

Ondes mécaniques progressives périodiques

Ondes mécaniques progressives périodiques

Le phénomène périodique est le phénomène qui se répète de la même manière pendant la même durée Δt ;

La durée Δt nécessaire pour qu'un phénomène périodique se répète s'appelle la période et on la note T .

I- Onde mécanique progressive périodique:

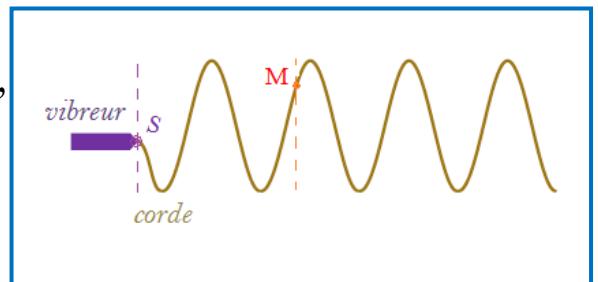
1) Définition :

On appelle onde mécanique progressive périodique le phénomène de propagation d'une perturbation périodique dans un milieu matériel élastique, avec propagation de l'énergie sans transport de la matière.

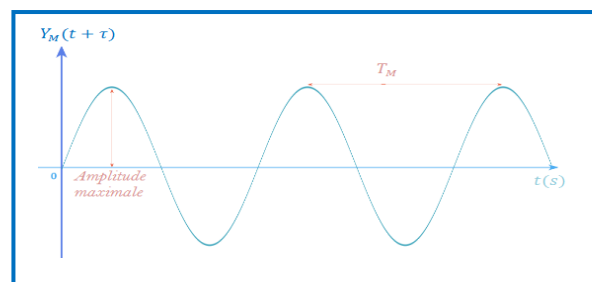
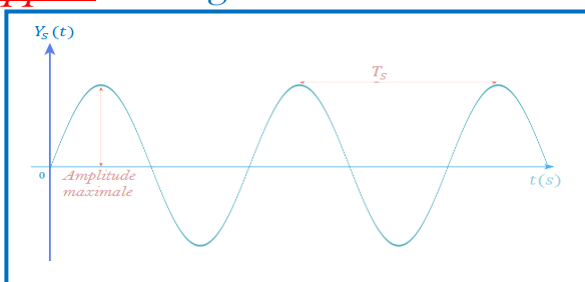
2) Périodicité temporelle et périodicité spatiale :

a- Périodicité temporelle T :

On appelle périodicité temporelle, et on la note T , La durée minimale au bout de laquelle un point M , du milieu de propagation, retrouve le même état de vibration.



Rappel : L'élongation Y



On a : $T_S = T_M = T$

\Rightarrow Tous les points, du milieu de propagation, ayant la même période T (celle de la source S).

N.B : Au cours de la propagation (sans amortissement) d'une onde, tout point M subit, à l'instant t , la même perturbation qu'a subi la source S à l'instant $t - \tau$:

;
 $Y_M(t) = Y_S(t - \tau)$ ou bien $Y_S(t) = Y_M(t + \tau)$

Avec : τ représente le retard temporel du point M par rapport au point S .

Ondes mécaniques progressives périodiques

Rappel : Détermination de la période T et de la fréquence f à partir de l'écran de l'oscilloscope :

- Pour la période T : En utilisant la relation :

$$T = x \cdot S_h$$

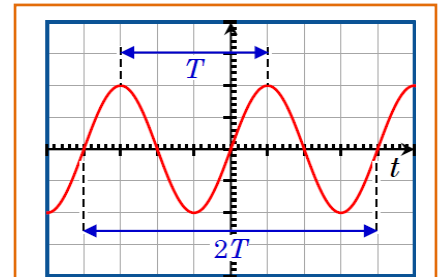
Avec :

x : le nombre de divisions horizontales ;

S_h : la sensibilité horizontale.

