474 \text{ nm}$ (dans le prisme), $\nu_r = 3,91 \times 10^{14} \text{ Hz}$;

radiation jaune : $\lambda_{0j} = 589 \text{ nm}$ (dans le vide), $\lambda_j = 355 \text{ nm}$ (dans le prisme).

- a) Calculer la fréquence ν_j de la radiation jaune.
 - b) Calculer les célérités v_j et v_r des radiations jaune et rouge dans le prisme.
 - c) Quelle propriété du prisme est mise en évidence par les résultats de la question 2.a ?
- 3) **Diffraction par une fente.**

Une radiation laser de longueur d'onde λ éclaire une fente horizontale de largeur $a = 0,06 \text{ mm}$. Sur un écran à la distance D , on observe un ensemble de taches verticales. La tache centrale a une largeur L . On change D et on mesure L ; la courbe de la figure 3 donne les variations $L = f(D)$. On prendra, pour un petit angle θ , $\tan \theta \simeq \theta$.

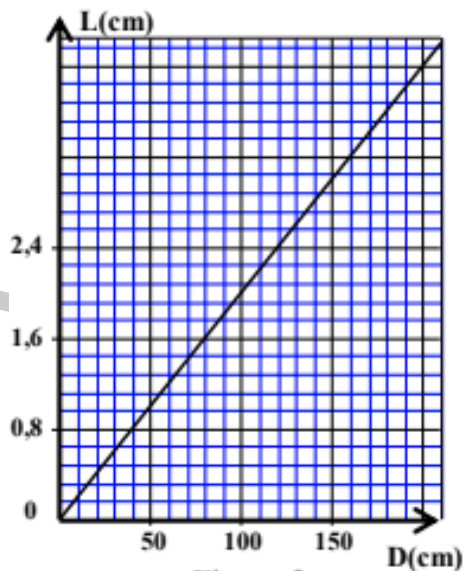
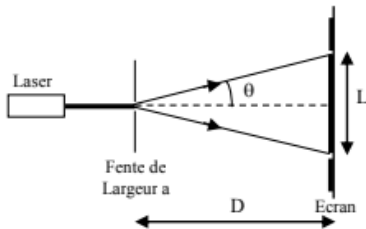


Figure 3

- a) Établir l'expression de L en fonction de λ , a et D .
- b) En exploitant la courbe $L = f(D)$, montrer que $\lambda = 600 \text{ nm}$.
- c) On fixe l'écran à $D_1 = 2,0 \text{ m}$ et on remplace la fente par un cheveu de diamètre d . Avec la même radiation (λ identique), on obtient une tache centrale de largeur $L_1 = 3,0 \text{ cm}$. Déterminer le diamètre d du cheveu.

Exercice 6 : N2018 SPC

Dans une cuve contenant du pétrole, on fixe à l'une de ses extrémités deux émetteurs E_1 et E_2 reliés à un GBF. À l'instant $t_0 = 0$, les deux émetteurs émettent chacun une onde ultrasonore, l'une se propageant dans l'air et l'autre dans le pétrole. À 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 8).

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les deux signaux reçus par R_1 et R_2 (voir figure 9).

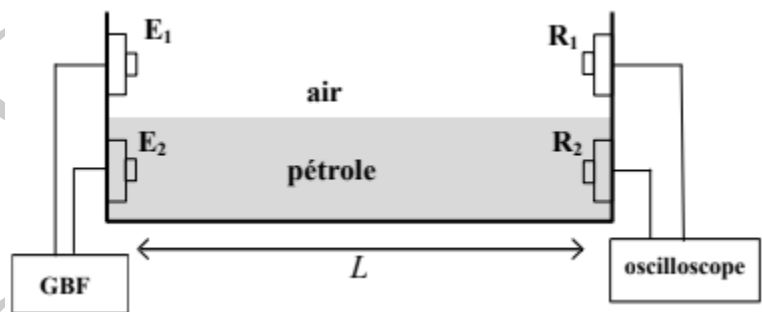


FIGURE 8 –

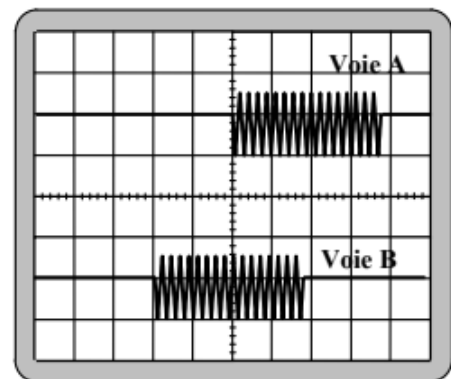


FIGURE 9 –

Données :

- distance parcourue par chaque onde : $L = 1,84 \text{ m}$;
- célérité des ultrasons dans l'air : $V_{\text{air}} = 340 \text{ ms}^{-1}$;

— sensibilité horizontale de l'oscilloscope : 2 ms/div.

