

IMRT2 : DEVOIR 4 : 0607

Q1 : ONDES SONORES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Compléter le tableau en utilisant *V* pour vrai et *F* pour faux

- Une onde sonore ou ultrasonore
 - se propage dans le vide à la vitesse de 340 m/s.
 - ne se propage pas dans le vide.
 - s'accompagne d'un transport de matière.
 - se propage dans l'air à 20°C à la vitesse de 3×10^8 m/s.
- Une onde électromagnétique
 - se propage dans le vide à la vitesse de 3×10^8 m/s.
 - ne se propage pas dans le vide.
 - s'accompagne d'un transport de matière.
 - se propage dans l'air à 20°C à la vitesse de 500 m/s.
- On rappelle que l'impédance acoustique d'un milieu vaut $Z = \rho c$ (ρ est la masse volumique et c vitesse de propagation des ondes dans le milieu).
Une onde acoustique de fréquence $f = 5,3$ MHz traverse un milieu musculaire (1) d'impédance $Z_1 = 1,6 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ et de masse volumique $\rho_1 = 1,04 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$, puis un milieu osseux (2) d'impédance $Z_2 = 5 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ et de masse volumique $\rho_2 = 1,9 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
 - La vitesse de propagation est plus grande dans le milieu (2) que dans le milieu (1).
 - La vitesse de propagation est plus petite dans le milieu (2) que dans le milieu (1).
 - La fréquence de l'onde dans le milieu osseux (2) est différente de 5,3 MHz.
 - La vitesse de propagation de l'onde dans le milieu (2) vaut 1580 m/s.
- Une onde sinusoïdale ultrasonore de fréquence $f = 1,0$ MHz se propageant à la vitesse de 340 m/s
 - a une longueur d'onde de 0,34 mm.
 - a une longueur d'onde de 300 m.
 - a une longueur d'onde de 3,3 mm.
 - a une longueur d'onde de 0,34 m.
- L'intensité acoustique d'une onde plane ultrasonore décroît exponentiellement avec la distance traversée selon la loi suivante : $I = I_0 e^{-\mu x}$ (μ = coefficient linéique d'absorption)
Le coefficient linéique d'absorption dépend de la fréquence de l'onde.

substance	fréquence f (MHz)	μ (m^{-1})
os	0,6	76,9
os	1	263
os	2	1000
os	3,5	1667

- Si un faisceau d'ultrasons doit pénétrer la boîte crânienne, il n'est pas souhaitable d'utiliser des ultrasons de fréquence 3,5 MHz.
- Dans l'os, l'atténuation par absorption est indépendante de la fréquence.
- Un faisceau d'ultrasons pénètre d'autant plus profondément dans la matière que sa fréquence est plus élevée.
- à haute fréquence, le son se propage plus vite dans l'os.

6. Le coefficient linéique d'absorption dépend également du milieu de propagation.

substance	fréquence f (MHz)	μ (m^{-1})
muscle	1	26,2
graisse	1	10

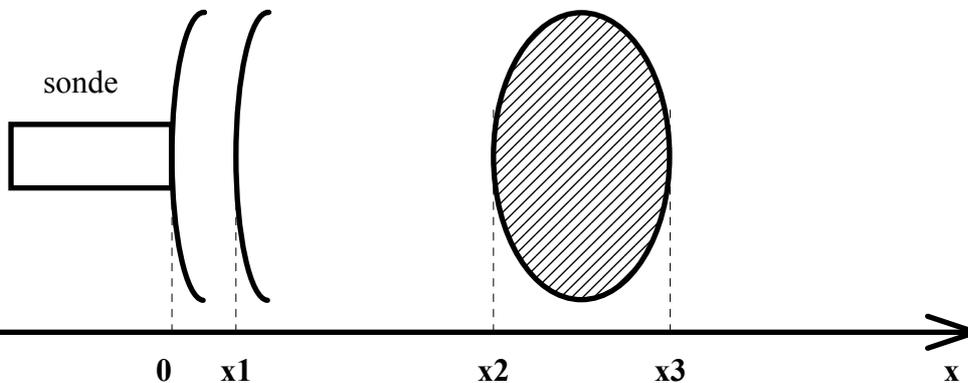
Après traversée de 15 cm de graisse, l'intensité acoustique d'un faisceau d'ultrasons de fréquence 1 MHz, d'intensité initiale I_0 vaut :