- Pour la fréquence f (N ou ν): En utilisant la relation :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{x \cdot S_h}$$



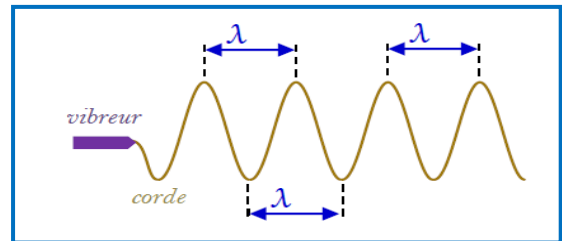
On donne : $S_h = 5 \text{ ms/div}$

- $T = 4 \times 5 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$;

- $f = \frac{1}{4 \times 5 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ Hz}$

b- Périodicité spatiale λ :

On appelle périodicité spatiale, et on la note λ , la distance minimale qui sépare deux points consécutifs, du milieu de propagation, ayant le même état de vibration.



Remarque :

➤ La relation entre T et λ :

On sait que : $V = \frac{d}{\Delta t}$

Lorsque $d = \lambda$, alors : $\Delta t = T$ (Pour qu'une onde parcoure une période spatiale λ elle nécessite une période temporelle T);

D'où :

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Et comme : $f = \frac{1}{T}$ (la fréquence f est notée aussi N ou ν (nu))

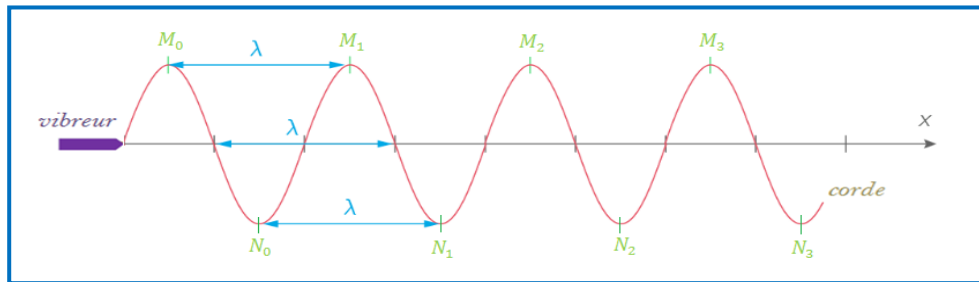
Alors :

$$V = \lambda \cdot f \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

(m)
 (Hz)
 $(\text{Hz} \equiv \text{s}^{-1})$

Ondes mécaniques progressives périodiques

➤ Vibration en phase et vibration en opposition de phase :



*) Vibration en phase :

On dit que deux points vibrent en phase si la distance qui sépare ces deux points est égale à une période spatiale λ ou un nombre entier n de périodes spatiales, c-à-d :

$$k\lambda ; k \in \mathbb{N}^*$$

*) Vibration en opposition de phase :

On dit que deux points vibrent en opposition de phase si la distance qui sépare ces deux points

est égale à : $(\frac{2k+1}{2})\lambda ; k \in \mathbb{N}$

On a :

$$M_0M_1 = \lambda ;$$

$$M_0M_2 = 2\lambda ;$$

$$M_0M_3 = 3\lambda ;$$

⋮

$$M_0M_k = k\lambda .$$

On a :

$$M_0N_0 = \frac{1}{2}\lambda ;$$

$$M_0N_1 = \frac{1}{2}\lambda + \lambda ;$$

$$M_0N_2 = \frac{1}{2}\lambda + 2\lambda ;$$

⋮

$$M_0N_k = \frac{1}{2}\lambda + k\lambda = (\frac{2k+1}{2})\lambda .$$

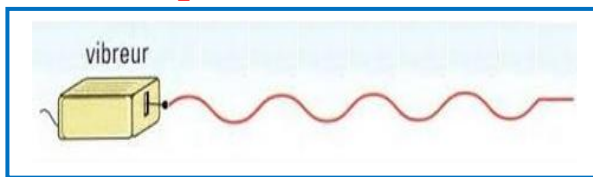
Ondes mécaniques progressives périodiques