- 1) Les ondes ultrasonores sont-elles **longitudinales** ou **transversales** ? **Justifier**.
- 2) En exploitant la figure 9, déterminer la valeur du **retard temporel** τ entre les deux ondes reçues. *Indication : compter le nombre de divisions horizontales Δn séparant les deux signaux, puis prendre $\tau = (2 \text{ ms/div}) \times \Delta n$.*
- 3) Montrer que l'expression de τ s'écrit sous la forme :

$$\tau = L \left(\frac{1}{V_{\text{air}}} - \frac{1}{V_p} \right).$$

- 4) En déduire la valeur approximative de la **célérité** V_p des ultrasons dans le pétrole.

Exercice 7 : N2017 SPC

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.

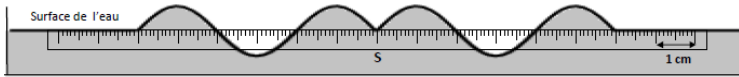


FIGURE 10 –

- 1) La longueur d'onde est :
☐ $\lambda = 0,2 \text{ cm}$ ☐ $\lambda = 4 \text{ cm}$ ☐ $\lambda = 5 \text{ cm}$ ☐ $\lambda = 6 \text{ cm}$
- 2) La vitesse m s^{-1} de propagation de l'onde à la surface de l'eau est :
☐ $v = 2$ ☐ $v = 200$ ☐ $v = 3$ ☐ $v = 8,10^4$
- 3) L'instant t , où la coupe de la surface de l'eau est représentée, a pour valeur :
☐ $t = 8 \text{ s}$ ☐ $t = 0,03 \text{ s}$ ☐ $t = 0,3 \text{ s}$ ☐ $t = 3 \text{ s}$
- 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 S avec un **retard temporel** τ . La relation entre l'élongation du point M et celle de la source S s'écrit :

☐ $y_M(t) = y_S(t - 0,3)$ ☐ $y_M(t) = y_S(t - 0,03)$

☐ $y_M(t) = y_S(t + 0,03)$ ☐ $y_M(t) = y_S(t + 0,3)$

Exercice 8 : R2015 SPC

Pour déterminer la célérité de propagation d'une onde le long d'une corde, le professeur demande à un élève de produire un ébranlement à l'une des extrémités d'une corde horizontale, et, en même temps, à une élève de filmer la séquence à l'aide d'une caméra numérique réglée sur la cadence de **25 images par seconde**. Une règle blanche (R) de longueur **1 m** est placée au voisinage de la corde comme échelle de mesure. Après traitement informatique, on retient les **photos n°8 et n°12** (voir ci-dessous) pour les exploiter.

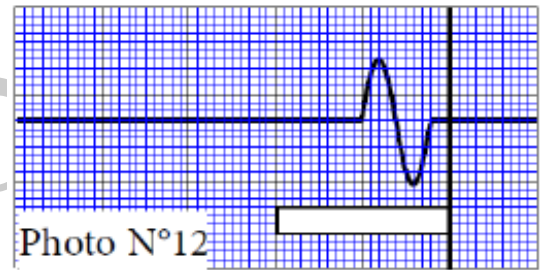
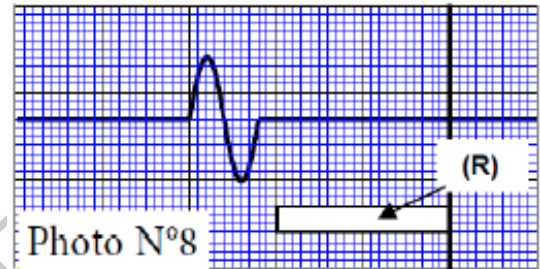


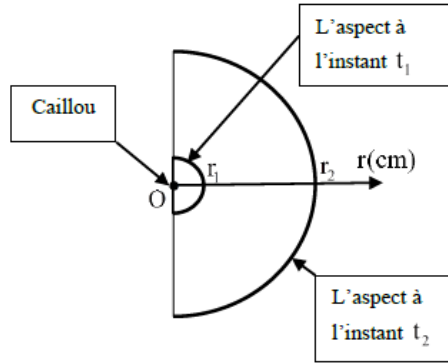
FIGURE 11 –

- 1) **Calculer** la durée Δt séparant la prise des **photos n°8 et n°12**.
- 2) **Déterminer** la distance d parcourue par l'onde pendant la durée Δt en exploitant l'échelle donnée par la règle de 1 m visible sur les photos.
- 3) **En déduire** la célérité v de l'onde le long de la corde.

Exercice 9 : N2024 SPC

La figure suivante donne l'aspect de la surface de l'eau à deux instants t_1 et t_2 . Le tableau ci-dessous donne les valeurs des rayons du front d'onde à des instants donnés :

$t \text{ (s)}$	0	t_1	$t_2 = t_1 + 1,5$
$r \text{ (cm)}$	0	$r_1 = 14$	$r_2 = 56$



- 1) Déterminer la valeur de la **célérité** v de l'onde.
- 2) En déduire la valeur de l'instant t_2 .
- 3) On peut estimer la célérité v de l'onde qui se propage à la surface de l'eau par la relation $v = \sqrt{gh}$, avec $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$ l'intensité de la pesanteur et h la profondeur de l'eau.
 - 3-1) En utilisant les *équations aux dimensions*, vérifier l'**homogénéité** de cette relation.
 - 3-2) Calculer h .