- a) $I = 0,500 I_0$ b) $I = 0,777 I_0$ c) $I = 0,223 I_0$ d) $I = 0$

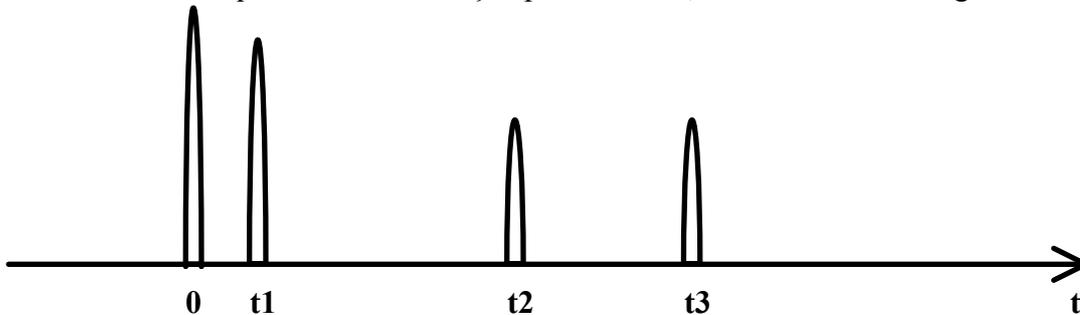
7. Au cours de la traversée d'une interface entre deux milieux d'impédance Z_1 et Z_2 avec $Z_1 \ll Z_2$, un faisceau d'ultrasons arrivant perpendiculairement à l'interface est :

- a) partiellement transmis et partiellement réfléchi.
 b) pratiquement intégralement transmis.
 c) pratiquement intégralement réfléchi.
 d) l'amplitude du faisceau est plus importante après la traversée de l'interface

8. Au cours d'une échographie (type A), un faisceau d'ultrasons intermittent est dirigé vers des organes immobiles.



L'impulsion réfléchie à chaque interface est reçue par la sonde ; on observe l'oscillogramme suivant :



Le retard de l'impulsion reçue par rapport à l'impulsion incidente est relié à la position x de l'interface par la relation suivante :

- a) $t = \frac{x}{v}$ b) $t = \frac{v}{2x}$ c) $t = \frac{2x}{v}$ d) $t = 2xv$

Q2 : Étude d'un cyclotron

Données :

$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$	$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$	$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$	$m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
--------------------------------------	--	--	---

Le cyclotron est constitué de deux «dees» (D_1, D_2) conducteurs, dans le vide desquels règne un champ magnétique uniforme constant \vec{B} ($B = 2,0 \text{ T}$). On applique entre ces «dees» une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_{\max} \sin(\omega t)$ qui accélère les protons ${}^1_1\text{p}$ quand ils passent entre les deux « dees ».

Les protons sortent d'une chambre d'ionisation au voisinage du centre O de l'appareil avec une vitesse supposée négligeable au moment où la tension appliquée aux «dees» est maximum : $U_{\max} = 20 \text{ kV}$

1 : Donner sans démonstration la nature du mouvement des protons :

1. Entre les deux «dees»
2. A l'intérieur de D_1 ou D_2

2 : Représenter sur le schéma du cyclotron de la feuille annexe à rendre avec la copie :

1. Le champ électrique \vec{E} quand le proton passe de D_1 à D_2 . Quel est à cet instant le signe de $u(t) = V_{D2} - V_{D1}$?
2. Le champ magnétique défecteur \vec{B}
3. Les vecteurs vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_2 en E_1 et M
4. La force magnétique \vec{F}_M qui s'exerce sur le proton quand il passe en M.