II- Onde mécanique progressive périodiques sinusoïdale :

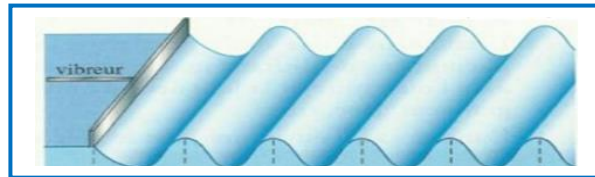
1) Définition :

On appelle onde mécanique progressive périodique sinusoïdale le phénomène de propagation d'une perturbation (ou d'un signal) sinusoïdale dans un milieu matériel élastique, avec propagation de l'énergie sans transport de la matière.

Exemples:



Corde reliée à un vibreur alimenté par un GBF



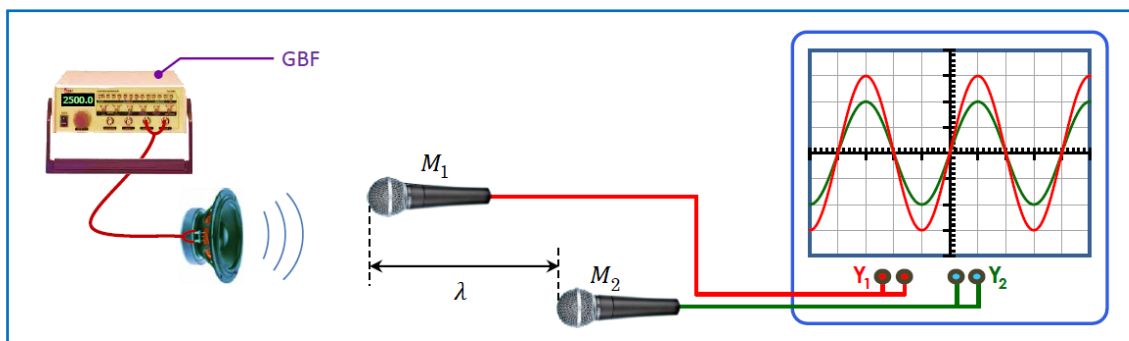
Cuve à onde qui crée des ondes à la surface de l'eau avec un système vibrant à fréquence connue.

2) Longueur d'onde λ : A retenir

La longueur d'onde λ est la distance parcourue par une onde périodique sinusoïdale pendant la durée $\Delta t = T$.

Expérience : Détermination expérimentale de la longueur d'onde λ d'une ondes sonore.

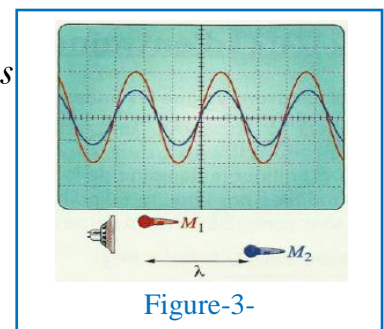
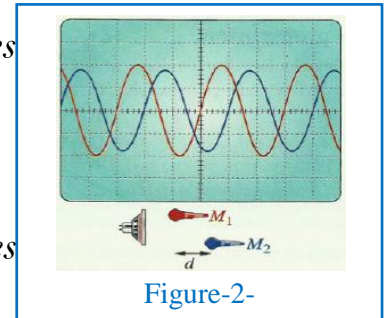
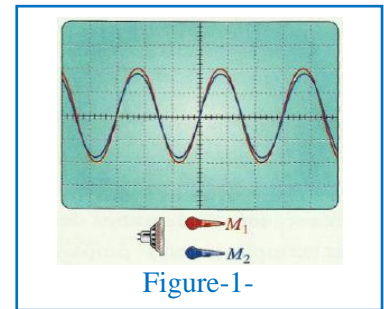
- On alimente un HP à l'aide d'une tension sinusoïdale.
- 2 microphones, connectés aux 2 voies d'un oscilloscope sont placés devant un HP.
- Initialement, les 2 microphones sont placés côte à côte.
- On déplace le micro relié à la voie 2 de l'oscilloscope parallèlement à l'axe du HP.



