

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

**Diplôme de Technicien Supérieur en  
Imagerie Médicale et Radiologie Thérapeutique**  
Épreuve de physique

Durée : 3 heures

Session 2008

Coefficient : 3

**CORRIGÉ ET BARÈME**

**Q1 : QCM Ultrasons / RLC (14 points)**

|    | Réponses attendues                                                                                                                                                                                                                                                   | Barème | Commentaires                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------|
| 1. | a et e                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,5    | 0,75 par réponse                                  |
| 2. | b et c                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,5    |                                                   |
| 3. | g<br>$A = +2 \text{ dB} ; I_0 = I 10^{A/10} \quad I = \frac{I_0}{10^{A/10}} = \frac{1}{10^{2/10}} = 0,63 \text{ W / cm}^2$                                                                                                                                           | 2      | 1 pour A<br>1 pour le calcul                      |
| 4. | a<br>$Z_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}} c_{\text{eau}} = 1000 \times 1480 = 1,48 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$<br>$Z_{\text{muscle}} = \rho_{\text{muscle}} c_{\text{muscle}} = 1040 \times 1580 = 1,64 \times 10^6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ | 2      | 1 et 1                                            |
| 5. | c<br>$\lambda = \frac{c_{\text{eau}}}{f} = \frac{1480}{1 \times 10^6} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,5 \text{ mm}$                                                                                                                                               | 2      | 1 pour l'expression littérale<br>1 pour le calcul |
| 6. | a et d                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,5    |                                                   |
| 7. | a et d                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,5    |                                                   |
| 8. | c<br>$L = \frac{1}{C\omega_0^2} = \frac{1}{100 \times 10^{-9} \times (2 \times \pi \times 1560)^2} = 0,1 \text{ H}$                                                                                                                                                  | 2      | 1 pour l'expression littérale<br>1 pour le calcul |

