

## IMRT1 : DEVOIR 3 : 0506

### Données

constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

célérité de la lumière :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

masse volumique du plomb :  $\rho = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$

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

masse de l'électron :  $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

chaleur massique du platine :  $C = 160 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$

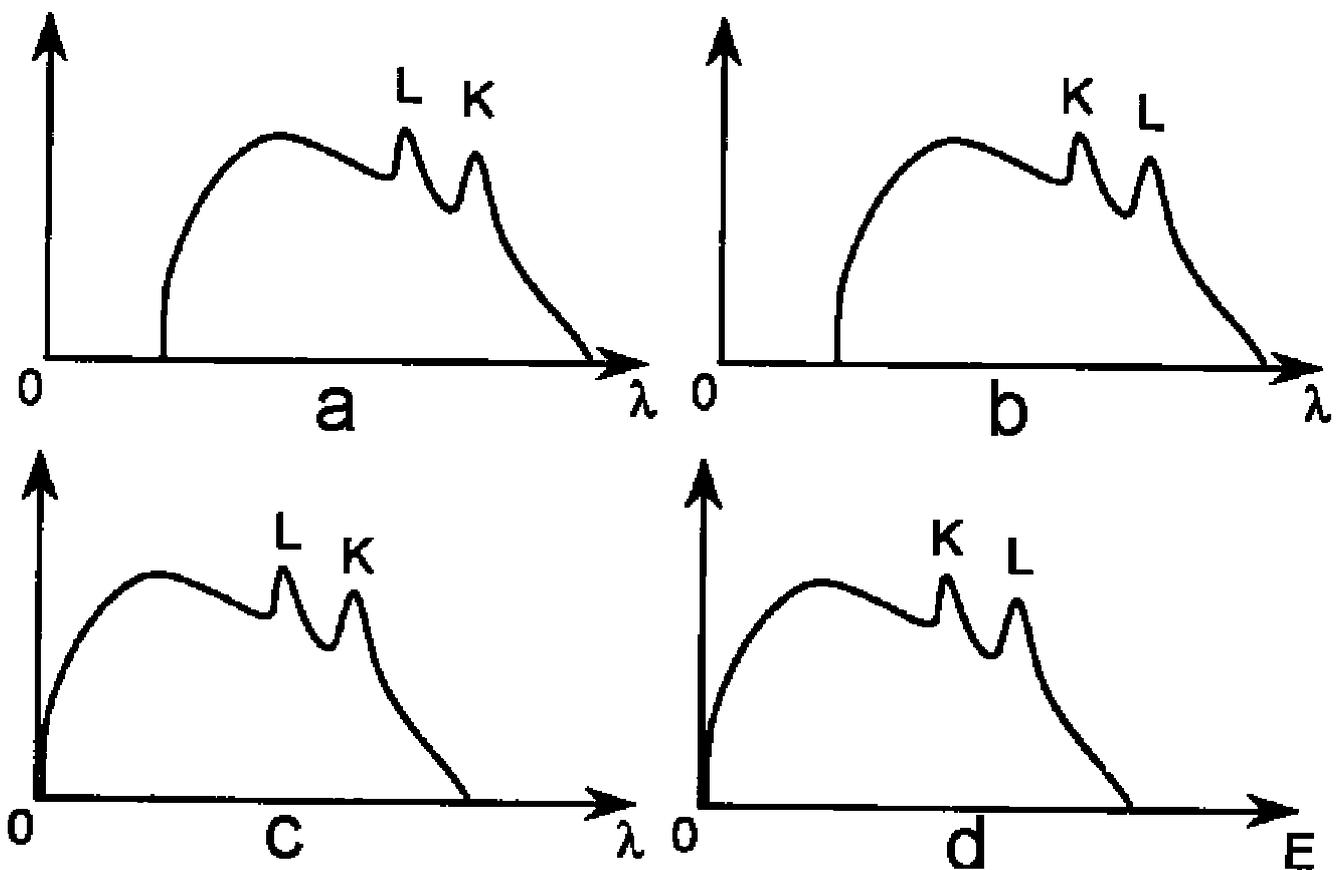
### CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

