

IMRT3 : DEVOIR 1 : 1314

Masse d'un proton	$m_p = 1,007\,276\,u$	Charge élémentaire	$e = 1,602 \times 10^{-19}\,C$
Masse d'un neutron	$m_n = 1,008\,665\,u$	Célérité de la lumière (vide)	$c = 3,00 \times 10^8\,m.s^{-1}$
Masse d'un électron	$m_e = 0,000\,548\,u$	Constante de Planck	$h = 6,626 \times 10^{-34}\,J.s$
Masse d'un deuton	$m_d = 3,34452 \times 10^{-27}\,kg$		
Unité de masse atomique			$1\,u = 1,66054 \times 10^{-27}\,kg = 931,5\,MeV.c^{-2}$

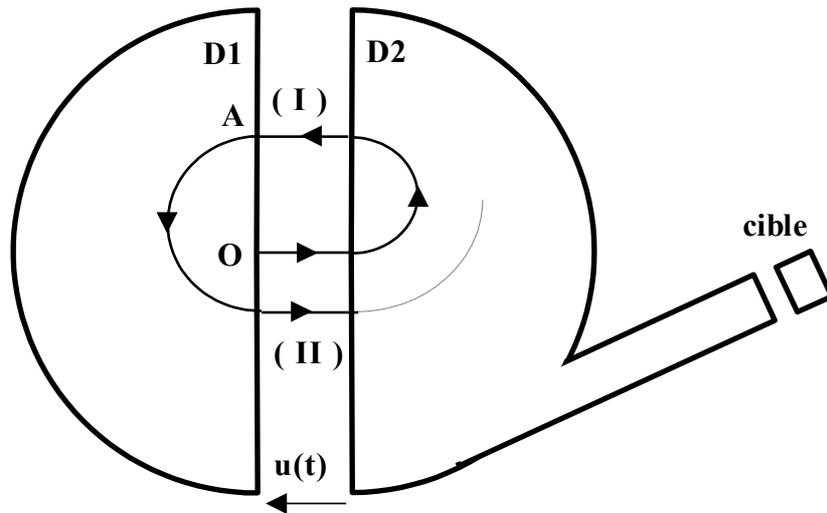
Q1 : cyclotron ; remplir le tableau réponse V / F (pour vrai ou faux) (10 points)

Dans le cyclotron schématisé ci-dessous, on accélère des deutons ${}^2_1H^+$

Le champ magnétique vaut $B = 2,0\,T$

La tension accélératrice est sinusoïdale ; son amplitude vaut $U = 20\,kV$

La vitesse des deutons émis en O est négligeable.



- le deuton
 - la masse d'un deuton vaut environ 2 uma
 - l'énergie de masse mc^2 d'un deuton vaut 1,9 GeV
 - la charge d'un deuton est négative
 - le deuton est un noyau d'hélium
- A l'intérieur de l'électrode D_2
 - le champ magnétique est perpendiculaire au plan de la figure et "s'éloigne du lecteur"
 - le champ électrique est nul
 - le champ magnétique est nul
 - le champ magnétique est perpendiculaire au plan de la figure et "est dirigé vers le lecteur"
- lorsque les deutons passent de D_1 à D_2 (situation II)
 - la tension $u(t) = u_{D1} - u_{D2}$ est positive
 - la tension $u(t) = u_{D1} - u_{D2}$ est nulle
 - la tension $u(t) = u_{D1} - u_{D2}$ est négative
 - leur mouvement est uniforme
- dans chacun des deux dees, la trajectoire du deuton est un demi-cercle parcouru
 - à vitesse constante
 - avec une vitesse croissante
 - avec une vitesse dont la valeur varie sinusoïdalement
 - avec une vitesse décroissante