3 : Énergie et vitesse

1. Quelle est, en électronvolt et en joule, la variation d'énergie cinétique ΔE des protons quand ils passent d'un « dee » à l'autre ?
2. En supposant leur énergie négligeable quand ils sont émis en O, quelle est, en électronvolt et en joule, leur énergie cinétique $E_n = f(n)$ quand ils sont passés n fois d'un « dee » à l'autre ?
3. Quelle est alors la vitesse $v = f(n)$ de ces protons supposés non relativistes ?
4. Quelle est dans ce cas le rayon $R = f(n)$ de la trajectoire ? (On rappelle que $R = \frac{mv}{qB}$)
5. Quel est le temps $t_{1/2}$ mis par ces protons pour effectuer un demi-tour ? Conclusion.
6. Quel doit être la période T de la tension sinusoïdale accélératrice ainsi que sa fréquence f ?

4 : Vitesse finale

1. Les protons sortant du cyclotron avec une énergie finale $E_{CF} = 16 \text{ MeV}$, combien de fois N seront-ils passés entre les « dees »
2. Combien de tours N' auront ils fait ?
3. A quelle vitesse v_S sortent ils si on les considère non relativistes ?
4. En réalité, ces protons sont relativistes. Dans ce cas, $E_C = (\gamma - 1) m c^2$
 - 4.1. Calculer γ .
 - 4.2. On donne $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v'_S}{c}\right)^2}}$. Calculer $\left(\frac{v'_S}{c}\right)^2$ puis v'_S (vitesse relativiste des protons).
 - 4.3. Quelle erreur relative $\left(\frac{v_S - v'_S}{v'_S}\right)$ commet-on sur la vitesse en supposant ces protons non relativistes ?

PROBLÈME I

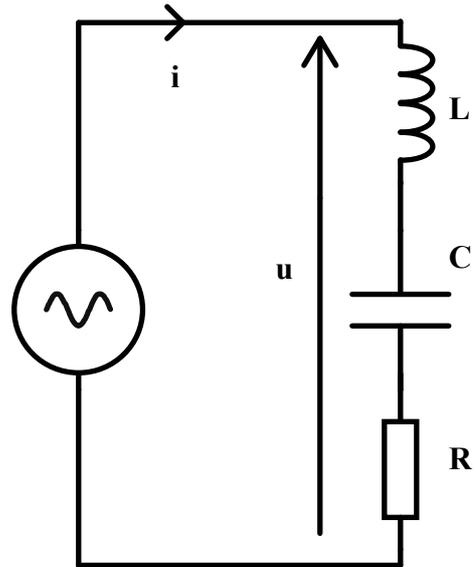
Un circuit est constitué des dipôles suivants, montés en série :

Un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$

Une bobine de résistance négligeable et d'inductance $L = 1,0 \text{ H}$

Un condensateur de capacité variable

L'ensemble est alimenté par une tension alternative u de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ et de valeur efficace $U = 12 \text{ V}$.



1. Le condensateur de capacité variable est en premier lieu réglé sur une valeur C_1 permettant d'obtenir une valeur maximale de l'intensité efficace du courant.

1.1. Rappeler sans démonstration la relation reliant C_1 , L , et la fréquence f de la tension alternative dans cette situation.