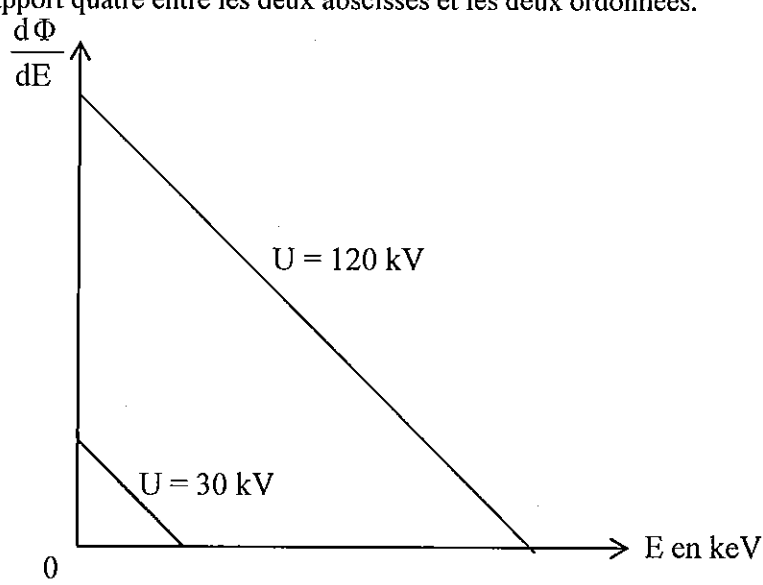
**Q2 : Radioactivité (16 points)**

|      | Réponses attendues                                                                                                                                                                                                                                                                        | Barème | Commentaires                                                                                          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | $1 \text{ u} = \frac{1}{12} \times \frac{12,0 \times 10^{-3}}{6,02 \times 10^{23}} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$<br>$E = mc^2 = 1,66 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 = 1,49 \times 10^{10} \text{ J} = 931 \text{ MeV}$<br>$1 \text{ u} = 931 \text{ Mev}.\text{c}^{-2}$ | 3      | 1 pour l'expression de u<br>0,5 pour le calcul de u<br>1 pour l'expression de E<br>0,5 pour le calcul |
| 2.1. | ${}_{96}^{242}\text{Cm} \rightarrow {}_{94}^{238}\text{Pu} + {}_2^4\text{He}$<br>${}_{96}^{242}\text{Cm} \rightarrow {}_{94}^{238}\text{Pu}^* + {}_2^4\text{He}$<br>${}_{94}^{238}\text{Pu}^* \rightarrow {}_{94}^{238}\text{Pu} + \text{rayonnement } \gamma$                            | 1,5    | 1<br>0,5<br>Toute écriture correcte est acceptée.                                                     |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.2. | Le spectre en énergie des particules $\alpha$ est un spectre de raies. Le noyau père peut (statistiquement) mener au noyau fils dans deux états d'énergie quantifiée différents. (état fondamental, un de ses états excités).                                                                  | 1   | Toute phrase correcte est acceptée                                                   |
| 2.3. | $E_\gamma = E_{\alpha 1} - E_{\alpha 2} = 6,1129 - 6,0696 = 0,0433 \text{ MeV}$                                                                                                                                                                                                                | 1   |                                                                                      |
| 2.4. | $E_{\alpha 1} = (m_{\text{Cm}} - m_{\text{Pu}} - m_{\alpha}) c^2$<br>$M_{\text{Cm}} = \frac{E_{\alpha 1}}{c^2} + m_{\text{Pu}} + m_{\alpha} =$<br>$\frac{6,1129}{931,5} + 237,9980 + 4,0015 = 242,0060 \text{ u}$                                                                              | 2   | 1 pour l'expression littérale<br>1 pour le calcul                                    |
| 3.1. | ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\nu^-$<br>${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba}^* + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\nu^-$<br>${}^{137}_{56}\text{Ba}^* \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + \text{rayonnement } \gamma$ | 1,5 | 1 et 0,5<br>Toute écriture correcte est acceptée.<br>L'antineutrino n'est pas exigé. |
| 3.2. | L'énergie libérée est répartie de façon aléatoire entre les particules émises. Le spectre du rayonnement $\beta^-$ est un spectre continu.                                                                                                                                                     | 1   | Toute explication correcte est acceptée                                              |
| 4.1. | Le rayonnement $\gamma$ est le plus pénétrant                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,5 |                                                                                      |
| 4.2. | Le rayonnement $\alpha$ a la plus grande ionisation spécifique                                                                                                                                                                                                                                 | 0,5 |                                                                                      |
| 5.1. | Le temps de demi-vie (ou période radioactive) est la durée au bout de laquelle la moitié du nombre de noyaux initialement présents se sont désintégrés. (C'est aussi la durée au bout de laquelle un échantillon radioactif a perdu la moitié de son activité initiale).                       | 1   |                                                                                      |
| 5.2. | Pour $t = T$ , $N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t}$<br>$\ln \frac{1}{2} = -\lambda T$ $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$                                                                                                                                                                          | 1   |                                                                                      |
| 5.3. | $A = A_0 e^{-\lambda t}$ , $t = \frac{\ln \frac{A_0}{A}}{\lambda}$ ,<br>$T = -t \frac{\ln 2}{\ln(\frac{A}{A_0})} = -6 \times \frac{\ln 2}{\ln(\frac{1}{16})} = 1,5 \text{ jour}$                                                                                                               | 2   | Accepter<br>$\frac{A}{A_0} = \frac{1}{2^4}$<br>$t = 4 T$                             |

