

Partie 1 : Questionnaire à choix multiple.

Chacune des propositions a, b, c, d,... contient une seule affirmation vraie. Recopier, sur votre copie, la lettre a, b, c ou d qui correspond pour chaque question à la proposition vraie. Justifier par les calculs numériques pour les questions 12 et 13.

1- L'effet photoélectrique est une interaction entre :

- a) un électron incident et un électron lié de l'atome cible.
- b) un photon incident et un électron lié de l'atome cible.
- c) un photon incident et un électron libre ou faiblement lié de l'atome cible.

2- Un photon incident X peut provoquer un effet photoélectrique,

- a) si son énergie est supérieure à l'énergie de liaison d'un électron K de l'atome cible.
- b) si son énergie est inférieure à l'énergie de liaison d'un électron K de l'atome cible.
- c) si son énergie est supérieure à l'énergie de liaison du noyau de l'atome cible.

3- La probabilité d'interaction par effet photoélectrique est plus grande si l'énergie du photon incident X est :

- a) voisine mais légèrement supérieure à l'énergie de liaison d'un électron K ou L de l'atome cible.
- b) égale à la différence des énergies de liaison $E_K - E_L$ des électrons de l'atome cible.
- c) voisine de l'énergie de liaison d'un électron externe de l'atome cible.
- d) voisine de l'énergie de liaison du noyau de l'atome cible.

4- Dans une diffusion simple de Thomson-Rayleigh, le photon incident est dévié

- a) sans changement de longueur d'onde.
- b) avec augmentation de sa longueur d'onde.
- c) avec diminution de sa longueur d'onde.

5- Lors de l'effet Compton, le photon incident :

- a) transfère toute son énergie à l'électron projeté si le choc est tangentiel.
- b) transfère toute son énergie à l'électron projeté si le choc est frontal.
- c) ne peut pas transférer toute son énergie à l'électron quel que soit le type de choc.

6- Lors de l'effet Compton,

- a) l'électron Compton est toujours projeté vers l'avant et le photon diffusé est toujours projeté vers l'arrière.
- b) l'électron Compton est toujours projeté vers l'arrière et le photon diffusé est toujours projeté vers l'avant.
- c) l'électron Compton est toujours projeté vers l'avant et le photon diffusé peut éventuellement être émis vers l'arrière.

7- Un électron Auger est :

- a) un photoélectron expulsé par effet photoélectrique.
- b) un électron provenant d'un effet de matérialisation.
- c) un électron expulsé après un réarrangement électronique.

8- Lors de l'effet de matérialisation, le photon incident se matérialise en donnant naissance :

- a) un électron et un positon, qui s'annihilent en formant deux photons diffusés de 0,511 MeV chacun.
- b) un électron et un proton, qui s'annihilent en formant deux photons diffusés de 0,511 MeV chacun.
- c) un électron et un positon; le positon se combine en fin de parcours à un électron du milieu et la réaction d'annihilation produit deux photons diffusés de 511 keV chacun.

9- L'effet de matérialisation se produit :

- a) pour des énergies supérieures à celles de l'effet Compton.
- b) pour des énergies inférieures à celles de l'effet photoélectrique.
- c) pour des énergies inférieures à 1,022 MeV.

10- Un écran d'épaisseur égale à 4 fois la CDA (couche de demi-atténuation) :

- a) laisse passer un photon sur 4.
- b) laisse passer un photon sur 16.
- c) absorbe un photon sur 16.

11- Le coefficient d'atténuation linéique d'un matériau dépend :

- a) de l'énergie des photons incidents et de la nature du matériau.
- b) uniquement de l'énergie des photons incidents.
- c) uniquement de la nature du matériau.

12- Une épaisseur de 1 cm de plomb est nécessaire pour réduire de 95 %, l'intensité d'un faisceau de photons de 0,25 MeV. Le coefficient d'atténuation linéique du plomb est :

- a) 3 cm^{-1}
- b) $0,5 \text{ mm}^{-1}$
- c) 5 mm^{-1}

13- La masse volumique du plomb est $11,3 \text{ g.cm}^{-3}$. Le coefficient d'atténuation massique du plomb pour des photons de 1 MeV est $6,84 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$.

La CDA du plomb pour ces photons est :

- a) 9 mm
- b) 10 cm
- c) $4,2 \times 10^{-3} \text{ cm}$

Partie 2 : Questions de cours et exercices.

Données :

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

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

Masse d'un proton : $m_p = 1,007276 \text{ u}$

Masse d'un noyau de cobalt 59 : $m_{Co} = 58,918388 \text{ u}$

Célérité de la lumière : $c = 2,997925 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

Masse d'un neutron : $m_n = 1,008665 \text{ u}$

Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} / c^2$

I. Physique nucléaire.

Le noyau d'un atome de cobalt est représenté par $^{59}_{27}\text{Co}$.