- 5) dans les Dees, le rayon de courbure de la trajectoire du deuton
- A. augmente avec la vitesse à l'entrée des dees
 - B. augmente avec le nombre de tours effectués
 - C. augmente avec la valeur B du champ magnétique
 - D. ne dépend pas de l'énergie cinétique du deuton à son entrée dans le dee
- 6) La durée du parcours dans un dee
- A. dépend de la valeur B du champ magnétique
 - B. est indépendante de la masse des particules accélérées
 - C. dépend de la vitesse d'entrée de la particule dans le dee
 - D. dépend du rayon de la trajectoire
- 7) dans un Dee
- A. la force magnétique s'exerçant sur les deutons est perpendiculaire à leur vitesse
 - B. la valeur de la force s'exerçant sur les deutons reste constante
 - C. la force s'exerçant sur les deutons augmente avec le rayon de la trajectoire
 - D. la force s'exerçant sur les deutons garde la même direction
- 8) à la fin du premier tour (après 2 passages dans entre les deux Dees, en A)
- A. la vitesse des deutons vaut $2 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 - B. la vitesse de deutons vaut $1,9 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$
 - C. l'énergie cinétique des deutons vaut 20 keV
 - D. l'énergie cinétique des deutons vaut environ $6,4 \times 10^{-15} \text{ J}$
- 9) La fréquence de la tension alternative $u(t)$
- A. est proportionnelle au rayon de la trajectoire
 - B. doit être réglée en fonction de la nature des particules à accélérer
 - C. vaut 50 Hz
 - D. doit être réglée en fonction de la valeur B du champ magnétique.
- 10) à la sortie du cyclotron, les deutons ont effectué n tours :
- A. la vitesse des deutons vaut $2\pi nB / c$ (B est le champ magnétique et c la célérité de la lumière)
 - B. l'énergie cinétique des particules dépend de la taille des Dees
 - C. la trajectoire des deutons est circulaire
 - D. l'énergie cinétique des deutons est proportionnelle à n

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										

Q2 : Ultrasons (18 points)

I. Production des ultrasons

On utilise un émetteur à ultrasons, constitué d'une lame de quartz (L) dont les faces ont été métallisées (voir figure 1).

Elle vibre sous l'action d'un champ électrique alternatif obtenu en appliquant entre les deux faces parallèles de la lame une tension sinusoïdale u , de fréquence $f = 4,0$ MHz.

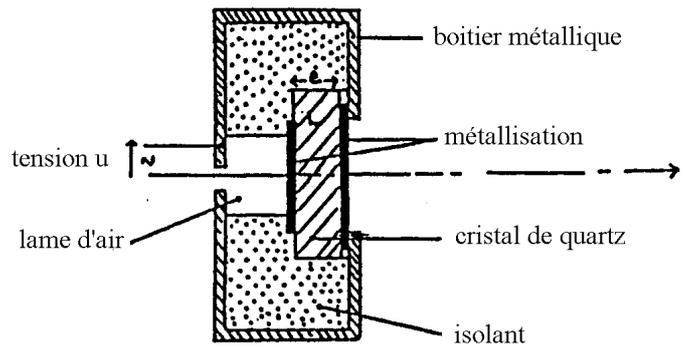


figure 1

1. Donner le nom et décrire le phénomène physique responsable de l'émission des ultrasons.
2. Calculer la période T de ce faisceau d'ultrasons.
3. L'épaisseur de la lame de quartz est liée à la longueur d'onde par la relation : $e = \lambda / 2$
La célérité du son dans quartz vaut $C = 5,70$ km.s⁻¹. Calculer l'épaisseur e de la lame de quartz.

II. Réflexion et atténuation des ondes sonores dans les milieux biologiques.

1. Les ondes ultrasonores se propagent dans un milieu matériel avec une célérité c , caractéristique de ce milieu et de sa température. À une température ordinaire de 20°C, on donne la valeur moyenne de c dans quelques milieux ainsi que leurs masses volumiques ρ .

Milieu	c (km.s ⁻¹)	ρ (g.cm ⁻³)
air	0,343	$1,3 \times 10^{-3}$
eau	1,48	1,0
tissus mous	1,54	1,04
os	4,00	1,9

On rappelle que les coefficients de réflexion et de transmission d'une onde ultrasonore arrivant perpendiculairement à la surface séparant deux milieux sont donnés par les relations :

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2 \quad \text{et} \quad T = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

- 1.1. Donner la définition et calculer à la température ordinaire, les impédances acoustiques de l'air, des tissus mous et du squelette ; préciser et utiliser l'unité S.I (système international) des grandeurs calculées.
- 1.2. En déduire la valeur du coefficient de réflexion à la surface de séparation tissus mous / os et air / tissus mous, sous incidence normale.
- 1.3. Comparer les résultats et conclure ; citer une solution utilisée en échographie pour éviter certains problèmes, soulevés dans ce paragraphe, liés à la réflexion des ondes ultra sonores.

2. L'intensité I du faisceau d'ultrasons, c'est-à-dire la puissance transportée par unité de surface, décroît avec l'épaisseur x du matériau traversé selon une loi exponentielle du type $I = I_0 e^{-\alpha x}$, où α représente un coefficient d'atténuation qui dépend du milieu traversé et varie avec la fréquence des ultrasons. Pour une fréquence f de 4,0 MHz, ce coefficient prend la valeur de $\alpha = 36$ m⁻¹ dans les tissus mous, alors que pour la fréquence $f' = 8,0$ MHz, il vaut $\alpha' = 144$ m⁻¹.