Ondes mécaniques progressives périodiques

Observation :

- ✓ Lorsque les microphones sont placés côte à côte, nous observons deux sinusoïdes de même période T , qui atteignent leurs maximums et leurs minimums en même temps : elles sont en phase ; (Figure-1-)
- ✓ Lorsque nous éloignons le microphone M_2 , ces sinusoïdes se décalent horizontalement ; ce décalage augmente avec la distance d entre les deux microphones ; (Figure-2-)
- ✓ Pour une distance particulière notée λ , les deux sinusoïdes sont à nouveau en phase ; (Figure-3-)



N.B: Les sinusoïdes sont en phase pour des distances multiples de la distance λ qui joue le rôle de la longueur d'onde.

Remarques :

- Lorsque le microphone M_2 est décalé de la distance d par rapport au microphone M_1 , l'onde captée par le microphone M_2 est en retard de τ par rapport à celle captée par M_1 ; dans ce cas la vitesse de propagation de l'onde est donnée par : $V = \frac{d}{\tau}$;
- Lorsque le retard est égal à la période T , les ondes sont en phase et la distance entre les microphones est égale à λ ; dans ce cas la vitesse de propagation de l'onde est donnée par : $V = \frac{\lambda}{T}$;

Ondes mécaniques progressives périodiques

Application n° ① : Exercice n° ① ; Série n° ②

الصفحة
3
8

موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا 2009 - الدورة العادية -
مادة الفيزياء والكيمياء، الشعب (ة) أو المسلك : شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب) (الترجمة الفرنسية)

Physique 1 (3 points) : 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 :

0,25

1-1- a- Ecrire la définition de l'onde mécanique progressive.

0,25

b- Quelle est la différence entre l'onde mécanique longitudinale et l'onde mécanique transversale ?

1-2- Propagation des ondes ultrasonores dans l'eau :

On pose un émetteur E et deux récepteurs R_1 et R_2 d'ondes ultrasonores 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).

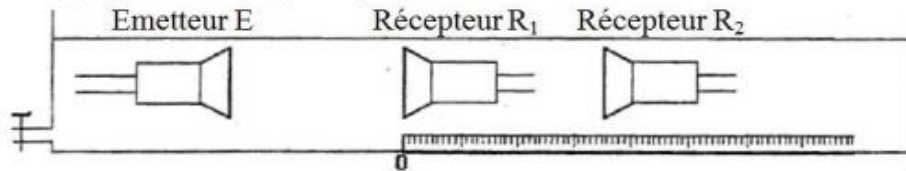


Figure 1

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 phases.

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

On éloigne R_2 suivant la règle graduée, on constate que la courbe correspondante 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 $d = 3 \text{ cm}$.

0,25

a- Ecrire la définition de la longueur d'onde λ .

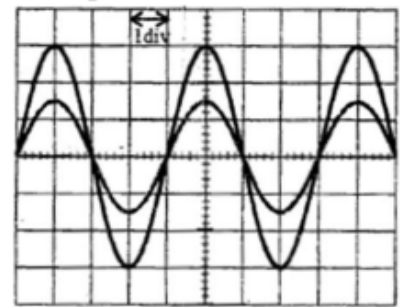


Figure 2

Ondes mécaniques progressives périodiques

- 0,25 **b-** Ecrire la relation entre la longueur d'onde λ , la fréquence N des ultrasons et sa célérité de propagation dans un milieu quelconque.
- 0,5 **c-** En déduire de cette expérience, la valeur V_e de la célérité de propagation des ultrasons dans l'eau.

1-3- 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.

- 0,25 **a-** Expliquer le phénomène observé.
- 0,5 **b-** 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 ultrasonore 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 cour 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 ①.
- P_2 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ②.
- P_3 : correspond à l'instant de la réception, par la sonde, de l'onde réfléchie ③.