Exercice 10 : R2024 SPC

On réalise l'expérience suivante avec deux microphones M_1 et M_2 distants de $d = 2,85 \text{ m}$ et reliés aux voies A et B d'un oscilloscope à mémoire. Entre ces deux microphones, un émetteur produit des salves de son. L'émetteur est à la distance ℓ du microphone M_1 . L'émetteur, M_1 et M_2 sont alignés (figure 12). Les oscillogrammes obtenus sur les deux voies A et B de l'oscilloscope sont représentés sur la figure 13. La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est réglée à $0,5 \text{ ms/div}$.

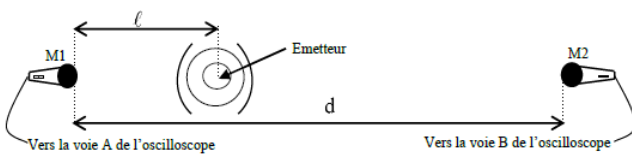


Figure 1

FIGURE 12 –

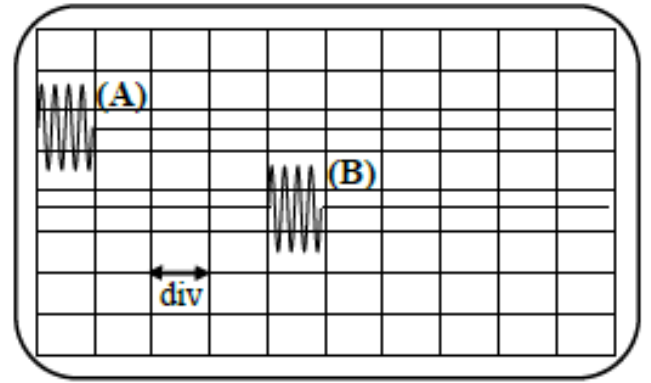


FIGURE 13 –

Donnée : célérité du son dans l'air $v = 340 \text{ m s}^{-1}$.

- 1) **Définir** une *onde mécanique longitudinale*.
- 2) **Répondre par vrai ou faux (sans justification)** aux propositions suivantes :
 - a) Les ondes lumineuses sont des ondes mécaniques.
 - b) Dans un même milieu, la diffraction modifie la longueur d'onde.
 - c) La célérité du son dépend du milieu de propagation.
 - d) Une onde longitudinale se propage avec transport de matière.
- 3) **Déterminer le retard temporel** τ avec lequel le son arrive en M_2 par rapport à M_1 .
- 4) **Déterminer la valeur de** ℓ .

Exercice 11 : R2025 SPC

Une source laser émet, dans l'air, un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ_a .

Données :

célérité de la lumière dans le vide (ou l'air) : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$;

indice de réfraction de l'air : $n_a = 1$.

- 1) **Choisir la proposition juste** parmi les propositions suivantes :
 - A) La lumière émise par la source laser est une onde mécanique.
 - B) La vitesse de la lumière est plus grande dans les fibres optiques en verre que dans le vide.
 - C) Les radiations du spectre visible ont des longueurs d'onde dans le vide comprises entre $0,4 \text{ nm}$ et $0,8 \text{ nm}$.
 - D) La fréquence d'une lumière monochromatique ne dépend pas du milieu de propagation.
- 2) **Dispositif expérimental.** Le montage (figure ci-dessous) est constitué de :

- la source laser précédente ;
- une fente de largeur a ;
- un écran parallèle à la fente, placé à une distance D de la fente.

Le faisceau de lumière émis par la source laser arrive perpendiculairement à la fente. On observe sur l'écran des taches lumineuses ; la tache centrale a une largeur $L = 2,4$ cm.

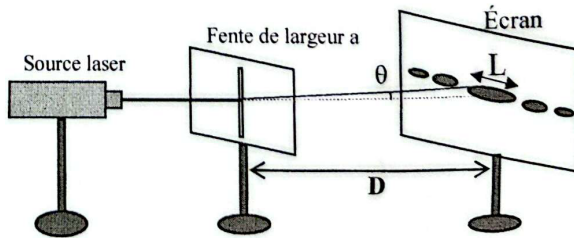


FIGURE 14 –

- 2-1) **Nommer** le phénomène observé. Quel **aspect de la lumière** est alors mis en évidence ?
- 2-2) **Montrer** que l'expression de la largeur L s'écrit

$$L = \frac{2 \lambda_a D}{a}$$

en supposant l'angle θ suffisamment petit pour prendre $\tan \theta \simeq \theta$ (en radian).

- 3) On réalise l'expérience précédente dans un **liquide** d'indice n_L , en gardant la même distance D . On remarque que la largeur de la tache centrale prend la valeur $L' = 1,8$ cm.

- 3-1) **Vérifier** que $n_L \simeq 1,33$.
- 3-2) **Déduire** v_L , la **vitesse de propagation** de la lumière du laser dans ce liquide.

