

Exercice 3

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

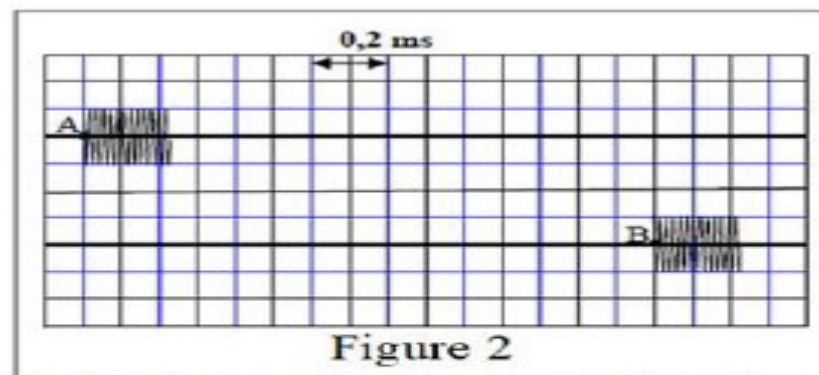
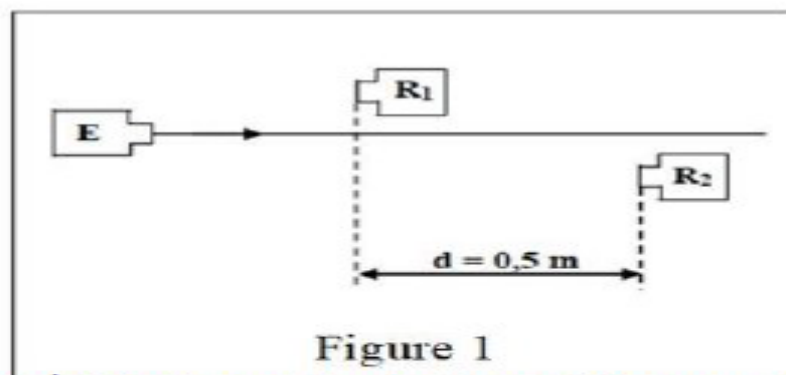
Cet exercice vise à déterminer, la célérité de propagation des ondes ultrasonores dans l'air, ainsi que l'épaisseur d'une nappe souterraine de pétrole

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 $d = 0,5 \text{ m}$ (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 .



1-1- 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 .

1-2- Calculer v_{air} la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

1-3- Ecrire 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 :**

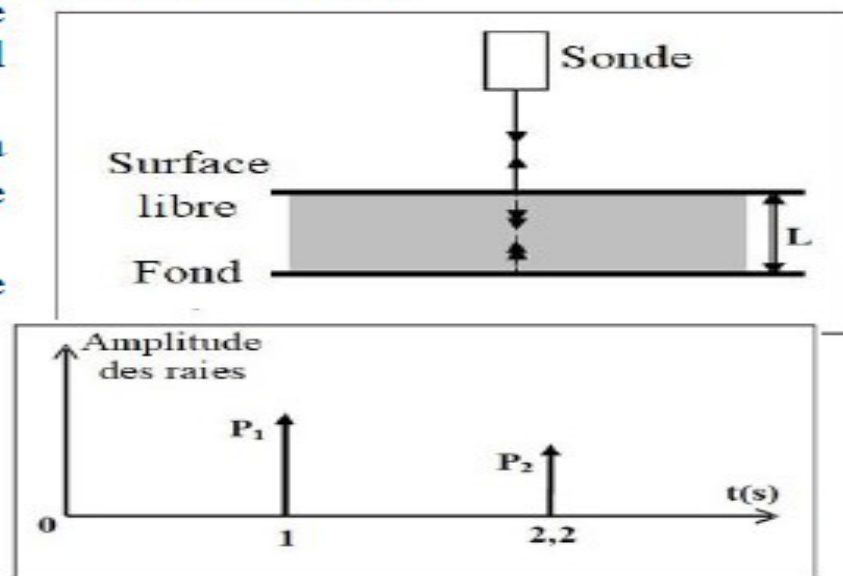
Pour déterminer l'épaisseur L d'une nappe souterraine de pétrole, un ingénieur utilise la sonde d'un appareil d'échographie.