1. Donner la constitution de ce noyau. Combien y a-t-il d'électrons dans l'atome ?
2. Exprimer et calculer le défaut de masse du noyau de cobalt en unité de masse atomique.
3.
 - a) Définir l'énergie de liaison d'un noyau.
 - b) La calculer en MeV pour le noyau de cobalt.
 - c) En déduire l'énergie de liaison par nucléon.

II. Rayonnement γ .

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.

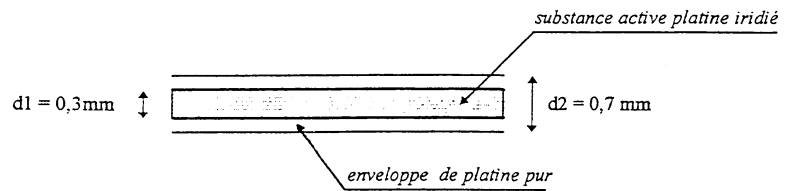
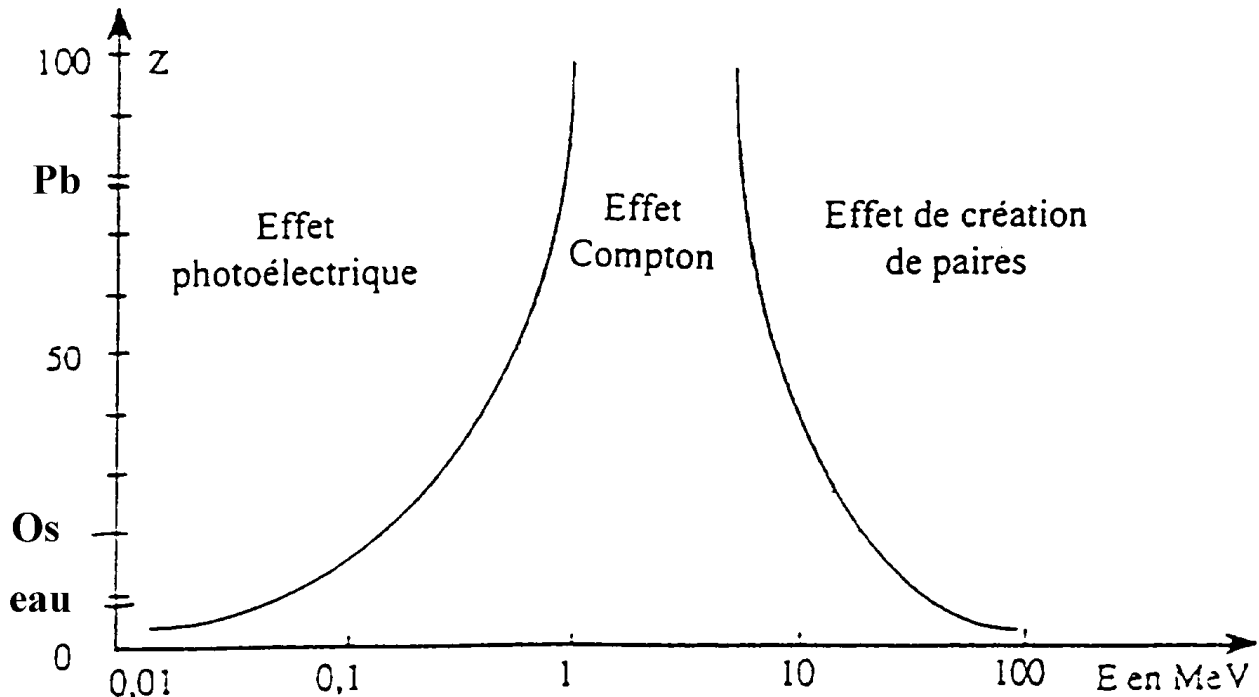


Fig-1

On peut le considérer comme une source de rayons γ de 0,317 MeV.

Pour le traitement d'une tumeur, on utilise une source formée de 3 fils identiques de 8 mm de longueur.

Les réponses aux questions se font par exploitation de la courbe fig (2)



1. Quel est le type d'interaction prépondérant sachant que la tumeur soignée est de type tissus mous (constituée essentiellement d'eau) ? Justifier.
2. Définir brièvement les trois effets qui apparaissent sur la figure.
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 $\rho = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; calculer l'épaisseur traversée correspondant à l'absorption de 70 % du rayonnement.

III. Production de 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 $r = 1\%$.

1. Calculer la puissance électrique P_E consommée par le tube, la puissance rayonnée P_R (rayons X) et la puissance transformée en chaleur P_J .
2. Calculer l'énergie cinétique E_C (en eV) des électrons incidents quand ils atteignent l'anti-cathode.
3. En déduire la longueur d'onde minimum λ_0 du spectre continu obtenu par freinage des électrons.