Exercice 12 : R2023 SPC

Une source lumineuse émet, dans l'air, une **radiation jaune** de longueur d'onde $\lambda_{0j} = 580$ nm, vers une fente horizontale de largeur a . On observe, sur un écran situé à la distance $D = 1,4$ m de la fente, des taches lumineuses réparties sur une ligne verticale. La tache centrale a la largeur $L_j = 2,7$ cm (figure ci-dessous).

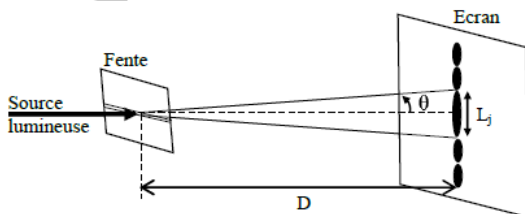


FIGURE 15 –

Donnée : célérité de la lumière dans le vide (ou l'air) $c = 3,0 \times 10^8$ m s⁻¹.

- 1) Choisir, parmi les propositions suivantes, celle qui est **juste** :
- A) La longueur d'onde d'une radiation monochromatique ne dépend pas du milieu de propagation.
 - B) Dans un milieu dispersif, la célérité d'une onde lumineuse ne varie pas avec la fréquence.
 - C) Une onde lumineuse monochromatique est caractérisée par sa fréquence.
 - D) Les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible sont $400 \mu\text{m}$ et $800 \mu\text{m}$.
- 2) En supposant l'écart angulaire θ suffisamment petit pour prendre $\tan \theta \simeq \theta$, **trouver l'expression** de la largeur a de la fente en fonction de L_j , D et λ_{0j} , puis **calculer** la valeur de a .
- 3) Dans l'expérience de diffraction précédente, on remplace la source jaune par une source rouge de longueur d'onde λ_{0R} . **Montrer** que :

$$\lambda_{0R} = \frac{L_R}{L_j} \lambda_{0j}$$

puis **calculer** λ_{0R} pour $L_R = 3,4$ cm.

- 4) On considère maintenant que la radiation jaune se propage dans un milieu d'indice de réfraction $n_1 = 1,5$. **Calculer**, dans ce milieu :

- 4-1) la vitesse de propagation V_{1j} de la radiation jaune.
- 4-2) la longueur d'onde λ_{1j} de cette radiation.

Exercice 13 : R2017

On réalise une expérience de diffraction de la lumière en utilisant un **fil fin** de diamètre $d = 0,1$ mm et une source de lumière monochromatique de longueur d'onde λ . On visualise le phénomène sur un écran situé à la distance $D = 3,5$ m du fil. La mesure de la **largeur de la tache centrale** donne $L = 56$ mm. On suppose l'écart angulaire θ petit et on prend $\tan \theta \simeq \theta$.

- 1) **Trouver** la longueur d'onde λ de la source utilisée.
- 2) On remplace uniquement la source précédente par une autre **monochromatique violette**. **Comment varie** la largeur de la tache centrale L ? **Justifier**.

Exercice 14 : N2015 SPC

Pour déterminer l'indice de réfraction du milieu transparent constituant le cœur d'une fibre optique, on utilise le montage de la figure 16. Les récepteurs R_1 et R_2 transforment l'onde lumineuse monochromatique issue de la source laser en tensions électriques affichées à l'oscilloscope (figure 17).

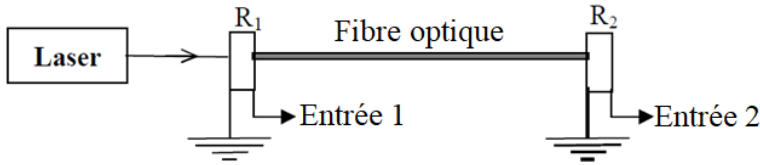


FIGURE 16 –

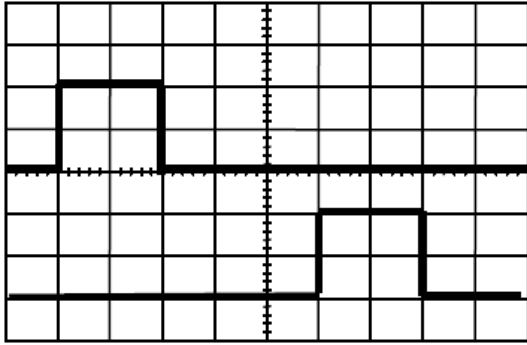


FIGURE 17 –

On donne :

- Sensibilité horizontale : $S_H = 0,2 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$;
- Célérité de la lumière dans le vide (air) : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

- 1) **Déterminer le retard temporel** τ enregistré entre R_1 et R_2 à partir de la figure 17.
- 2) On sait que la célérité de l'onde lumineuse à l'intérieur du cœur de la fibre vaut $v = 1,87 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. **Calculer l'indice de réfraction** n du milieu constituant le cœur de la fibre optique.
- 3) La longueur d'onde de l'onde lumineuse issue du laser est $\lambda = 530 \text{ nm}$. **Calculer l'énergie** E d'un photon correspondant à cette radiation, en joules.