*Les propositions faites pour chaque question peuvent être vraies ou fausses.*

*Compléter le document réponse de la feuille annexe à rendre avec la copie pour chacune des propositions par (V) si elle est vraie ou par (F) si elle est fausse.*

- 1) 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  $\lambda_0$  des rayons émis diminue
  - d) La longueur d'onde  $\lambda_{\text{max}}$  (correspondant au maximum d'intensité) diminue
  
- 2) Le rendement d'un tube de Coolidge est :
  - a) Proportionnel au numéro atomique de l'anticathode
  - b) Indépendant de la nature de la cathode
  - c) Proportionnel à la tension accélératrice
  - d) Proportionnel à l'intensité du courant d'alimentation
  
- 3) Dans un tube de Coolidge, la puissance totale rayonnée est :
  - a) Proportionnelle à l'intensité du courant d'alimentation du tube
  - b) Proportionnelle au carré de la tension accélératrice
  - c) Indépendante de la nature de l'anticathode
  - d) Indépendante de la température de la cathode
  
- 4) Le rendement d'un tube de Coolidge à anticathode de platine est 2%, il fonctionne sous une tension  $V = 50 \text{ kV}$  et un courant d'intensité  $I = 3 \text{ mA}$ . La puissance totale rayonnée a pour valeur :
  - a) 3 W
  - b) 3 mW
  - c) 3 J
  - d) 3 MeV
  
- 5) Un tube de Coolidge à anode de platine est alimenté sous 100 kV et 100 mA.
  - 5.1) Quelle est l'énergie des rayons X les plus pénétrants ?
    - a) 100 keV
    - b)  $1,6 \times 10^{-14} \text{ eV}$
    - c) 100 kJ
    - d)  $1,6 \cdot 10^{-14} \text{ J}$
  
  - 5.2) Quelle est la longueur d'onde  $\lambda_0$  des rayons X les plus pénétrants ?
    - a)  $1,24 \times 10^{-11} \text{ m}$
    - b)  $1,24 \times 10^{-2} \text{ m}$
    - c)  $1,24 \times 10^{-8} \text{ m}$
    - d) 12,4 nm

- 6) Dans un tube de Coolidge, l'énergie maximale des photons du rayonnement de freinage
- diminue lorsque la haute tension diminue
  - est proportionnelle au numéro atomique de la cible
  - est proportionnelle à la longueur d'onde minimale du rayonnement
  - est égale à l'énergie cinétique des électrons à l'anode
- 7) Dans un tube de Coolidge
- le filament émet des rayons X par effet thermoélectronique
  - la tension, en kV, appliquée au tube, permet de régler le seuil de longueur d'onde des rayons X émis
  - l'anticathode est en métal léger
  - le rayonnement de freinage est un spectre de raies d'énergie
- 8) Parmi les quatre représentations de la densité spectrale en énergie d'un tube à rayons X, en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  ou des énergies E des photons émis, la(les)quelle(s) est(ont) possible(s) ?



- 9) À la cathode du tube de Coolidge
- Les électrons sont émis par effet photoélectrique
  - Les électrons sont émis par effet thermoélectronique
  - Les électrons sont émis par effet Auger
  - Les électrons sont émis par effet Compton
- 10) Un opérateur augmente la tension accélératrice d'un tube à rayons X
- la durée du trajet des électrons de la cathode à l'anode diminue
  - la longueur d'onde des photons émis augmente
  - le flux énergétique du faisceau de rayons X augmente
  - l'énergie des photons émis augmente

