

# IMRT1 : DEVOIR 4 : 1112

Données :

nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \times 10^{23}$

constante de Planck :  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

célérité de la lumière :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

masse de l'électron ;  $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$

charge élémentaire :  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

chaleur massique du tungstène :  $C = 134 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Niveaux d'énergie du platine (simplifié)

$$E_K = -78,4 \text{ keV}$$

$$E_L \approx -12,9 \text{ keV}$$

$$E_M \approx -3,3 \text{ keV}$$

$$E_N \approx -2,6 \text{ keV}$$

Pour des photons de 60 keV : coefficient d'atténuation linéique de la chair  $\mu_V = 0,213 \text{ cm}^{-1}$ .  
coefficient d'atténuation linéique de l'os  $\mu_O = 0,519 \text{ cm}^{-1}$

## QCM : compléter le tableau réponse par F pour Faux et V pour Vrai

1. L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène vaut 13,6 eV

Dans le système MKSA, cette valeur devient :

A)  $1,6 \times 10^{-9}$

B)  $6,02 \times 10^{23}$

C) 0,082

D)  $9,1 \times 10^{-31}$

E)  $2,18 \times 10^{-18}$

2. Soit un rayonnement électromagnétique formé de photons d'énergie 150 keV.

La longueur d'onde du rayonnement vaut :

A) 15 nm

B) 8,27 pm

C) 8,27 nm

D)  $8,27 \times 10^{-12} \text{ m}$

E)  $2,28 \times 10^{-31} \text{ m}$

3. La masse de l'électron vaut :

A) 0,55 u

B)  $0,511 \text{ MeV} / c^2$

C)  $511 \text{ MeV} / c^2$

D) 0,00055 u

E)  $9,1 \times 10^{-34} \text{ g}$

4. On considère le nucléide noté  ${}^{235}_{92}\text{U}$  :

A) 235 est le nombre de neutrons

B) 92 est le nombre de protons

C) 235 est toujours le nombre d'électrons

D) 143 est le nombre de neutrons

E) 235 est le nombre de protons

5. Un électron accéléré par une différence de potentiel de 10 000 V

A) à une vitesse de  $3 \times 10^9 \text{ m.s}^{-1}$

B) a une énergie cinétique de 1,6 fJ

C) a une énergie totale de 521 keV

D) a une énergie totale inférieure à 0,511 MeV

E) doit être considéré comme relativiste

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>A</b>					
<b>B</b>					
<b>C</b>					
<b>D</b>					
<b>E</b>					

### Exercice : effet photoélectrique, électrons Auger, effet Compton.

1. *Un photon de longueur d'onde  $\lambda = 62,1 \text{ pm}$  interagit par effet photo électrique avec un atome de platine en arrachant un électron de la couche L.*

- 1.1. Calculer l'énergie du photon incident (en J et en eV).
- 1.2. Calculer l'énergie cinétique de l'électron émis (en eV et en J)
- 1.3. Calculer la vitesse de l'électron.
- 1.4. Ce photon peut-il interagir avec un électron de la couche K ? Justifier la réponse

2. *L'atome ionisé revient à son état fondamental en capturant un électron libre du métal.*

- 2.1. Calculer l'énergie (en eV et en J) puis la longueur d'onde du photon émis.
- 2.2 *Cette désexcitation se concrétise, pour certains atomes, par l'émission d'un électron "Auger" de type M.*
  - 2.2.1. Représenter cette situation sous forme d'un diagramme d'énergie (simplifié) commenté.
  - 2.2.2. Déterminer l'énergie cinétique (en eV) de cet électron "Auger".

3. *Un photon d'énergie  $h\nu = 20,0 \text{ keV}$  réagit par effet Compton avec un électron des couches périphériques du platine, que l'on considère comme non lié.*

*On rappelle la relation liant les longueurs d'onde du photon incident et du photon diffusé.*

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \varphi)$$

- 3.1. Calculer l'énergie du photon diffusé dans la direction perpendiculaire à celle du photon incident ( $\varphi = 90^\circ$ ).
- 3.2. En déduire l'énergie de l'électron Compton correspondant.

## Problème : rayons X , production et propagation dans la matière.

*On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de tungstène*

*Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel  $U_{AC} = V_A - V_C = 80 \text{ kV}$ . Ce tube est alimenté par un courant d'intensité  $i = 2,0 \text{ mA}$ , et son rendement est  $r = 1\%$ .*

### A. Échauffement de l'anode.

1. Calculer la puissance électrique  $P_E$  consommée par le tube, la puissance rayonnée  $P_R$  (sous forme de rayons X), la puissance transformée en chaleur  $P_J$ .
2. La masse de l'anode vaut  $m = 100,0\text{g}$ . Calculer l'élévation de température que subirait cet électrode au bout de 10 s en fonctionnement statique ; commenter.

