

L'utilisation de la calculatrice est autorisée

PREMIÈRE PARTIE : CONTRÔLE DE CONNAISSANCES (30 points)

Les deux questions doivent être traitées par le candidat.

Q1 : ONDES SONORES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES (18 POINTS)

Chacune des propositions suivantes, de 1 à 9, contient une seule affirmation vraie (a, ou b, ou c, ou d). Choisir la proposition vraie en la justifiant.

1. Une onde sonore ou ultrasonore

- a) se propage dans le vide à la vitesse de 340 m/s.
- b) ne se propage pas dans le vide.
- c) s'accompagne d'un transport de matière
- d) se propage dans l'air à 20°C à la vitesse de $3 \cdot 10^8$ m/s.

2. Une onde électromagnétique

- a) se propage dans le vide à la vitesse de $3 \cdot 10^8$ m/s.
- b) ne se propage pas dans le vide.
- c) s'accompagne d'un transport de matière.
- d) se propage dans l'air à 20°C à la vitesse de 500 m/s.

3. L'impédance acoustique d'un milieu vaut $Z = \rho c$.

ρ masse volumique en kg.m^{-3} ;

c vitesse de propagation des ondes dans le milieu en m.s^{-1} ;

Z impédance acoustique en $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

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 $\rho_2 = 1,9 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

- a) La fréquence de l'onde dans le milieu osseux (2) est différente de 5,3 MHz.
- b) La vitesse de propagation est plus petite dans le milieu (2) que dans le milieu (1).
- c) La vitesse de propagation est plus grande dans le milieu (2) que dans le milieu (1).
- d) La vitesse de propagation de l'onde dans le milieu (2) vaut 1580 m/s.

4. Une onde sinusoïdale ultrasonore de fréquence $f = 1 \text{ MHz}$ se propageant à la vitesse de 340 m/s

- a) a une longueur d'onde de $0,34 \text{ mm}$.
- b) a une longueur d'onde de 300 m .
- c) a une longueur d'onde de $3,3 \text{ mm}$.
- d) a une longueur d'onde de $0,34 \text{ m}$.

5. L'intensité acoustique d'une onde plane ultrasonore décroît exponentiellement avec la distance traversée.

μ = coefficient linéique d'absorption

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

- a) Si un faisceau d'ultrasons doit pénétrer la boîte crânienne, il n'est pas souhaitable d'utiliser des ultrasons de fréquence $3,5 \text{ MHz}$.
- b) Dans l'os, l'atténuation par absorption est indépendante de la fréquence.
- c) Un faisceau d'ultrasons pénètre d'autant plus profondément dans la matière que sa fréquence est plus élevée.

6.

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

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

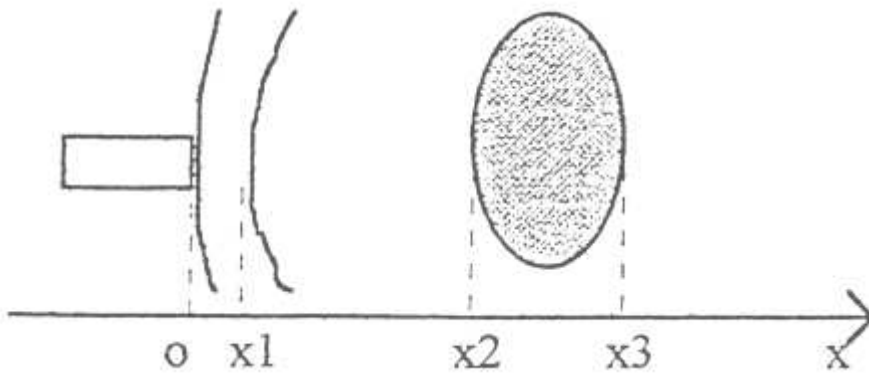
L'absorption d'un faisceau d'ultrasons de fréquence 1 MHz après traversée de 15 cm de graisse est telle que l'intensité acoustique du faisceau transmis vaut :

- 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.

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



Oscillogramme



L'impulsion réfléchiée à chaque interface est reçue par la sonde.

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

9. L'effet Doppler est une technique d'investigation très répandue dans le domaine biologique pour observer des objets en mouvement inaccessible à la vision directe. Si la source est immobile et le récepteur en mouvement, on connaît la relation :

$$f_{\text{recue}} = f_{\text{source}} \left[1 - \frac{V_{\text{récepteur}} \cos \theta}{V_{\text{US}}} \right]$$

où V_{US} représente la vitesse de l'onde ultra sonore et $\theta = (\vec{V}_{\text{récepteur}}, \vec{V}_{\text{US}})$

Quand le récepteur s'approche de la source, la fréquence perçue est :

- a) plus élevée que celle de l'onde émise.
- b) plus faible que celle de l'onde émise.
- c) identique à la fréquence de l'onde émise.