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 : $v_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

- 0,5 **2-1-** Trouver l'épaisseur e du métal du tube ;
- 0,25 **2-2-** Trouver la valeur D du diamètre interne du tube.

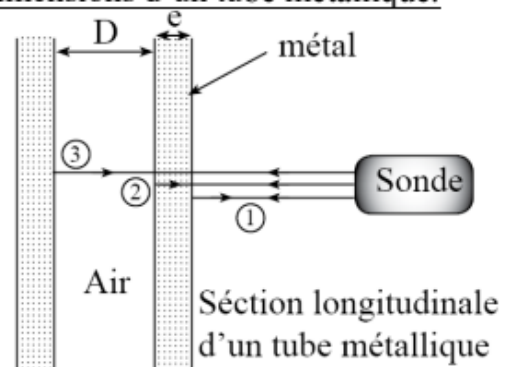


Figure 3

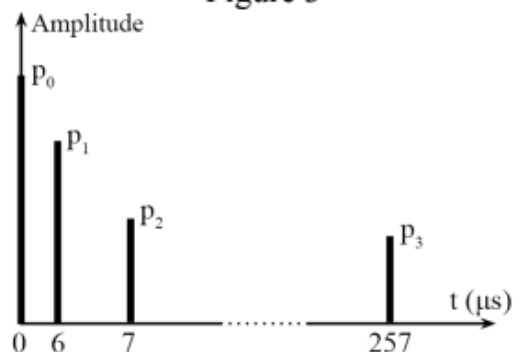


Figure 4

Ondes mécaniques progressives périodiques

Réponse :

A large area of dotted lines for writing, divided by a vertical line.

Ondes mécaniques progressives périodiques

Application n°(2) : Exercice n° (2) ; Série n° (2)

الصفحة
3
8

RS31 الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2012 - الموضوع - مادة: الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب) (الترجمة الفرنسية)

Physique : (13 points)

Exercice1 : (2 points) 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 propagent dans une eau calme avec une vitesse $v_0=1500\text{ms}^{-1}$.

0,5
0,25

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_c dans une conduite tel que $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_c$ avec \vec{v}_0 vecteur vitesse de propagation de cette onde dans une eau calme.

Pour déterminer la vitesse v_c d'écoulement de l'eau dans une conduite horizontale , on y place un émetteur E et un récepteur R d'ondes ultrasonores .

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 :

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

- 2^{eme} 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.

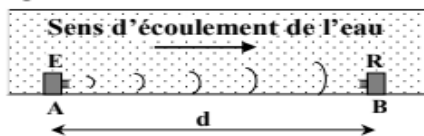


Figure1

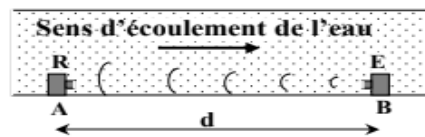


Figure2

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

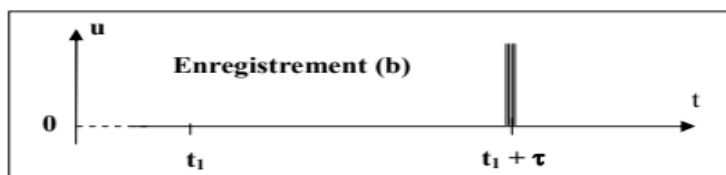
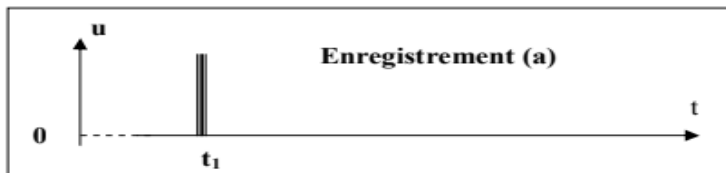


Figure 3

Ondes mécaniques progressives périodiques

- | | |
|------|--|
| 0,25 | 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. |
| 0,5 | a- Déterminer l'expression de τ en fonction de v_e , v_0 et d . |
| 0,5 | 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 $\tau = 2,0 \mu s$. |

Réponse :

A large area with horizontal dotted lines for writing the answer, divided by a vertical solid line.