La sonde envoie, perpendiculairement à la surface libre de la couche de pétrole, à l'instant $t_0 = 0$, 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).

A 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).

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



On se propose dans cet exercice d'étudier la propagation d'un signal mécanique à la surface de l'eau. Un caillou jeté, en un point O, dans une cuve contenant de l'eau de profondeur h, provoque la formation d'une onde circulaire qui se propage à la surface de l'eau. (Figure ci-dessous)

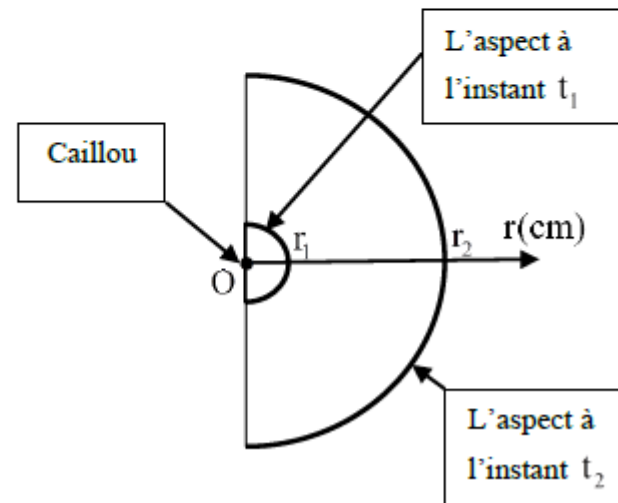
1- Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes : (0,5pt)

A	Une onde progressive périodique est caractérisée par sa célérité.
B	Un milieu est dispersif si la célérité de l'onde dépend de sa période T.
C	Lors de la diffraction dans un même milieu, la célérité de l'onde est modifiée.
D	Les ondes mécaniques progressives peuvent se propager dans le vide.

2- La figure suivante donne l'aspect de la surface de l'eau à deux instants t_1 et t_2 .

Le tableau suivant donne les valeurs des rayons du front d'onde à des instants donnés :

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



2-1- Déterminer la valeur de la célérité v de l'onde. (0,5pt)

2-2- En déduire la valeur de l'instant t_2 . (0,5pt)

3- On peut estimer la célérité v de l'onde qui se propage à la surface d'eau par la relation : $v = \sqrt{g \cdot h}$ avec $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ étant 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. (0,5pt)

3-2- Calculer h. (0,5pt)

La curiethérapie est une technique qui consiste à traiter des tumeurs cancéreuses par insertion d'une source radioactive à proximité de ces tumeurs. L'un des éléments radioactifs utilisés pour cette technique est l'iridium 192 : $^{192}_{77}\text{Ir}$. La source radioactive émet des rayonnements qui détruisent les cellules tumorales qu'ils traversent.

Lors du traitement d'une tumeur, l'iridium 192 donne, essentiellement par désintégration, un noyau de platine $^{192}_{78}\text{Pt}$ et une particule chargée avec émission d'un rayonnement γ (gamma).

Donnée : La demi-vie de l'iridium 192 : $t_{1/2} = 74 \text{ jours} = 6,3936 \cdot 10^6 \text{ s}$.

1- Déterminer la composition du noyau de l'iridium $^{192}_{77}\text{Ir}$. **(0,5pt)**

2- Écrire l'équation de désintégration de l'iridium 192 en précisant le type de cette désintégration. **(0,5pt)**

3-On suppose que le corps humain ne contient pas initialement de l'iridium. A la date $t=0$, on implante à un patient un fil métallique contenant une source d'iridium 192. L'activité de cette source à cette date est :

$$a_0 = 1,08 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}.$$

3-1- Calculer N_0 le nombre de noyaux d'iridium 192 se trouvant dans cette source à $t=0$. **(0,5pt)**

3-2- Déterminer N_d le nombre de noyaux d'iridium 192 désintégrés au bout de deux ans ($\Delta t = 730 \text{ jours}$).