Q2 : LE LASER (12POINTS)

1. Expliquer en quelques lignes la signification des termes suivants :

- émission spontanée
- émission stimulée
- pompage optique
- inversion de population
- faisceau directif

2. Un laser Hélium-Néon de puissance 2 mW émet une lumière rouge de $\lambda = 632,8 \text{ nm}$

- a) Quelle différence d'énergie en eV y-a-t-il entre les deux niveaux ?
- b) En déduire le nombre de photons émis par seconde.

3. Le faisceau laser a une divergence $\theta = 1 \text{ mrad}$. Quel est le diamètre de la tache observée sur un écran situé à 10 m de la source supposée ponctuelle ?

DEUXIÈME PARTIE - PROBLÈME (30 points)

L'Iridium $^{192}_{77}\text{Ir}$ est un radio élément utilisé en endocuriethérapie. La source d'Iridium $^{192}_{77}\text{Ir}$ est constituée d'un fil de platine iridié (alliage de platine et de 20 % d'Iridium) formant la substance active, placé dans un tube de platine pur, servant d'enveloppe

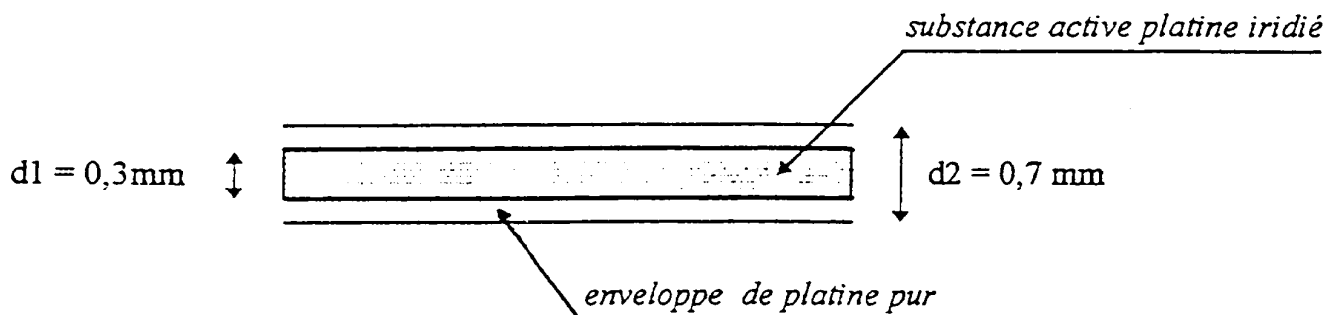
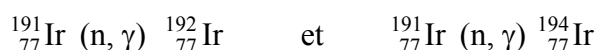


Fig-1

Toutes les données numériques se trouvent à la fin du problème.

I. Préparation de la source

1. Pour fabriquer cette source on irradie un fil de platine iridié ; au cours de cette irradiation neutronique, il se forme deux isotopes de l'Iridium selon les réactions



Écrire les équations correspondant à l'action des neutrons sur $^{191}_{77}\text{Ir}$ et formant les deux isotopes 192 et 194.

2. Les isotopes formés sont radioactifs

$^{192}_{77}\text{Ir}$ a une période $T_1 = 74 \text{ j}$

$^{194}_{77}\text{Ir}$ a une période $T_2 = 19 \text{ h}$

2.1. un échantillon de chaque isotope a une activité égale à 10^4 Bq , calculer dans chaque cas l'activité restante au bout de 8 jours.

2.2. montrer qu'il suffit d'un stockage de la source de 8 jours pour éliminer l'Iridium 194.

II. Utilisation de l'Iridium 192 en endocuriethérapie.

Dans un modèle simplifié, on considère que l'Iridium 192 est radioactif β^- . L'énergie cinétique maximale des électrons émis est de 0,67 MeV. L'énergie des rayons γ prend les valeurs suivantes :

E_γ en MeV	0,296	0,308	0,317	0,468	0,604	0,612
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Seuls les rayons γ sont utilisés pour cette thérapie.

1. Étude de réaction de désintégration.

- 1.1. Écrire l'équation de désintégration de l'iridium en précisant les lois de conservation utilisées.
- 1.2. Expliquer le fait que dans la plupart des désintégrations l'électron est émis avec une énergie cinétique inférieure à 0,67 MeV .
- 1.3. Calculer la longueur d'onde du photon d'énergie 0,317 MeV
- 1.4. Justifier qualitativement l'existence des différents photons.

2. Étude de la source.