- 11) Dans l'interaction rayons X/matière par effet photoélectrique :
- Il y a absorption totale du photon incident
  - Le rayonnement de fluorescence émis dépend de l'atome cible
  - Il peut y avoir émission d'un électron Auger
  - L'énergie du photon incident doit être supérieure mais voisine de la valeur absolue de l'énergie de liaison de l'électron concerné
- 12) Au cours d'une création de paire par un photon.
- il se forme un électron et un positron
  - il se forme un proton et un électron
  - il se forme un proton et un neutron
  - l'énergie du photon incident doit être comprise entre 0,511 MeV et 1,022 MeV
- 13) Un tube de Coolidge
- produit un faisceau X formé essentiellement de photons de freinage
  - produit un faisceau X formé essentiellement d'électrons de freinage
  - produit un spectre continu de raies X caractéristique de l'élément cible
  - produit un faisceau X émis uniquement dans la direction perpendiculaire à la cible
- 14) Dans l'interaction rayons X/matière par effet Compton :
- Le photon diffusé est toujours émis vers l'avant
  - Toute l'énergie du photon incident peut être transmise à l'électron
  - L'électron émis peut être projeté vers l'arrière
  - L'effet Compton se produit avec des électrons fortement liés au noyau de l'atome

## RAYONS X

On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de platine (anti-cathode).

Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel  $U_{AC} = V_A - V_C = 90 \text{ kV}$ . Ce tube est alimenté par un courant d'intensité  $i = 1 \text{ mA}$ , et son rendement est  $r = 1\%$ .

### A. Étude énergétique

- Calculer la puissance électrique  $P_E$  consommée par le tube, la puissance rayonnée  $P_R$  (rayons X), la puissance transformée en chaleur  $P_J$ .
- Calculer l'élévation de température que subirait une électrode de 100 g au bout de 10 s de fonctionnement statique.

### B. Étude des rayons X de freinage

- Calculer l'énergie cinétique  $E_C$  (en eV et en J) des électrons incidents quand ils atteignent l'anti-cathode.
  - Calculer la longueur d'onde minimum  $\lambda_0$  du spectre continu obtenu par freinage des électrons.
  - Calculer l'énergie  $E_m$  (en eV et en J) des photons X les plus nombreux. On rappelle que les photons X les plus probables ont pour longueur d'onde  $\lambda_m = 1,5 \lambda_0$ .

### C. Interaction de fluorescence.

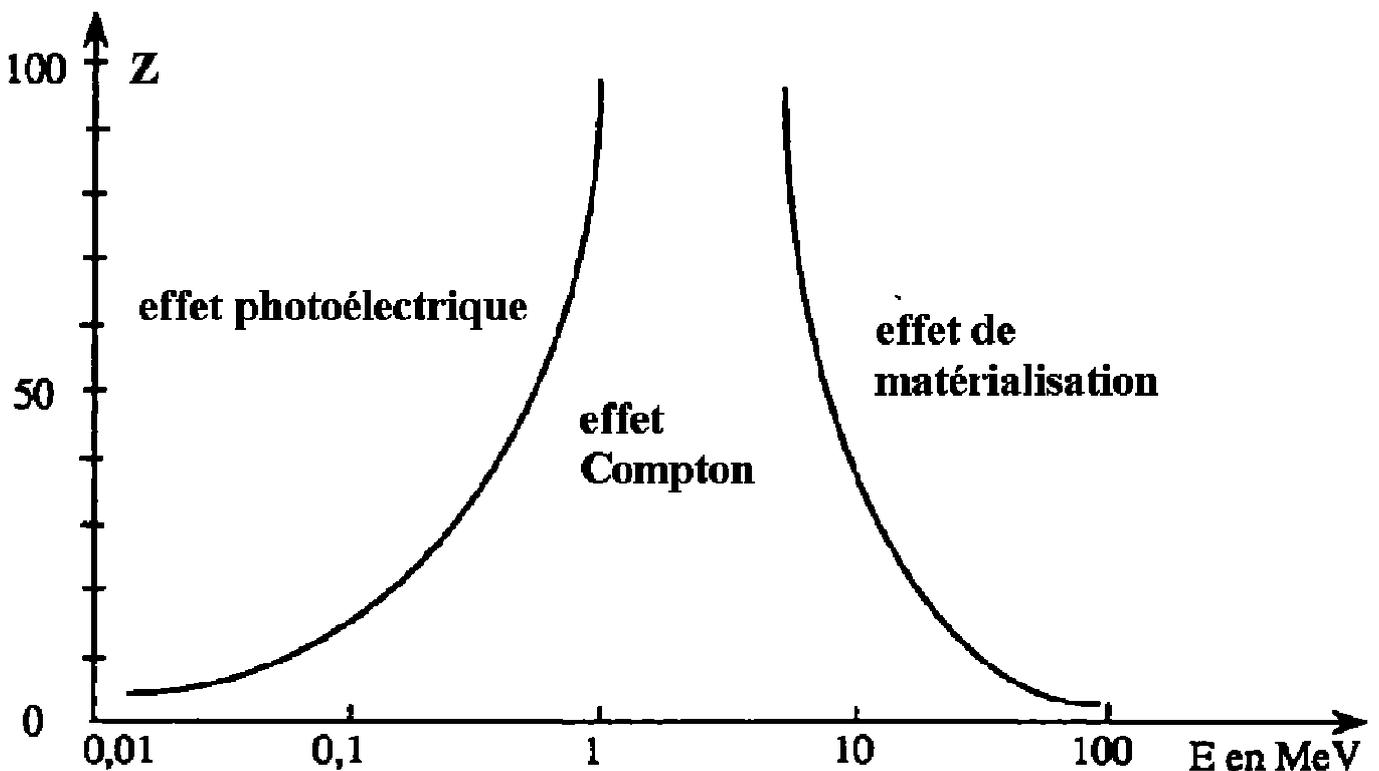
Les énergies des électrons des couches K, L, et M du platine ont pour valeurs :  
 $E_K = -80 \text{ keV}$ ,  $E_L = -20 \text{ keV}$  et  $E_M = -9 \text{ keV}$ .

