

IMRT1 : DEVOIR 3 : 0708

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

QCM (20 points)

Compléter le tableau par V pour vrai et F pour faux.

- L'énergie m_0c^2 d'un électron au repos vaut :
 - 0,511 keV
 - 0,511 MeV
 - 81,8 fJ
 - $8,18 \times 10^{-17}\text{ J}$
- la vitesse d'un proton vaut $v = 30\,000\text{ km.s}^{-1}$:
 - Son énergie cinétique vaut 4,7 keV
 - Son énergie cinétique vaut $E_c = 7,51 \times 10^{-13}\text{ J}$
 - Son énergie totale vaut 943 MeV
 - Son énergie de masse vaut 931,5 MeV
- La longueur d'onde d'un rayonnement vaut $\lambda = 500\text{ nm}$:
 - c'est un rayonnement infra rouge
 - l'énergie du photon correspondant vaut $1,32 \times 10^{-27}\text{ J}$
 - l'énergie du photon correspondant vaut 2,48 eV
 - c'est un photon visible
- Le niveau fondamental de l'atome d'hydrogène vaut -13,6 eV
 - Le niveau fondamental de l'atome d'hydrogène vaut $-2,17 \times 10^{-18}\text{ J}$
 - Le niveau du second état excité vaut -1,7 eV
 - Le niveau du premier état excité vaut $-1,09 \times 10^{-18}\text{ J}$
 - Le niveau du premier état excité vaut -2,4 eV
- Les niveaux 2s, 2p, 3s et 3p du lithium sont respectivement -5,39eV, -3,54 eV, -2,00 eV et -1,54 eV :
 - La transition $2p \rightarrow 2s$ correspond à un photon de d'énergie 0,85 eV
 - La transition $2p \rightarrow 2s$ correspond à un photon de longueur d'onde $6,71 \times 10^{-9}\text{ m}$
 - La transition $3s \rightarrow 2p$ correspond à un photon d'énergie $2,44 \times 10^{-19}\text{ J}$
 - La transition $3p \rightarrow 2s$ correspond à un photon de longueur d'onde 323 nm
- Les caractéristiques de la lumière émise par un laser hélium/néon (longueur d'onde $\lambda = 632\text{ nm}$) sont :
 - Le faisceau est monochromatique
 - La lumière émise est cohérente
 - Les photons émis sont situés dans l'infra-rouge
 - L'énergie des photons vaut 13,6 eV
- On considère l'atome ${}_{11}^{21}\text{Na}$:
 - Le noyau de l'atome contient 11 neutrons
 - Le nuage électronique de l'atome neutre contient 10 électrons
 - Le noyau contient 21 nucléons
 - Le noyau contient 11 protons

- 8) Quand on augmente la tension appliquée aux bornes d'un tube de Coolidge :
- a) Le flux des rayons X augmente
 - b) Les rayons X produits sont plus pénétrants
 - c) La longueur d'onde minimum λ_0 des rayons émis diminue
 - d) La longueur d'onde λ_{\max} (correspondant au maximum d'intensité) diminue
- 9) Le rendement d'un tube de Coolidge est :
- a) Proportionnel au numéro atomique de l'anticathode
 - b) Indépendant de la nature de l'anode
 - c) Proportionnel à l'intensité du courant d'alimentation
 - d) Proportionnel à la tension accélératrice
- 10) Dans un tube de Coolidge, l'énergie maximale des photons du rayonnement de freinage :
- a) diminue lorsque la haute tension diminue
 - b) est proportionnelle au numéro atomique de la cible
 - c) est proportionnelle à la longueur d'onde minimale du rayonnement
 - d) est égale à l'énergie cinétique des électrons à l'anode

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| a | | | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | | | |
| c | | | | | | | | | | |
| d | | | | | | | | | | |

PROBLÈME (40 points)

1. Un tube à rayons X est constitué d'une cathode émettrice d'électrons et d'une anode en tungstène. On applique entre la cathode C et l'anode A une tension accélératrice qui peut varier entre 50 kV et 100 kV.