Pour le traitement d'une tumeur, on utilise une source formée de 3 fils identiques de 8 mm de longueur, d'activité linéique (pour un diamètre donné) $7,4 \cdot 10^7 \text{ Bq.cm}^{-1}$

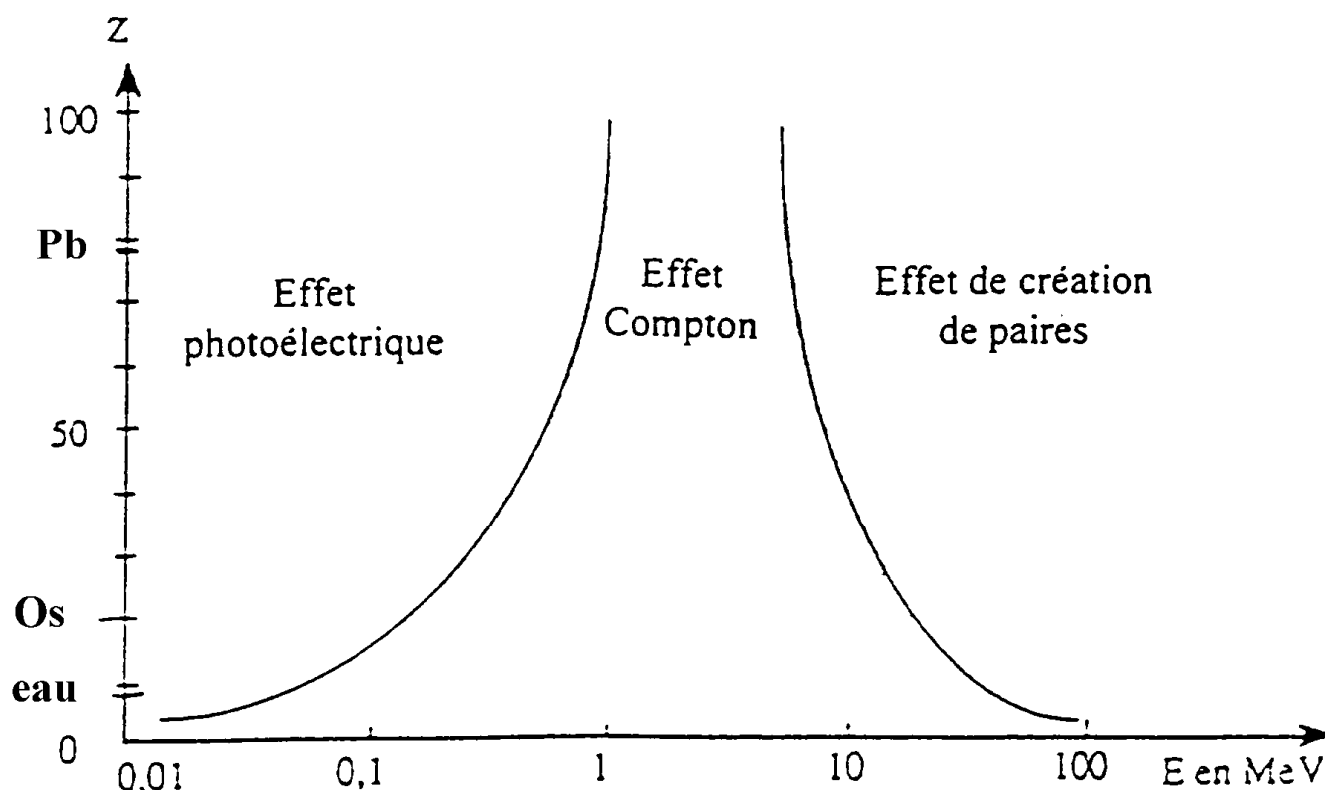
- 2.1. Calculer l'activité de la source en début de traitement.
- 2.2. Que devient cette activité au bout de 5 jours de traitement ?

3. Filtrage ou non des rayons β - et γ .

- 3.1. Le faisceau d'électrons émis par la source d'énergie cinétique 0,67 MeV, traverse le tube de platine pur. Le transfert d'énergie linéique TLE est dans ce métal de $3,42 \text{ keV} / \mu\text{m}$; quelle est la longueur de la trajectoire des électrons dans le platine ? Les caractéristiques du tube de platine sont-elles suffisantes pour assurer la protection du malade ?
- 3.2. La CDA (couche de demie atténuation) des rayons γ d'énergie 0,317 MeV dans le platine pur est de 2,6 mm. Calculer le pourcentage de rayons γ transmis au travers de l'enveloppe.

4. Utilisation des rayons γ de 0,317 MeV.

4.1. Exploitation de la courbe fig (2)



4.1.1. Quel est le type d'interaction prépondérant sachant que la tumeur soignée est de type tissus mous (constituée essentiellement d'eau) ?

4.1.2. En donner une explication simple.

4.2. Définir brièvement les trois effets qui apparaissent sur la figure.

4.3. Le coefficient d'atténuation massique pour l'eau est $\mu' = 0,12 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$; la masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; calculer l'épaisseur traversée correspondant à l'absorption de 70 % du rayonnement.

Données

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

Extrait du tableau de classification périodique

$_{75}\text{Re}$	$_{76}\text{Os}$	$_{77}\text{Ir}$	$_{78}\text{Pt}$	$_{79}\text{Au}$
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------