Commenter le résultat obtenu. **(0,5pt)**

des perturbations à la surface de l'eau provoquent la formation des ondes mécaniques qui se propagent avec une vitesse V

Le but de cet exercice est d'étudier la propagation des ondes mécaniques progressives à la surface de l'eau

- 1- Dans une cuve à onde une plaque verticale (P) liée à un vibreur de fréquence $N=50\text{Hz}$ crée des ondes rectilignes progressives à la surface de l'eau qui se propagent sans amortissement ni réflexion, la figure 1 représente la forme de la surface de l'eau à un instant donné, $d=15\text{mm}$
 - 1.1- A l'aide de la figure 1 déterminer la longueur d'onde λ
 - 1.2- Déduire la valeur de la vitesse v de propagation de l'onde à la surface de l'eau
 - 1.3- On considère un point M du milieu de propagation (figure 1). Calculer le retard τ de la vibration du point M par rapport à la source S
 - 1.4- On double la fréquence du vibreur ($N'=2N$) la longueur d'onde devient $\lambda'=3\text{mm}$. Calculer la vitesse v' de propagation de l'onde dans ce cas et dites si le milieu est dispersif ou non, justifier votre réponse
- 2- On fixe de nouveau la fréquence du vibreur à la valeur $N=50\text{Hz}$ et on place dans la cuve à onde une plaque munie d'une ouverture de largeur a (figure 2)
Dessiner en justifiant la réponse la forme de la surface de l'eau après la plaque pour $a=4\text{mm}$ et $a=10\text{mm}$

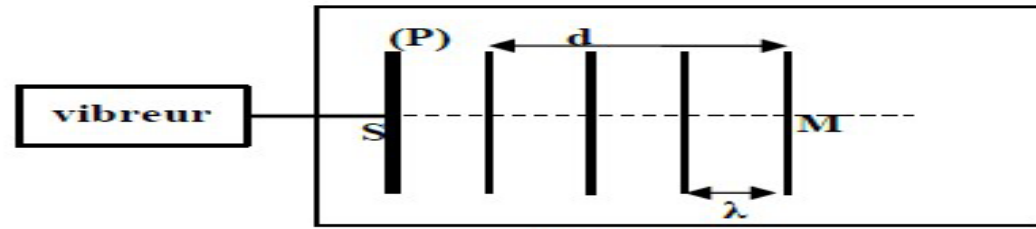


Figure 1

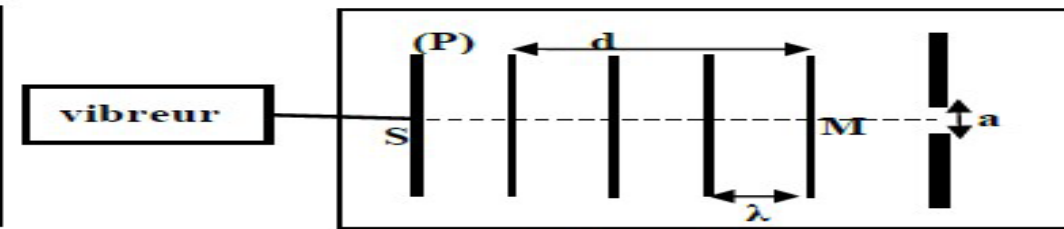


Figure 2

À l'aide d'un vibreur de fréquence réglable, on crée à l'instant $t_0 = 0$, en un point S de la surface de l'eau d'une cuve à ondes, des ondes progressives sinusoïdales. Ces ondes se propagent sans atténuation et sans réflexion. On règle la fréquence du vibreur sur la valeur $N = 50\text{Hz}$.

Le document de la figure (1), représente l'aspect de la surface de l'eau à un instant donné. **Donnée :** $d = 15\text{mm}$.