Exercice 15 : N2014 SPC

se présentant sous forme de vagues qui se propagent à la surface des eaux et arrivent aux côtes avec de fortes énergies. On modélise un tsunami par une onde mécanique progressive périodique se propageant à la surface de l'eau avec une vitesse v variant avec la profondeur h de l'océan selon la relation (cas des faibles profondeurs comparées à la longueur d'onde, $\lambda \gg h$) : $v = \sqrt{gh}$, où λ est la longueur d'onde et g l'intensité de la pesanteur.

On donne : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$. On étudie la propagation d'un tsunami dans une région de l'océan de profondeur supposée constante : $h = 6000 \text{ m}$.

- 1) **Justifier** que les ondes se propageant à la surface de l'océan sont *transversales*.

- 2) **Calculer la vitesse de propagation** des ondes dans cette région de l'océan.
- 3) Sachant que la durée séparant deux crêtes consécutives est $T = 18 \text{ min}$, **déterminer la longueur d'onde** λ .
- 4) Dans le cas $\lambda \gg h$, la **fréquence** des ondes de tsunami reste constante lors de la propagation vers la côte. **Comment varie** la longueur d'onde λ en s'approchant de la côte ? **Justifier**.

On considère maintenant que l'onde de tsunami passe entre deux îles A et B séparées par un **détroit** de largeur $d = 100 \text{ km}$. On suppose que la profondeur au voisinage des deux îles reste constante et que l'onde incidente est **rectiligne** de longueur d'onde $\lambda = 120 \text{ km}$.

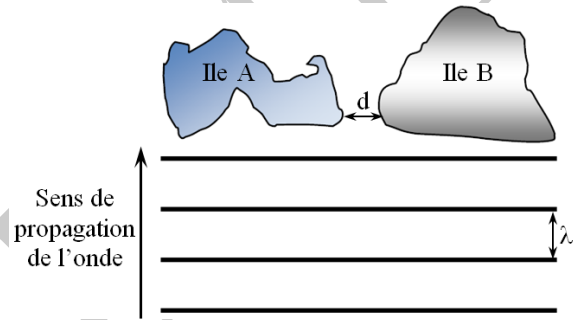
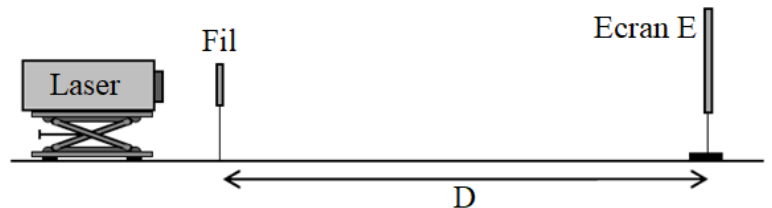


FIGURE 18 –

- 5-1) **Donner la condition** pour qu'il y ait **diffraction** à la traversée du détroit.
- 5-2) Dans le cas où la diffraction se produit :
 - a) **Donner, en justifiant, la longueur d'onde** de l'onde diffractée.
 - b) **Calculer l'angle de diffraction** θ_0 .
On admet que, pour une ouverture de largeur d et un petit angle,

Exercice 16 : N2013 SPC

Le but de cet exercice est l'étude de quelques propriétés de la lumière, et son exploitation pour déterminer le diamètre d'un cheveu.



Données :

- Célérité de propagation de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- Constante de Planck : $h = 6,63.10^{-34} \text{ J.s}$.

On réalise l'expérience de la diffraction de la lumière à une source laser monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ . On fixe à quelques centimètres de cette source un fil fin de diamètre a une distance $D = 5,54$ m, un écran E (Figure1).

- 1) On éclaire le fil par la source laser, on observe sur l'écran des taches de diffraction. On désignera la largeur de la tache centrale par L .

1-1) Quelles est la nature de la lumière mise en évidence par le phénomène de diffraction ?

1-2) Exprimer la longueur d'onde λ , en fonction de D , L et a , sachant que l'expression de l'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et l'un de ses extrémités est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$. (On considère θ petit)

1-3) On mesure la longueur L de la frange centrale pour différents fils fins. Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe de la figure 2, qui représente les variations de L en fonction de $\frac{1}{a}$.

- a) Par exploitation de cette courbe, déterminer la longueur d'onde λ .
- b) Calculer, en eV, l'énergie E du photon correspondant à cette onde lumineuse.

- 2) On refait la même expérience en fixant un cheveu exactement à la place du fil. La mesure de la largeur de la tache centrale donne : $L' = 42$ mm. Déterminer, à l'aide de la courbe, le diamètre d du cheveu.

Exercice 17 : R2012

Cet exercice vise la détermination de la longueur d'onde d'une onde électromagnétique, et la détermination du diamètre d'un fil fin métallique en exploitant le phénomène de diffraction.

On envoie, à l'aide d'une source laser, un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ , sur une plaque contenant une fente verticale de largeur $a = 0,06$ mm, on observe un phénomène de diffraction sur un écran vertical situé à une distance $D = 1,5$ m de la plaque.