1.1. Identifier sur la photo la cathode et l'anode.

1.2. Donner le signe de la tension U_{AC} appliquée entre les deux électrodes.

1.3. Les électrons sont émis au niveau de la cathode avec une énergie cinétique d'une dizaine d'électrons-volts.

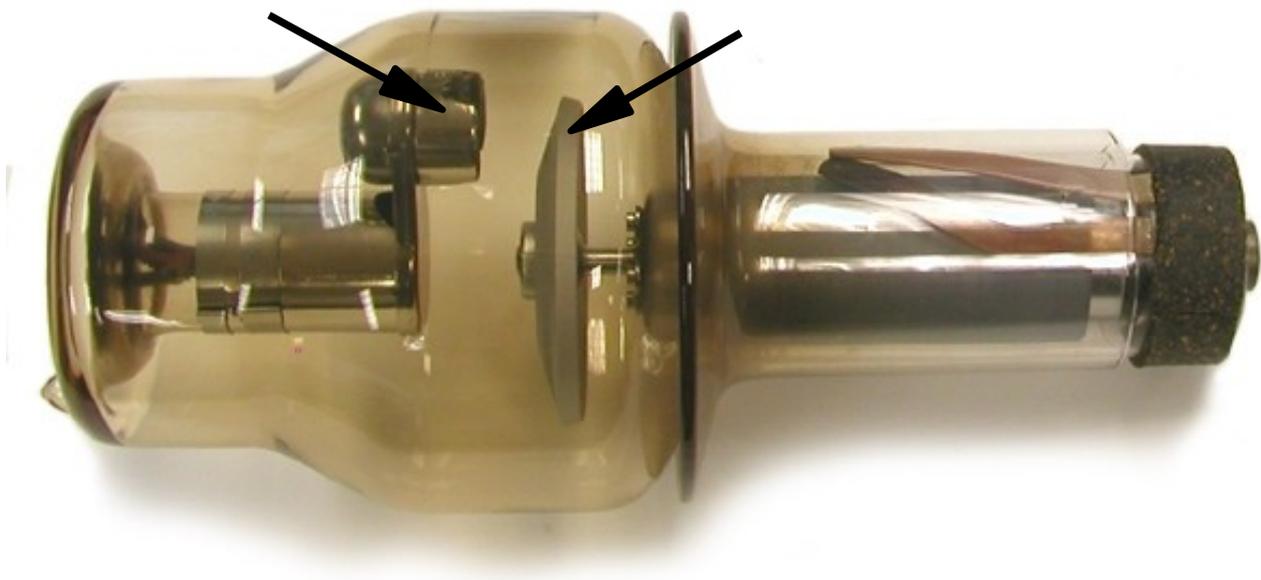
Établir l'expression de l'énergie cinétique des électrons lorsqu'ils atteignent l'anode ; calculer celle-ci en Joule et en électron-volt pour les tensions de 50 kV et 100 kV.

1.4. Les rayons X sont émis par l'anode ; déterminer l'énergie en joule, ainsi que la longueur d'onde des photons X les plus énergétiques émis par l'anode pour les deux tensions accélératrices considérées.

1.5. On admet que l'énergie des photons les plus nombreux vaut environ les $2/3$ de l'énergie maximale de ceux-ci ; calculer en électron-volt l'énergie des photons les plus nombreux pour les deux tensions accélératrices.

1.6. Tracer qualitativement le spectre du rayonnement émis par le tube à rayons X lorsque la tension accélératrice vaut 100 kV ; on portera en abscisse l'énergie des photons émis.

1.7. Sur le même graphique, tracer qualitativement le spectre du rayonnement émis par le tube à rayons X lorsque la tension accélératrice vaut 50 kV, pour le même courant anodique.



2. La puissance consommée par le tube vaut 1500 W. Son rendement vaut 2% lorsque la tension accélératrice vaut $U = 100$ kV.

2.1. Définir le courant anodique et calculer son intensité.

En déduire le nombre d'électrons se déplaçant de la cathode vers l'anode en une seconde.

2.2. Calculer la puissance émise par le tube sous forme de rayonnement.

2.3. En supposant que tous les photons émis par le tube ont une énergie moyenne de 60 keV, calculer le nombre de photons émis par le tube en une seconde.

2.4. Comparer les résultats de la question 2.1. et 2.3 ; conclure.

2.5. Déterminer le rendement du tube lorsque la tension accélératrice n'est plus que de 50 kV

3. Les coefficients d'atténuations massiques, les masses volumiques, les coefficients d'atténuation linéiques et les couches de demi atténuation de l'eau, de l'aluminium, du cuivre et du plomb sont donnés dans le tableau (incomplet) suivant, pour des photons d'énergies 60 keV

| | eau | aluminium | cuivre | plomb |
|------------------------------|-------|-----------|--------|-------|
| μ / ρ (.....) | 0,205 | 0,278 | | 5,02 |
| ρ (g.cm ⁻³) | | | 8,92 | 11,3 |
| μ (cm ⁻¹) | | 0,751 | 14,2 | 56,7 |
| CDA (.....) | | 0,953 | | |
| | | | | |