1.2. Calculer la valeur de la capacité C_1 du condensateur

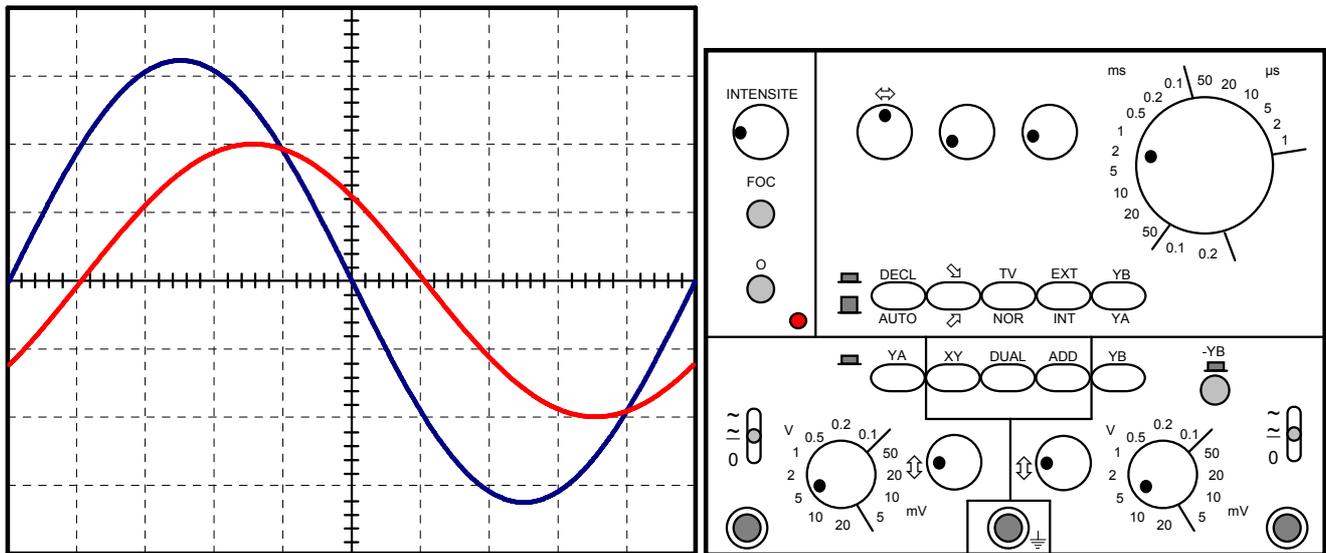
1.3. Quelle valeur très particulière prend le déphasage de la tension par rapport au courant dans cette situation ?

2. Le condensateur est maintenant réglé afin que la tension u soit en retard de $\pi / 3$ par rapport au courant.

2.1. Représenter le diagramme de Fresnel correspondant à cette situation.

2.2. Déterminer la valeur C_2 qu'il convient de donner à la capacité du condensateur

3. On donne une nouvelle valeur à la capacité du condensateur, puis on connecte un oscilloscope permettant d'observer simultanément la tension u sur la voie A et une tension proportionnelle au courant i sur la voie B ;
- 3.1. Reproduire le schéma du circuit en y ajoutant les connexions réalisées.
On observe l'oscillogramme suivant :



- 3.2. Identifier sur l'oscillogramme la courbe représentant la tension aux bornes du générateur (la réponse doit être justifiée).
- 3.3. En exploitant l'oscillogramme, déterminer l'amplitude de l'intensité du courant ; en déduire sa valeur efficace.
- 3.4. En exploitant l'oscillogramme, déterminer le déphasage φ de la tension sur le courant (en radian).
- 3.5. L'intensité du courant impose l'origine des phases ; donner les expressions numériques des valeurs instantanées de la tension aux bornes du générateur et de l'intensité du courant.

PROBLÈME II

Un dipôle est constitué, montés en série, d'un conducteur ohmique de résistance $R = 75 \Omega$, d'une bobine d'inductance $L = 0,32 \text{ H}$, de résistance négligeable.

Le dipôle est soumis à une tension alternative de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ et de valeur efficace $U = 25 \text{ V}$.

- 1.1. Calculer l'impédance du dipôle.
- 1.2. En déduire la valeur de l'intensité efficace du courant.
- 1.3. Construire le diagramme de Fresnel correspondant à cette situation.

On ajoute un condensateur dans le circuit, en série avec les composants précédents ; l'ensemble est soumis à la même tension.

- 2.1. Réaliser le schéma du circuit.
- 2.2. On constate que l'intensité du courant n'a pas changé.
Justifier ce paradoxe apparent en construisant le diagramme de Fresnel correspondant à cette nouvelle situation.
- 2.3. En déduire la valeur de la capacité du condensateur.
- 2.4. Une grandeur reliant la tension aux bornes du dipôle à l'intensité du courant, a cependant changé ; laquelle ? Calculer sa nouvelle valeur.

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								