### B. Caractéristiques du rayonnement de freinage

1. *L'énergie cinétique des électrons émis par la cathode vaut environ 5 eV* ; établir l'expression, puis calculer l'énergie cinétique  $E_C$  (en eV et en J) des électrons incidents quand ils atteignent l'anode.
  - 2.1. Donner le nom et décrire le phénomène physique responsable de la production des rayons X au voisinage de l'anode .
  - 2.2. Justifier l'expression et calculer l'énergie  $E_{\max}$  des photons les plus énergétiques émis par l'anode.
  - 2.3. On admet que les photons X les plus nombreux ont pour longueur d'onde  $\lambda = 4/3 \lambda_m$ . (où  $\lambda_m$  correspond à la longueur d'onde des photons les plus énergétiques) ; calculer l'énergie des photons les plus nombreux.

### C. Interactions des photons avec la matière.

1. 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.

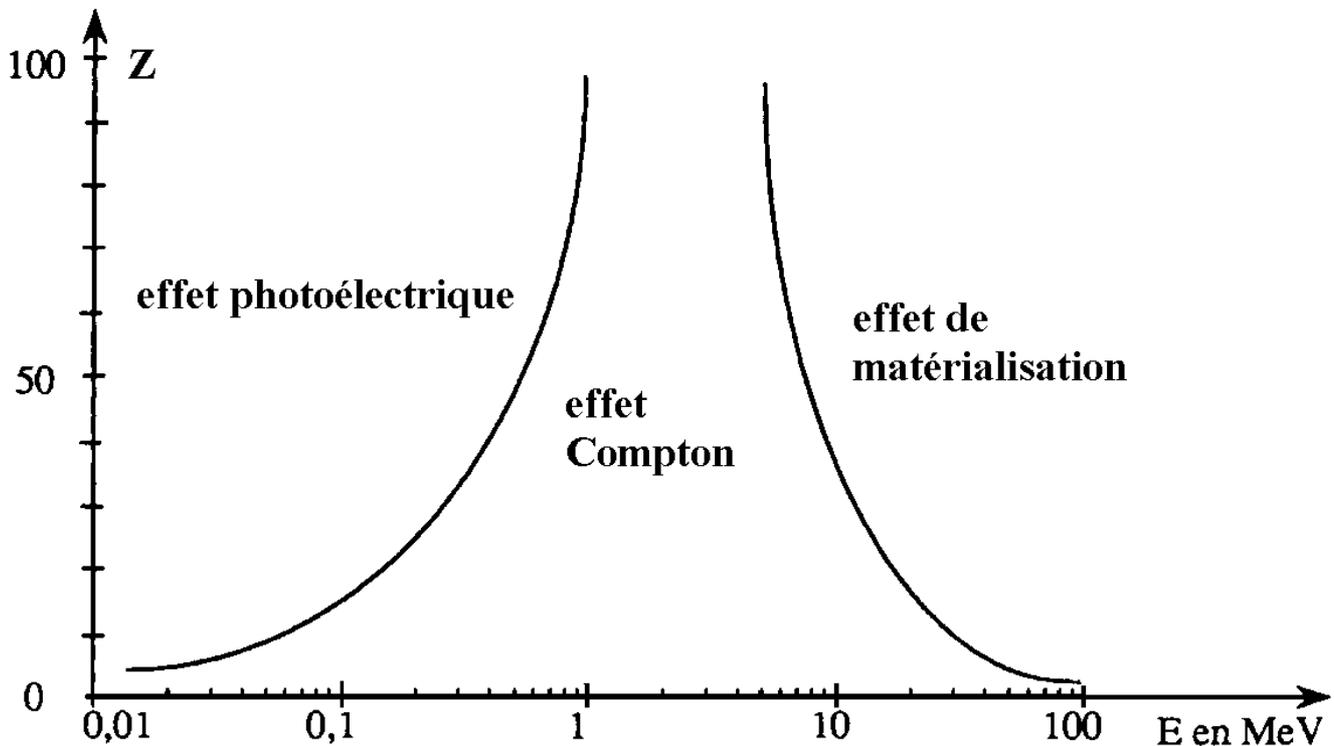
	eau	aluminium	cuivre	plomb
$\mu / \rho$ (.....)	0,210	0,278	.....	5,02
$\rho$ (g.cm <sup>-3</sup> )	.....	.....	8,92	11,3
$\mu$ (cm <sup>-1</sup> )	.....	0,751	14,2	56,7
CDA (mm)	.....	9,23	.....	.....
CDT (cm)	.....	.....	.....	.....

1.1. Compléter le tableau (8 réponses) ; attention aux nombres de chiffres significatifs et aux unités !

1.2. 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)

2. On considère un flux composés de photons d'énergie 60 keV, d'intensité 0,5 W.m<sup>-2</sup>.

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



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

2.3. On cherche à évaluer la qualité de la radiographie d'une fracture.

2.3.1. Calculer l'intensité du faisceau émergent lorsqu'il a traversé 4 cm de chair.

2.3.2. 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.

2.3.3. Conclure.