1. Représenter le diagramme énergétique de ces électrons ; on précisera l'échelle utilisée.
2. Un électron incident ionise un atome de platine de l'anti-cathode en lui arrachant un de ses électrons K. Calculer l'énergie cinétique  $E_{CS}$  (en eV et en J) et la vitesse  $v$  de cet électron secondaire émis. On suppose le choc parfaitement élastique et l'électron émis non relativiste.
3. L'ionisation précédente est suivie d'un phénomène de fluorescence ; calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de la raie spectrale émise lorsque l'atome ionisé revient dans son état fondamental.
4. Au lieu de revenir dans son état fondamental, l'atome ionisé subit un réarrangement électronique ; quel nom donne-t-on à ce phénomène ?  
Calculer la longueur d'onde du photon émis au cours de la transition d'un électron de la couche M à la couche L.

### D. Pénétration du rayonnement dans la matière.

On considère des photons d'énergie 30 keV, émis par le tube, se propagent dans les tissus que l'on considérera en première approximation comme constitués d'eau de "numéro atomique" moyen égal à 8, et dont on rappelle que la masse volumique vaut  $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$ .

- 1.1. A l'aide du diagramme fourni ci-dessous, déterminer le type d'interaction que ce type de photons présente avec les tissus traversés.
- 1.2. Donner une description sommaire des trois types d'interactions évoquées sur ce schéma.



2. Le coefficient massique d'atténuation dans l'eau, pour ces photons, vaut  $0,45 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