La mesure de la longueur de la frange centrale donne $L_1 = 3,5$ cm. (Figure ci-dessous)

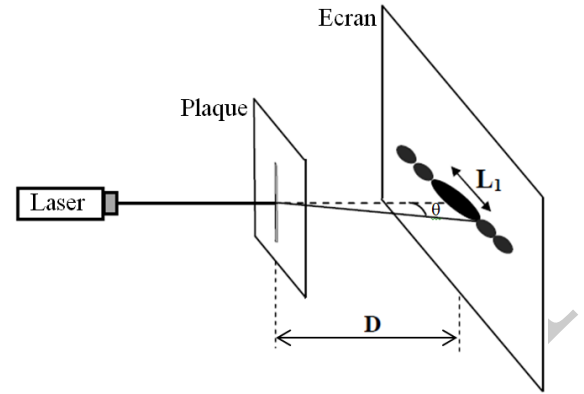


FIGURE 19 -

- 1) Quelle est la condition que doit satisfaire la largeur a de la fente pour que le phénomène de diffraction se produise ?
- 2) Quelle est la nature de la lumière mise en évidence par cette expérience ?
- 3) Exprimer λ en fonction de L_1 , D et a . calculer sa valeur. (On considère $\tan \theta \approx \theta$ pour les petit angles)
- 4) On remplace la plaque (P) par un fil fin de diamètre d , qu'on fixe à la même place de la plaque. On visualise sur l'écran des franges brillantes comme les précédentes, mais dont la largeur de la tache centrale est $L_2 = 2,8$ cm. Calculer d .

Exercice 18 : R2011

1- 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 $d = 0,5$ 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 .

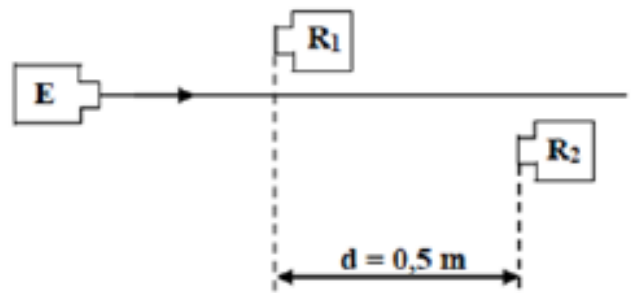


Figure 1

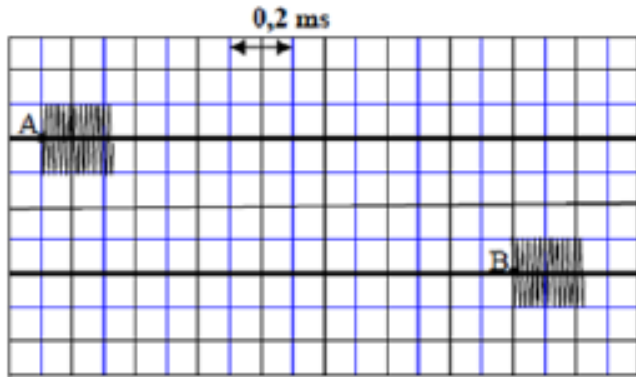


Figure 2

- 1) 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 .
- 2) Calculer v_{air} la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.
- 3) Écrire l'expression de l'élongation $y_B(t)$ du point B à l'instant t , en fonction de l'élongation du point A.

2- 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 $t = 0$, 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).

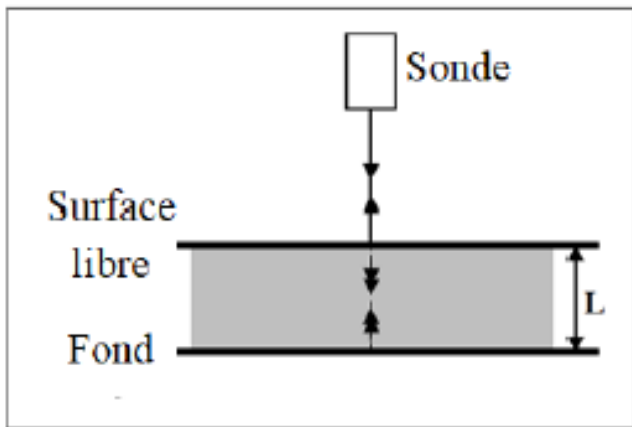


Figure 3

À l'instant t_1 , la sonde révèle la raie P_1 correspondante à l'onde réfléchiée 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 réfléchiée sur le fond de la couche du pétrole (Figure 4).

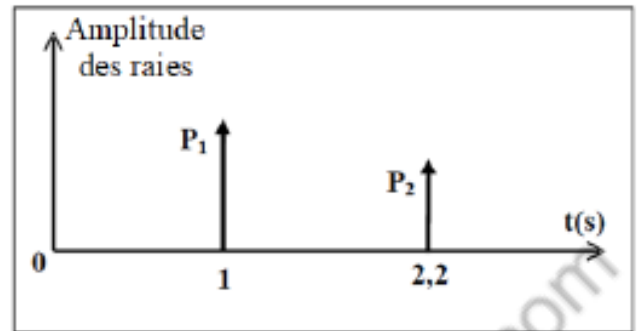


Figure 4

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 19 : R2010

Pour déterminer la célérité d'une onde lumineuse dans une fibre optique de longueur $L = 200 \text{ m}$, nous avons réalisé le montage représenté sur la figure 20. Les capteurs R_1 et R_2 montés aux deux extrémités de la fibre optique transforment l'onde lumineuse en onde électrique qu'on visualise sur l'écran d'un oscilloscope (figure 21).