Ondes mécaniques progressives périodiques

III- Phénomène de diffraction :

Le phénomène de diffraction est le phénomène qui se produit lorsqu'une onde rencontre un obstacle ou une ouverture ;

N.B : On dit que le phénomène de diffraction est se produit si l'ouverture joue le rôle d'une nouvelle source.

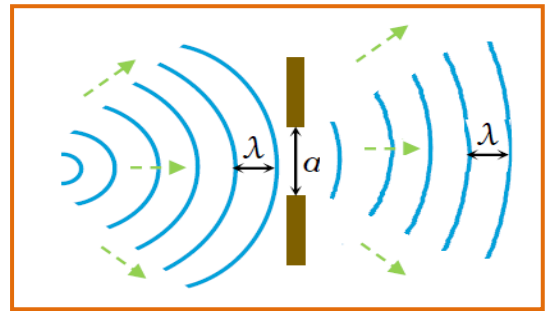
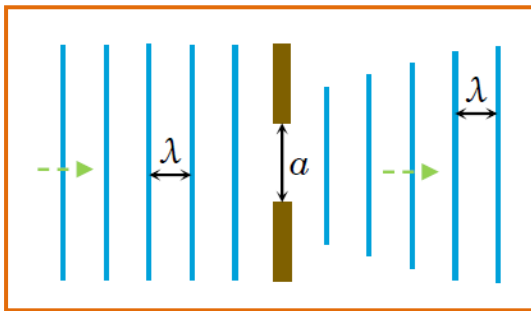
Remarque :

La diffraction est un phénomène propre aux ondes ,

Expérience :

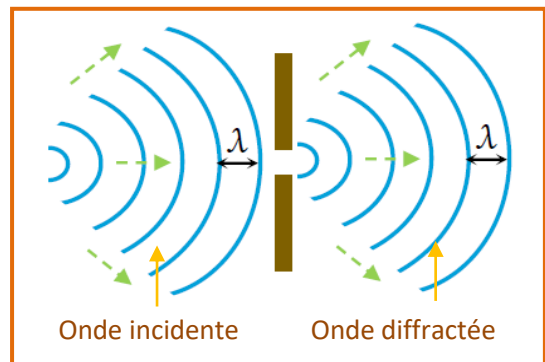
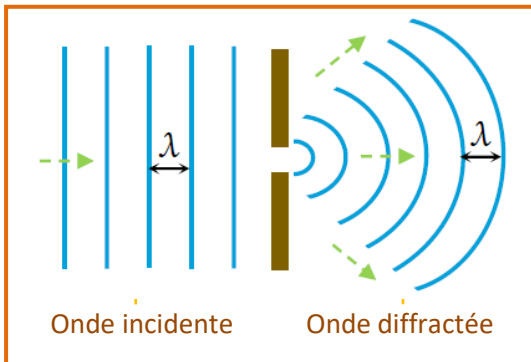
Dans une cuve à ondes, on crée une onde progressive périodique à la surface de l'eau. Cette onde heurte un obstacle rectiligne possédant une ouverture d'épaisseur a :

- 1^{er} cas : $a > \lambda$;



⇒ Pas de diffraction

- 2^{ème} cas : $a \leq \lambda$;



⇒ Il y a diffraction car la fente se comporte comme une nouvelle source.

Remarque : Condition et caractéristiques du phénomène de diffraction :

- La condition : Pour qu'un phénomène de diffraction se produise, il faut que la condition suivante soit réalisée : $a \leq \lambda$;

N.B : Cette condition est propre aux ondes mécaniques.