- 2.1. Calculer, pour ces deux fréquences, l'intensité du faisceau après traversée d'une épaisseur de 2,0 cm de ces tissus, dans le cas d'une intensité initiale I_0 de 8,0 W.m⁻².

2.2. Calculer également en décibels (dB), pour ces deux fréquences, l'atténuation A du faisceau, donnée par la définition suivante, faisant intervenir un logarithme décimal :

$$A(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

2.3. Calculer les deux coefficients d'atténuation en $\text{dB}\cdot\text{cm}^{-1}$.

2.4. Comparer ces deux coefficients ; commenter.

3. La sonde (réglée de nouveau à $f = 4,0\text{MHz}$) envoie une salve d'ultrasons d'intensité acoustique I_0 dans le milieu constitué de 1,5 cm de tissus mous puis 2,0 cm d'os.

3.1. Calculer la durée Δt_1 qui sépare la première réception de la salve de la réception de l'écho dû à l'interface muscle-os.

3.2. Calculer la durée Δt_2 séparant la réception de cet écho et celle du suivant.

Le coefficient d'atténuation vaut $\alpha = 36 \text{ m}^{-1}$ dans les tissus mous et $\beta = 954 \text{ m}^{-1}$ dans l'os.

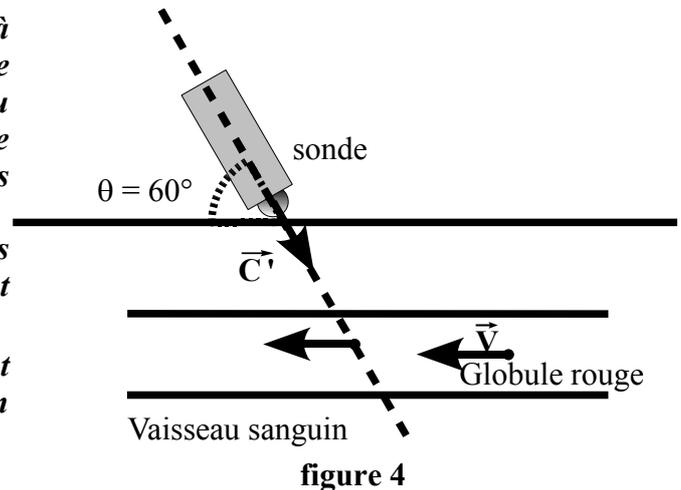
3.3. Calculer le rapport des intensités acoustiques de ces deux échos. Commenter.

III. Vélocimétrie Döppler.

Cette sonde (la fréquence est revenue à $f = 4,0 \text{ MHz}$) est maintenant utilisée pour étudier le débit sanguin d'un vaisseau situé à l'intérieur du tissu étudié précédemment. Elle fait un angle de 60° avec la paroi du tissu, comme indiqué dans la figure 4.

On supposera que la célérité des ondes ultrasonores dans le tissu (et dans le vaisseau) est égale à $C' = 1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Par effet Doppler sur les globules rouges circulant avec une vitesse V dans le vaisseau, on note un décalage en fréquence $\Delta f = 1,0 \text{ kHz}$.



1. Parmi les formules suivantes, proposées pour l'expression de la variation relative de la fréquence reçue par la sonde, une seule est correcte ; dire laquelle **en justifiant la réponse** :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{V^2 \cos \theta}{C'} \quad \frac{\Delta f}{f} = \frac{2V + C'}{\cos \theta} \quad \frac{\Delta f}{f} = \frac{2V \cos \theta}{C'} \quad \frac{\Delta f}{f} = \frac{2VC'}{\cos \theta}$$

2. Exprimer la vitesse V du flux sanguin en fonction de la variation relative de fréquence $\Delta f / f$, de la célérité C' et de l'angle θ .

Calculer V .

3. La sonde est déplacée et positionnée à coté d'un rétrécissement du vaisseau sanguin ; comment évolue le décalage en fréquence Δf ? Justifier la réponse.