2.1. Calculer le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

2.2. Calculer la couche de demi atténuation dans l'eau

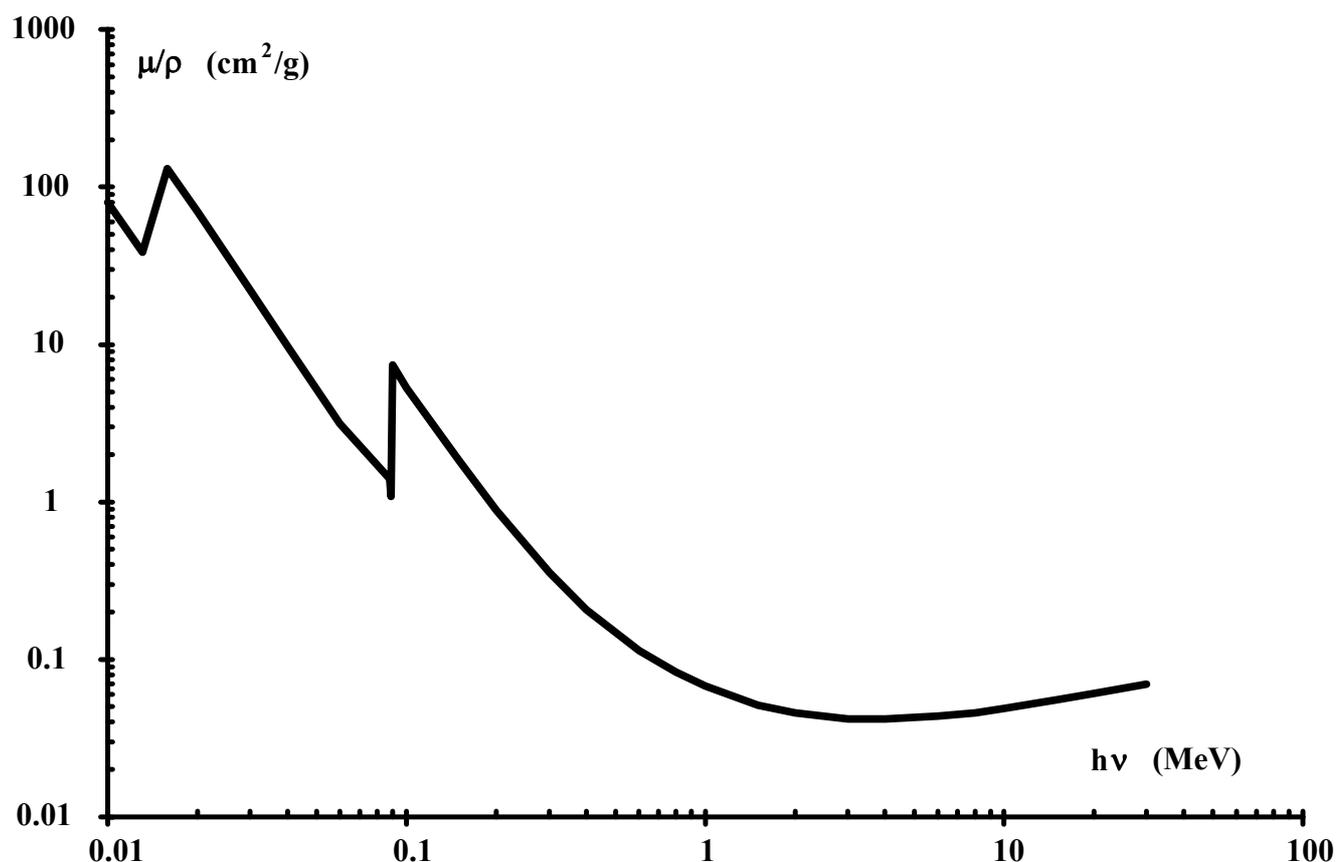
3. Le graphe ci-dessous, en **coordonnées logarithmiques**, donne l'évolution du coefficient massique d'atténuation pour le plomb, (en  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ). La masse volumique du plomb vaut  $11340 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

3.1. En exploitant le graphe, déterminer la valeur du coefficient massique d'atténuation du plomb pour des photons de 30 keV ; faire apparaître sur le graphe une trace de la mesure effectuée.

3.2. En déduire le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

3.3. Calculer l'épaisseur de la couche de déci transmission (l'intensité du faisceau est divisé par 10) pour le plomb, pour ces photons.

3.4. En déduire l'épaisseur de plomb nécessaire à la réduction de l'intensité du faisceau (pour ces photons) au millième de sa valeur.



	1	2	3	4	5.1	5.2	6	7	8	9	10	11	12	13	14
a															
b															
c															
d															