On donne :

- sensibilité horizontale : $0,2 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- sur l'étiquette de la source laser : longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$.

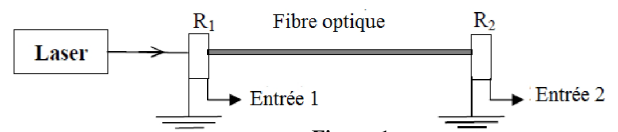


Figure 1

FIGURE 20 –

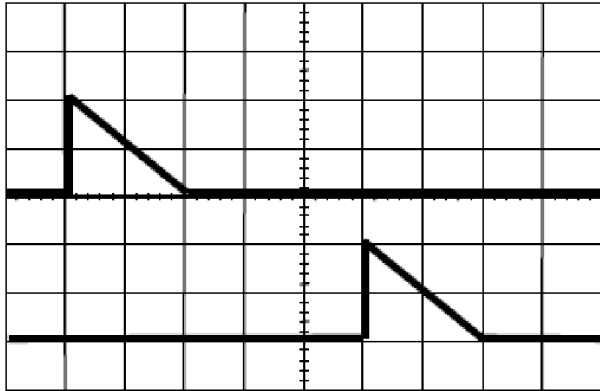


FIGURE 21 –

1) En exploitant la figure 2 :

- 1-1) Déterminer le retard temporel enregistré entre R_1 et R_2 .
- 1-2) Calculer la célérité de l'onde lumineuse au cœur de la fibre optique.
- 1-3) En déduire l'indice de réfraction du milieu transparent qui constitue le cœur de la fibre optique.
- 1-4) Calculer la longueur d'onde lumineuse λ au cœur de la fibre optique.

- 2) La fibre optique est un milieu transparent dont l'indice de réfraction varie avec la longueur d'onde selon la relation suivante :

$$n = 1,484 + \frac{5,4 \times 10^{-15}}{\lambda^2}$$

dans le système international des unités.

- 3) On remplace la source lumineuse par une autre source monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 400 \text{ nm}$; sans aucun changement dans le montage expérimental précédent, déterminer le retard temporel τ' enregistré sur l'écran de l'oscilloscope.

Exercice 20 : R2009

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 .

- 3-1) À l'aide de la figure 1, écrire l'expression du **retard temporel** τ du mouvement de M .

- 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.

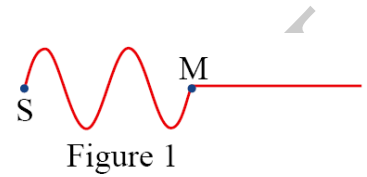


Figure 1

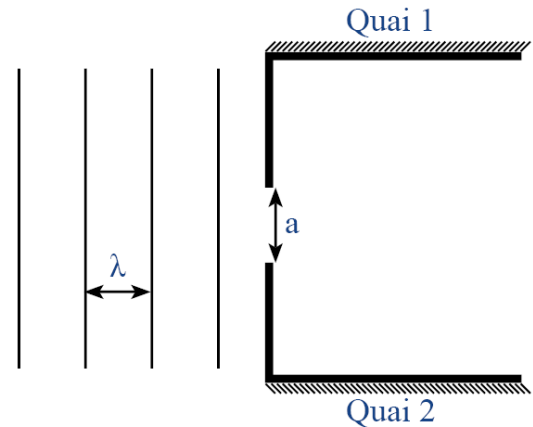


Figure 2

Exercice 21 : R2008

On éclaire une plaque (P) comportant une fente de largeur a_1 par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ émise par une source LASER, puis on place un écran E à une distance $D = 1,6 \text{ m}$ de la fente (figure 1). On observe sur l'écran E plusieurs taches lumineuses, telle que la largeur de la tache centrale est $L_1 = 4,8 \text{ cm}$ (figure 2).