Problème : Étude d'un circuit RLC.(32 points)

Un circuit électrique est composé d'un conducteur ohmique de résistance R , d'un condensateur de capacité C et d'une bobine d'inductance L montés en série, alimentés par un générateur de tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U_E et de fréquence f réglable.

$$R = 500 \Omega$$

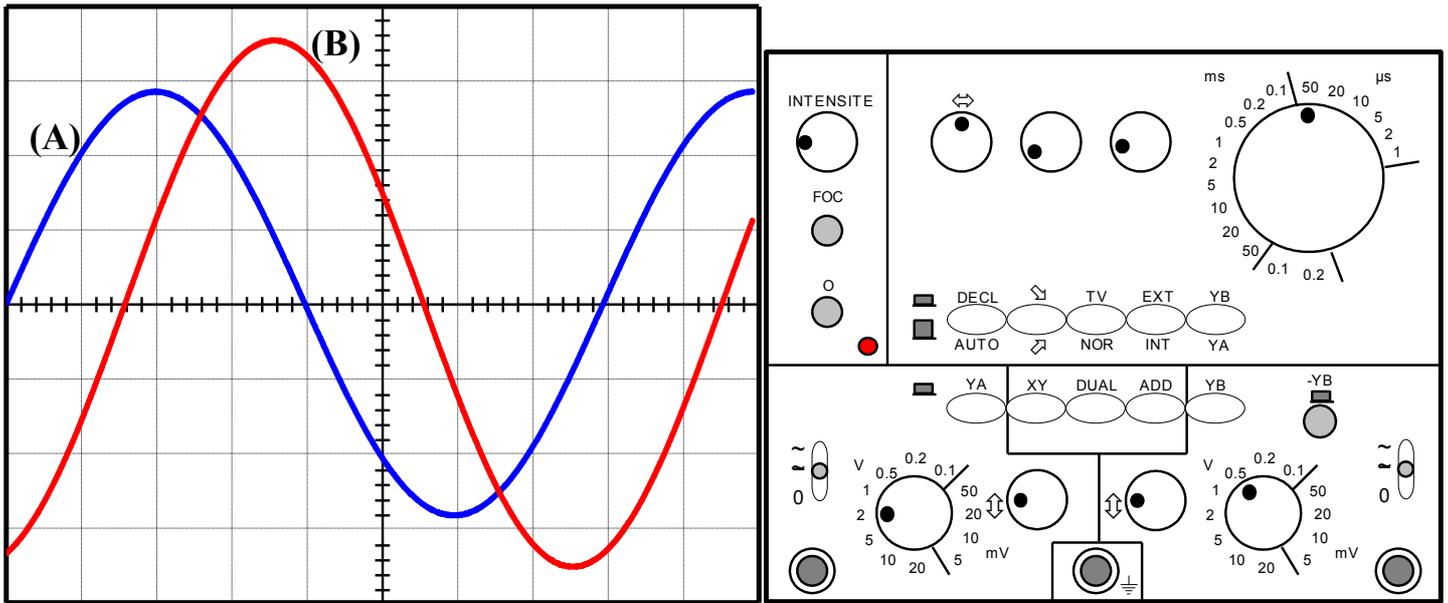
$$L = 0,30 H$$

$$C = 0,020 \mu F$$

$$U_E = 4,0 V$$

1. Schématiser le circuit en y ajoutant les connexions permettant d'observer, sur un oscilloscope, simultanément, la tension aux bornes de l'association {RLC série} sur la voie A et la tension aux bornes du conducteur ohmique sur la voie B.

2. Pour une certaine valeur de la fréquence, on observe l'oscillogramme suivant :



- 2.1. Mesurer la période de la tension délivrée par le générateur ; en déduire la fréquence et la pulsation correspondante.
- 2.2. Mesurer les amplitudes des tensions U_A et U_B ; vérifier que la tension U_A correspond bien à la tension aux bornes du générateur (cf données).
- 2.3. Calculer l'amplitude de l'intensité du courant et sa valeur efficace.
- 2.4. Mesurer le déphasage de la tension U_A sur la tension U_B .
- 2.5. Donner les expressions instantanées de la tension aux bornes du générateur et de l'intensité du courant (celle-ci impose l'origine des phases).