Ondes mécaniques progressives périodiques

➤ Caractéristiques du phénomène de diffraction : Si le milieu de propagation est inchangé, l'onde incidente et l'onde diffractée ayant :

- ✓ La même longueur d'onde λ ;
- ✓ La même période T (la même fréquence ν) ;
- ✓ La même vitesse .

IV- Phénomène de dispersion :

On dit que le phénomène de dispersion est réalisé lorsque la variation de la fréquence d'une onde entraîne la variation de leur célérité;

Remarque : Milieu dispersif ;

Un milieu est dit dispersif si la célérité de l'onde, qui se propage dans ce milieu, dépend de leur fréquence.

Exemple :

La surface de l'eau est un milieu dispersif pour l'onde qui se propage sur elle.

Remarque :

- L'air est un milieu non dispersif pour l'onde sonore, car la célérité du son dans l'air est égale à $V_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ quelque soit la fréquence du son (Onde infrasonore-Onde sonore-Onde ultrasonore)

Application n°(3) : Exercice n° (3) ; Série n° (2)

الصفحة 4 8	RS31F	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2016 - الموضوع - مادة: الفيزياء والكيمياء - مسلك العلوم الرياضية (أ) و (ب) - المسالك الدولية (خيار فرنسية)
------------------	-------	--

Physique(13 points) :

Ondes : Propagation d'une onde ultrasonore (2,25 points)

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.

1-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 .

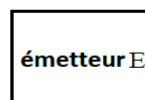
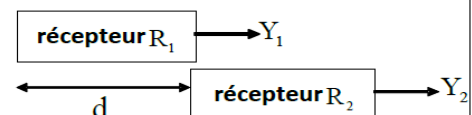


Figure 1



On visualise, à l'oscilloscope,

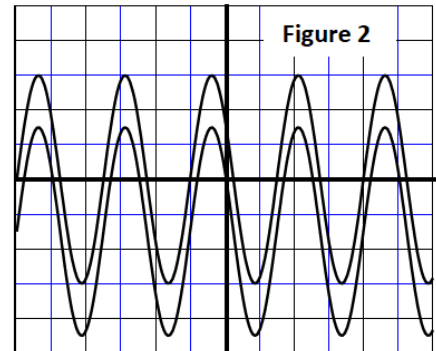
sur la voie Y_1 le signal capté par R_1 et sur la voie Y_2 le signal capté par R_2 .

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).

Ondes mécaniques progressives périodiques

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 $d=3,4$ cm (figure 1).



$$S_H = 10 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$$

0,25

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.

0,5

1-2- Déterminer la fréquence N de l'onde ultrasonore étudiée.

0,5

1-3 - Vérifier que la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans l'air est $V_a = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

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 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.

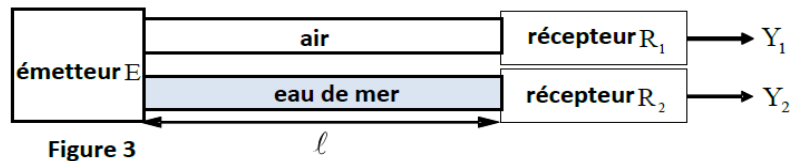
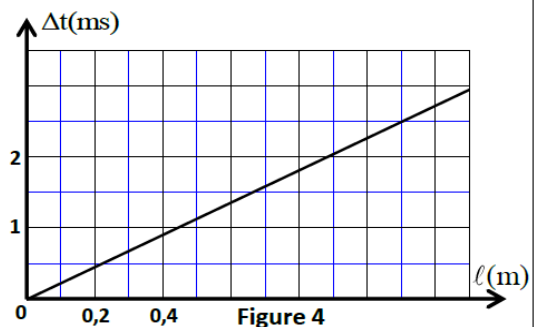


Figure 3

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.



0,5

2-1- Exprimer Δt en fonction de ℓ , V_a et V_e vitesse de propagation de l'onde dans l'eau de mer.

0,5

2-2 - Déterminer la valeur de V_e .

Réponse :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