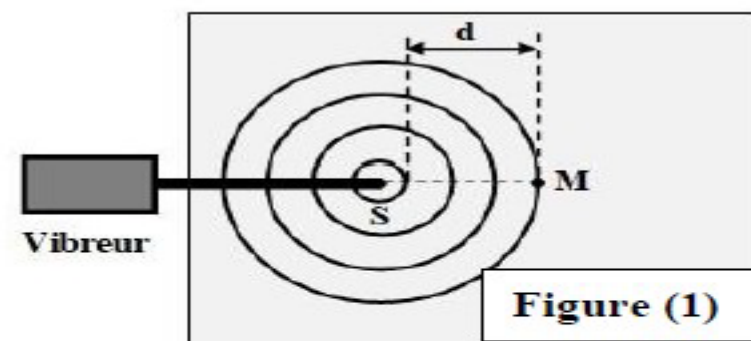


Figure (1)

1. Définir une onde mécanique progressive.
2. Recopier, sur votre copie, le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie.

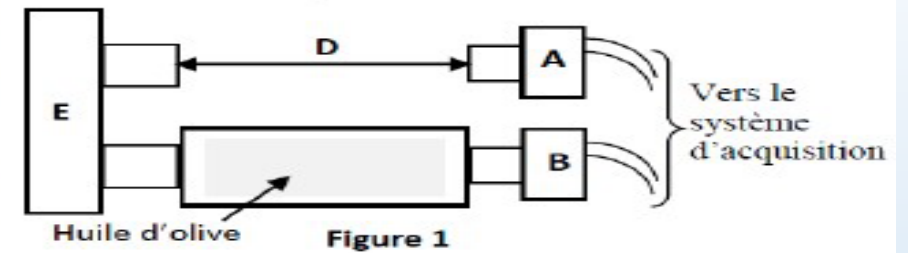
2.1. La valeur de la longueur d'onde λ de l'onde qui se propage à la surface de l'eau est :

A	$\lambda = 15\text{mm}$	B	$\lambda = 7,5\text{mm}$	C	$\lambda = 5\text{mm}$	D	$\lambda = 1,5\text{mm}$
----------	-------------------------	----------	--------------------------	----------	------------------------	----------	--------------------------

2.2. La valeur de la vitesse v de propagation de l'onde à la surface de l'eau est :

A	$v = 0,75\text{m.s}^{-1}$	B	$v = 0,35\text{m.s}^{-1}$	C	$v = 0,25\text{m.s}^{-1}$	D	$v = 0,15\text{m.s}^{-1}$
----------	---------------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------------

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

Calculer la distance parcourue par ces ultrasons dans l'air pendant une période.

- 3- Exprimer Δt en fonction de D, V_h et V_a
- 4- L'huile testée est-elle pure ? Justifier.



Le combustible des réactions de fusion dans les futures centrales nucléaires est un mélange de deutérium ${}^2_1\text{H}$ et de tritium ${}^3_1\text{H}$.

On étudie la formation d'hélium ${}^4_2\text{He}$ à partir de la réaction de fusion du deutérium et du tritium, cette réaction nucléaire libère aussi un neutron.

Données: Constante d'Avogadro: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1\text{MeV} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

1- Ecrire l'équation de la réaction de cette fusion. (0,25 pt)

2- Parmi les affirmations suivantes combien y en a-t-il d'exactes? (donner seulement le nombre) :

a- L'énergie de liaison d'un noyau est égale au produit du défaut de masse du noyau et de la célérité de la lumière dans le vide.

b- La masse du noyau est inférieure à la somme des masses des nucléons constituant ce noyau.

c- La fission nucléaire concerne uniquement les noyaux légers dont le nombre de masse $A < 20$.

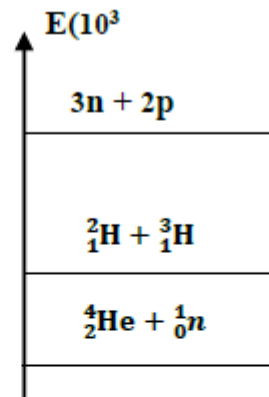
d- La réaction ${}^8_4\text{Be} + {}^6_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C}$ est une réaction de fusion.

e- La fission nucléaire et une réaction nucléaire spontanée.