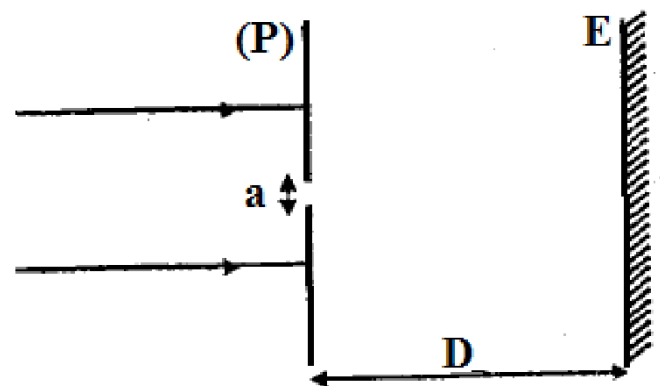


Figure 1

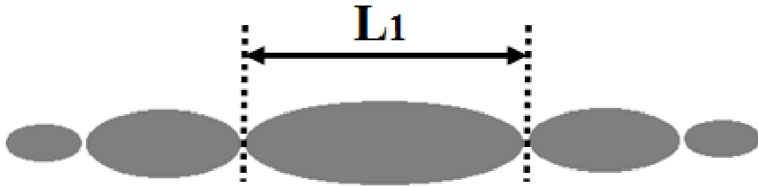
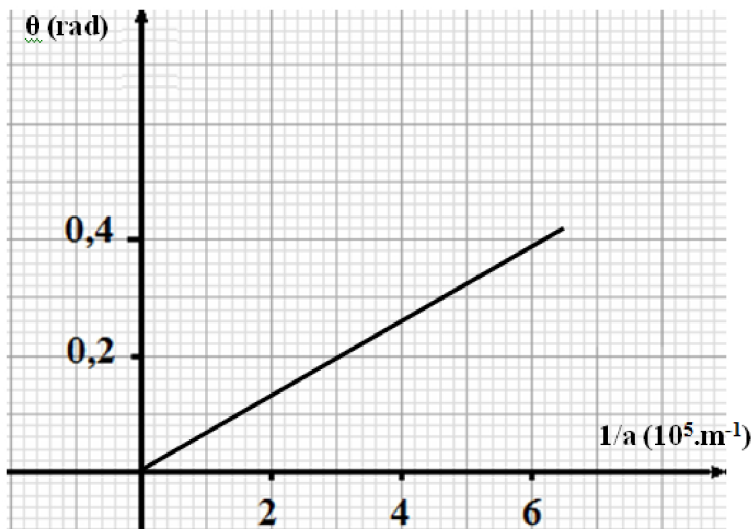


Figure 2

- 1) Recopier la figure (1) et compléter le trajet du rayon lumineux après son passage à travers la fente; puis donner le nom du phénomène représenté sur la figure (2).
- 2) Citer la condition que doit satisfaire la largeur de la fente « a » pour que ce phénomène aura lieu.
- 3) Écrire l'expression de l'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et l'une de ses extrémités en fonction de L_1 et D .



- 4) La courbe de la figure 3 représente les variations de θ en fonction de $(1/a)$.
 - 4.1) Comment varie la largeur de la tache centrale avec la variation de a .
 - 4.2) Déterminer λ graphiquement et calculer a_1 .

Exercice 22 : R2025 SVT

On considère un dispositif **émetteur E – récepteur R** d'ondes ultrasonores situé à la distance $d = 17 \text{ cm}$ d'un **obstacle**. Les ondes ultrasonores se propagent à partir de E , se réfléchissent sur l'obstacle puis sont reçues par R (Figure 1).

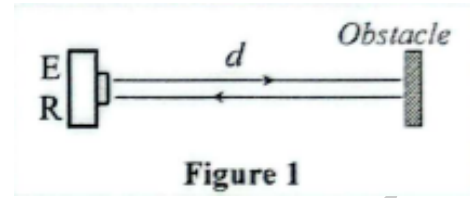


Figure 1

- 1) Recopier sur votre copie le numéro de la question, et écrire la lettre correspondante à la seule proposition vraie :
 - A) Les ondes ultrasonores se propagent à la vitesse $c = 3,10^8 \text{ m s}^{-1}$.
 - B) Le domaine de fréquences des ondes ultrasonores est compris entre 20 Hz et 20 kHz.
 - C) Les ondes ultrasonores sont des ondes transversales.
 - D) Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques qui se propagent dans un milieu matériel élastique.
- 2) La figure 2 donne l'**oscillogramme** de l'onde **émise** (a) et de l'onde **reçue** (b). **Déterminer graphiquement** la valeur du **retard temporel** τ entre les ondes (a) et (b).

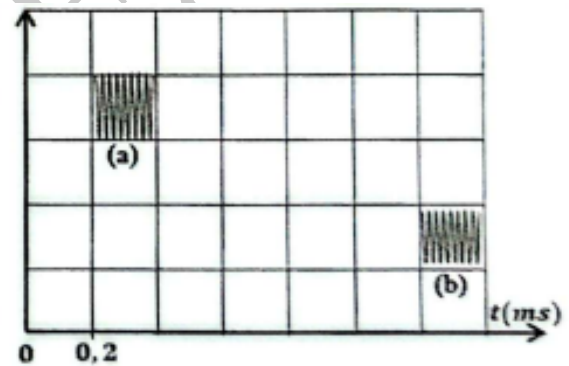


Figure 2

- 3) Calculer la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.
- 4) Recopier sur votre copie, le numéro de la question, et écrire la lettre correspondante à la seule proposition vraie. L'élongation d'un point M du milieu de propagation, situé au niveau de l'obstacle, en fonction de l'élongation de l'émetteur E est :

A) $y_M(t) = y_E(t - 1 \cdot 10^{-3})$	B) $y_M(t) = y_E(t - 5 \cdot 10^{-4})$
C) $y_M(t) = y_E(t - 2,5 \cdot 10^{-4})$	D) $y_M(t) = y_E(t - 5 \cdot 10^{-3})$