3. Le générateur impose une fréquence $f = 2,50 \text{ kHz}$.

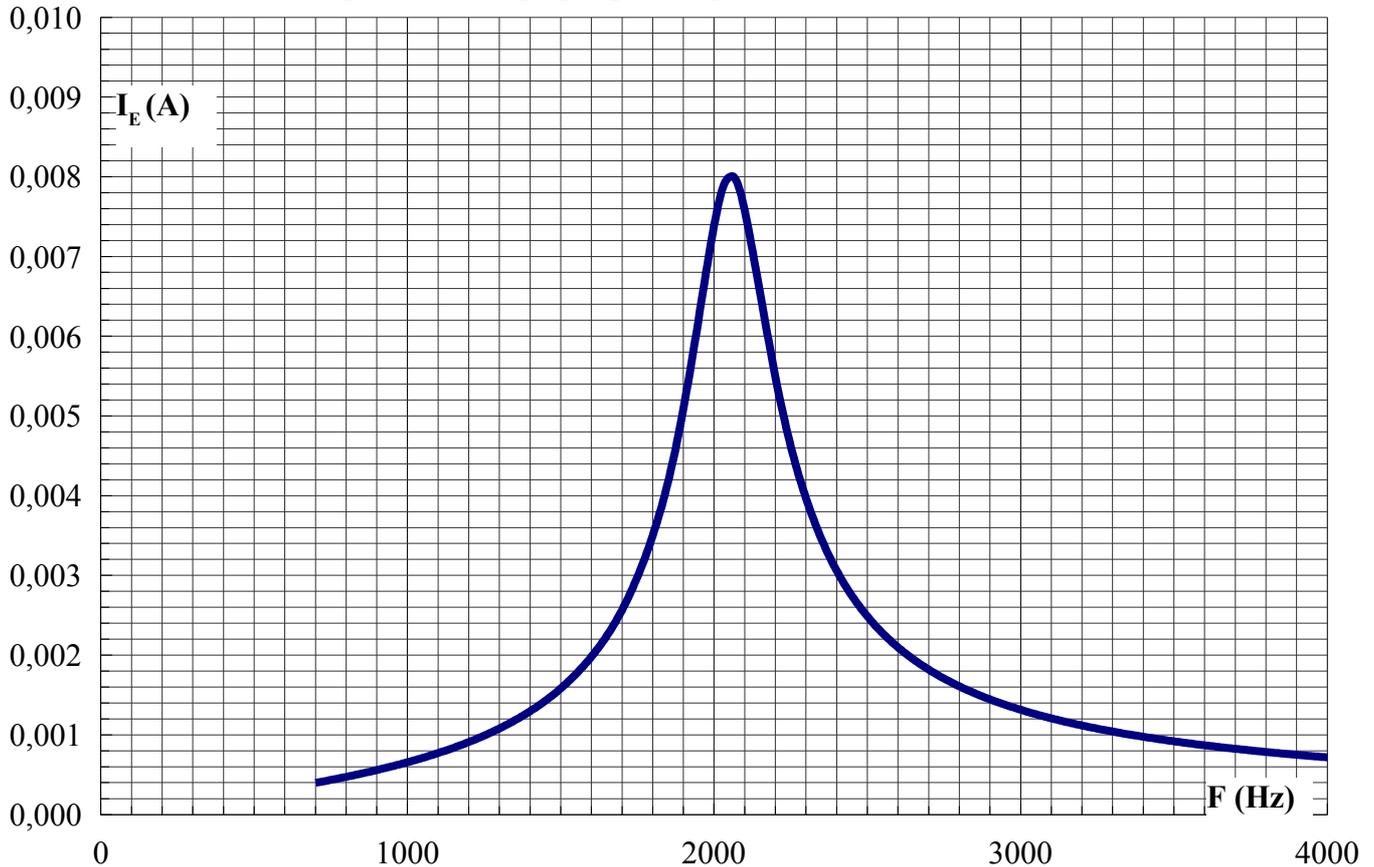
- 3.1. Calculer l'impédance de la portion de circuit {RLC}.
- 3.2. En déduire la valeur efficace de l'intensité du courant.
- 3.2. Calculer le déphasage de la tension aux bornes de l'association RLC sur l'intensité du courant.
- 3.3. Calculer les valeurs efficaces des tensions aux bornes de chaque dipôle (R , L et C).
- 3.4. Tracer la représentation de Fresnels correspondant à cette situation.

Conclure.

4. On étudie les variations de l'intensité efficace du courant circulant dans le circuit en fonction de la fréquence délivrée par le générateur.

- 4.1. Schématiser le circuit en y ajoutant les appareils de mesures permettant de réaliser cette étude.

On obtient les résultats reportés sur le graphique ci-après :



4.2. Relever les coordonnées f_0 et I_0 du sommet de la courbe. Préciser à quelle situation elles correspondent et vérifier que ces valeurs sont compatibles avec celles données en début du sujet (détailler la démarche et les calculs).

4.3. Calculer les valeurs efficaces des tensions aux bornes de la bobine et du condensateur, pour cette fréquence f_0 . Tracer la représentation de Fresnels correspondant à cette situation.

4.4. Mesurer la bande passante Δf à -3dB (l'intensité du courant est divisée par $\sqrt{2}$)

Calculer le facteur de qualité $\frac{f}{\Delta f}$ du circuit et vérifier qu'il est bien égal à $\frac{L\omega_0}{R}$

4.5. Représenter l'oscillogramme (en indiquant les réglages de l'oscilloscope) que l'on obtient, toujours pour cette fréquence f_0 avec les mêmes connexions que dans le paragraphe 1.