**PROBLÈME : Filtration des rayons X en radiodiagnostic (30 points)**

|    | Réponses attendues                                                                                     | Barème | Commentaires     |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------|
|    | <b>A. Étude des niveaux d'énergie de l'atome de tungstène</b>                                          |        |                  |
| 1. | Sous-couche s : 2 électrons max<br>p : 6 électrons max<br>d : 10 électrons max<br>f : 14 électrons max | 1      | 0,25 par réponse |
| 2. | $E_1 = -13,6 \times \frac{74^2}{1^2} = -7,45 \times 10^4 \text{ eV} = -74,5 \text{ keV}$               | 1      |                  |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |                                                      |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------|
| 3.                                              | La formule n'est valable que pour l'atome d'hydrogène et les ions hydrogénoïdes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 |                                                      |
| <b>B. Émission de rayons X par le tungstène</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |                                                      |
| 1.                                              | $E_{K\alpha} = E_L - E_K = -11,3 - (-69,5) = 58,2 \text{ keV}$<br>$E_{L\alpha} = E_M - E_L = -2,30 - (-11,3) = 9,00 \text{ keV}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 | 0,5 pour chaque calcul                               |
| 2.                                              | $E_{L\alpha}$ ne varie pas. Elle ne dépend que des niveaux d'énergie de l'atome.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 | 0,5<br>0,5                                           |
| 3.                                              | Rayonnement de freinage. Il est du au freinage d'électrons dans la matière.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 | Explications laissées à l'appréciation du correcteur |
| 4.                                              | $E_{\max} = eU = 1,60 \times 10^{-19} \times 120 \times 10^3 = 1,92 \times 10^{-14} \text{ J} = 120 \text{ keV}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 | 0,5 par réponse (en J et en keV)                     |
| 5.                                              | Rapport quatre entre les deux abscisses et les deux ordonnées.<br> <p>The graph shows the relationship between the differential photon flux <math>\frac{d\Phi}{dE}</math> (y-axis) and the photon energy <math>E</math> in keV (x-axis). Two linear segments are shown, representing different accelerating voltages. The upper segment is labeled <math>U = 120 \text{ kV}</math> and the lower segment is labeled <math>U = 30 \text{ kV}</math>. The origin is marked with 0.</p> | 1 |                                                      |
| 6.                                              | Les photons les moins énergétiques sont atténués et disparaissent du faisceau.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1 |                                                      |
| <b>C. Atténuation des photons</b>               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |                                                      |
| 1.1.1.                                          | Un photon incident interagit avec un électron d'un atome et lui transmet la totalité de son énergie. L'électron est éjecté.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2 | Toute description correcte est acceptée.             |
| 1.1.2.                                          | Le photon interagit avec un electron K du plomb.<br>$E_C = E_{\text{photon}} - E_K = 100 - 88 = 12 \text{ keV}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 |                                                      |
| 1.2.1.                                          | $E' = E - E_C = 660 - 97 = 563 \text{ keV}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 |                                                      |
| 1.2.2.                                          | $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{660 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 1,88 \times 10^{-12} \text{ m}$ $\lambda' = \frac{hc}{E'} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{563 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 2,21 \times 10^{-12} \text{ m}$                                                                                                                                                                                                                                               | 2 | 1<br><br>1                                           |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |                                                                                                          |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.2.3. | $\lambda - \lambda' = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\theta)$ $\cos\theta = 1 - \frac{m_e c}{h} (\lambda' - \lambda) =$ $1 - \frac{9,11 \times 10^{-31} \times 3,00 \times 10^8}{6,63 \times 10^{-34}} (2,21 \times 10^{-12} - 1,88 \times 10^{-12}) = 0,864$ $\theta = 30,2^\circ \approx 30^\circ$ | 2,5 | 1,5 pour l'expression littérale de $\cos\theta$<br>1 pour le calcul de $\cos\theta$<br>0,5 pour $\theta$ |
| 1.2.4. | Choc non frontal puisque $\theta$ est différent de $180^\circ$ .                                                                                                                                                                                                                               | 1   |                                                                                                          |
| 1.3.1. | Interaction entre un photon et un noyau.<br>A proximité du noyau, le photon disparaît et se matérialise en un électron et un positon.                                                                                                                                                          | 2   | Accepter toute bonne définition et description                                                           |
| 1.3.2. | $E_{\min} = 2 m_e c^2 = 2 \times 0,511 = 1,02 \text{ MeV}$                                                                                                                                                                                                                                     | 1   | Ne pas sanctionner si il n'y a pas l'expression littérale                                                |
| 2.1.1  | $\mu_m = 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ d'après la figure 3<br>$\mu = \mu_m \cdot \rho_{\text{Pb}} = 86 \times 11,3 = 9,7 \times 10^2 \text{ cm}^{-1}$                                                                                                                                    | 1,5 | 0,5<br>1                                                                                                 |
| 2.1.2. | $\mu_m = 86 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ d'après la figure 3<br>$\mu = \mu_m \cdot \rho_{\text{Pb}} = 1 \times 11,3 = 11,3 \text{ cm}^{-1}$                                                                                                                                               | 1   |                                                                                                          |
| 2.1.3. | Un photon de 200 keV est plus pénétrant qu'un photon de 20 keV<br>$\mu_{200 \text{ keV}} < \mu_{20 \text{ keV}}$<br>Un photon de 20 keV interagit plus qu'un photon de 200 keV.                                                                                                                | 1,5 | Une explication avec la CDA est acceptée                                                                 |
| 2.1.4. | Un photon de 100 MeV est moins pénétrant qu'un photon de 10 MeV<br>D'après la courbe, $\mu_{100 \text{ MeV}} > \mu_{10 \text{ MeV}}$<br>Un photon de 100 MeV interagit plus qu'un photon de 10 MeV.                                                                                            | 1,5 |                                                                                                          |
| 2.2.   | La brutale augmentation de $\mu_{\text{Mo}}$ entraîne une brutale atténuation des photons d'énergie juste supérieure à 20 keV. Sont essentiellement transmis les photons d'énergie comprise entre 15 et 20 keV, domaine où $\mu_{\text{Mo}}$ est le plus petit.                                | 2   |                                                                                                          |