$E_1=4,69526$

$E_2=4,68456$

$E_3=4,66697$



3- En utilisant le diagramme d'énergie ci-contre, calculer en unité MeV :

3.1- L'énergie de liaison E_l du noyau d'hélium.

3.2- L'énergie libérée $|\Delta E|$ par cette réaction de fusion

4- En déduire, en unité MeV, l'énergie libérée que l'on pourrait obtenir si on réalisait la réaction de fusion d'une mole de noyaux de deutérium avec une mole de noyaux de tritium.

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$, découvert en 1898 par Pierre et Marie Curie, se désintègre avec émission d'une particule α .

Le polonium 210 est très toxique. La dose maximale du polonium 210 que peut supporter le corps humain correspond à une activité $a_{\max}=740\text{Bq}$.

Données : - Extrait du tableau de la classification périodique :

$_{81}\text{Ti}$	$_{82}\text{Pb}$	$_{83}\text{Bi}$	$_{85}\text{At}$	$_{86}\text{Rn}$
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

- $m(\text{He})=4,00151\text{u}$; $m(\text{Pb})=205,930\text{u}$; $m(\text{Po})=209,9374\text{u}$;
- $1\text{u}=931,5\text{MeV}\cdot\text{c}^{-2}=1,6605\cdot 10^{-27}\text{kg}$;
- $1\text{MeV}=1,6\cdot 10^{-13}\text{J}$.

- 1- Ecrire l'équation de désintégration du noyau de polonium 210.
- 2- Calculer, en unité MeV, l'énergie $|E_1|$ libérée par la désintégration d'un noyau de polonium 210.
- 3- En déduire, en unité joule, l'énergie $|E_2|$ libérée par la désintégration de masse $m=10\text{g}$ de polonium 210.
- 4- Un laboratoire reçoit un échantillon de polonium 210. Après une durée $\Delta t=245\text{h}37\text{min}$ de la date de sa réception, on mesure l'activité de l'échantillon, on trouve qu'elle a diminué de 5%.

Déterminer, en jour, la valeur de la demi-vie $t_{1/2}$ du polonium 210.

Le radon de symbole Rn est un gaz rare naturellement présent dans l'atmosphère. Il est issu par décompositions successives de l'uranium présent dans les roches granitiques.

L'isotope 222 du radon est radioactif. On se propose d'étudier dans cette partie la désintégration nucléaire de cet isotope.

Données :

- La demi-vie du radon 222 est: $t_{1/2}=3,8$ jours.
- Tableau des énergies de liaison par nucléon:

Noyau	Hélium	Radon	Polonium
Symbole	4_2He	${}^{222}_{86}Rn$	${}^{218}_{84}Po$
Energie de liaison par nucléon (MeV / nucléon)	7,07	7,69	7,73

- 1- Parmi les deux noyaux, ${}^{222}_{86}Rn$ et ${}^{218}_{84}Po$, lequel est le plus stable ? justifier la réponse.
- 2- Montrer que l'énergie de liaison d'un noyau d'hélium 4_2He est : $E_l(He)=28,28MeV$.
- 3- L'équation de désintégration du radon 222 s'écrit : ${}^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^4_2He$ Choisir la réponse juste parmi les propositions suivantes:

L'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau du radon 222 est :

■ $E_{lib}=7,11 MeV$ ■ $E_{lib}=22,56 MeV$ ■ $E_{lib}=6,24 MeV$ ■ $E_{lib}=3420,6MeV$

- 4- On considère un échantillon de noyaux du radon 222 ayant, à l'instant $t = 0$, une activité a_0 . Trouver, en jours, l'instant de date t_1 à laquelle cet échantillon a une activité $a_1 = \frac{a_0}{4}$