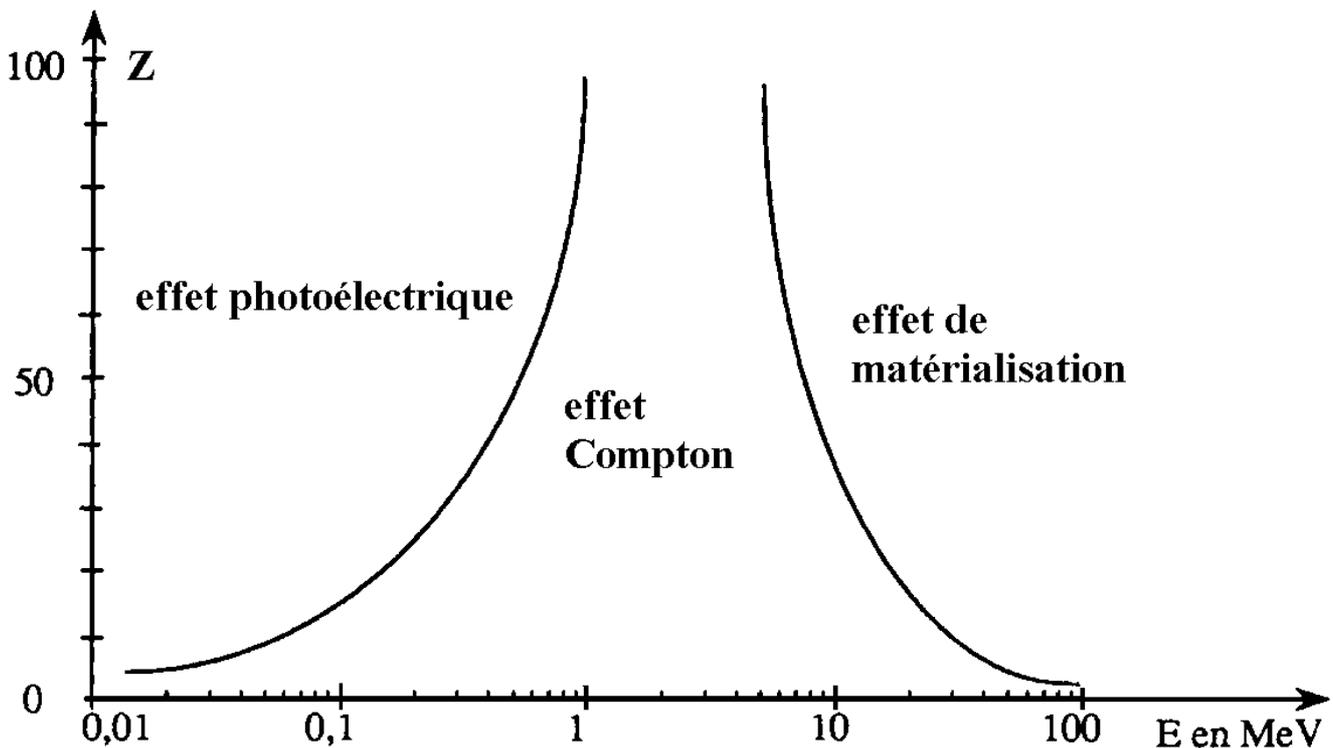
3.1. Compléter le tableau (9 réponses).

3.2. Donner la définition, établir l'expression et calculer les épaisseurs des couches de déci transmission CDT de ces quatre corps (on pourra compléter la dernière ligne du tableau)

3.3. Comparer les épaisseurs d'aluminium et de plomb nécessaires à l'atténuation de 99% d'un faisceau de photons d'énergies 60 keV.

4. On considère un flux composés de photons d'énergie 60 keV, d'intensité 0,5 W.m⁻².

4.1. En utilisant le graphique ci après, déterminer le type d'interaction que ce type de photons présente avec la chair (numéro atomique moyen 8,5) et l'os (numéro atomique moyen 20)



4.2. Donner une brève description des trois types d'interactions évoquées sur le graphique

4.3.1. Le flux traverse une épaisseur de chair de 4,0 cm ; le coefficient d'atténuation linéique du muscle vaut $\mu = 0,213 \text{ cm}^{-1}$.

Calculer l'intensité du faisceau émergent.

4.3.2. Le coefficient d'atténuation linéique de l'os, pour ces mêmes photons, vaut $\mu = 0,519 \text{ cm}^{-1}$.

Calculer l'intensité du faisceau émergent lorsqu'il a traversé successivement 1,0 cm de chair, puis 2,0 cm d'os, puis à nouveau 1,0 cm de chair.

4.3.3. Conclure.