

SERIE 4 : interaction Rayonnements- Matière

QCM 1 : répondez par vrai ou faux (justifier votre réponse)

1. La différence entre un rayonnement ionisant et non ionisant est l'énergie électromagnétique qui provoque l'ionisation des atomes constituant la matière
2. les interactions des rayonnements chargés avec la matière sont indirectement ionisantes.
3. les interactions des rayonnements non chargés avec la matière sont directement ionisantes.
4. Le phénomène d'atténuation est présent lors de l'interaction des rayons X et/ou γ avec un matériau, elle dépend seulement de l'épaisseur de ce matériau.
5. coefficient d'atténuation linéaire μ dépend de l'énergie du rayonnement incident et de la nature du matériau traversé
6. le coefficient d'atténuation massique n'a aucune relation avec la masse volumique
7. La loi en inverse carré est $I_0 = I/d^2$ avec I_0 intensité au point de référence.
8. La CDA est la masse nécessaire pour atténuer de moitié le nombre de photons incidents.
9. Lors de l'interaction par effet photoélectrique on néglige l'énergie de liaison des électrons.
10. l'expulsion d'un électron par effet photoélectrique s'appelle Auger
11. le coefficient d'atténuation massique par l'effet photoélectrique est donné par la relation de Bragg et Pièce : $\frac{\tau}{\rho} = K \frac{Z^3}{E^3}$
12. lors de l'interaction par l'effet Compton, on peut négliger les énergies de liaison des électrons
13. Dans le cas d'un choc tangentiel, l'électron Compton est rétrodiffusé.
14. L'électron Compton est toujours émis entre 0 et 90°.
15. Le photon diffusé n'a jamais la direction du photon incident.
16. Le coefficient d'atténuation massique ($\frac{\sigma}{\rho}$) par effet Compton ne dépend que de l'énergie de rayonnement.
17. Il peut y avoir effet de création de paire quelle que soit l'énergie de rayonnement.
18. Lors de la réaction d'annihilation entre un positon et un électron, il y a émission de deux rayonnements γ à 90° l'un de l'autre chacun a une énergie de 0.511 MeV.
19. le coefficient d'atténuation massique par l'effet de matérialisation (π/ρ) augmente avec le Z du milieu et lentement avec l'énergie incidente E_i
20. L'effet photoélectrique est prédominant à basse énergie, l'effet Compton est prépondérant pour les énergies intermédiaires et la matérialisation est le processus dominant pour les rayonnements d'énergie supérieure à quelques MeV.
21. Le coefficient d'atténuation globale est la somme des coefficients liés à chaque interaction $\mu = \tau + \sigma + \pi$

Exercice 1 :

Le coefficient d'absorption linéique du Plomb est de $0,79 \text{ cm}^{-1}$ pour des photons de 1 MeV.

- 1- Quelle est la longueur des photons de 1 MeV ? De quel type de photons s'agit-il ?
- 2- Calculer la couche de demi-atténuation du plomb pour ces photons.
- 3- Quelle est l'épaisseur nécessaire pour atténuer le faisceau d'un facteur de 1000 ?
- 4- Est-il possible d'arrêter totalement le faisceau incident ?

Exercice 2 :

Sachant que les tabliers plombés d'épaisseur 0.25 mm utilisés dans les services de médecine nucléaire atténuent de 40% les rayonnements γ de 140 keV émis par une source de technétium métastable.

- 1- Calculer en cm^{-1} le coefficient linéique d'atténuation du matériau utilisé pour confectionner ces tabliers.
- 2- Quelle serait l'épaisseur en mm du même matériau nécessaire pour atténuer de 90% le rayonnement incident ?

Exercice 3 :

Un filtre de cuivre de 1mm d'épaisseur placé sur la fenêtre d'un tube à rayons X transmet 70% des photons d'énergie 100 keV et 10% des photons d'énergie 50 keV.

- 1- Donner en cm la couche de demi-atténuation (CDA) correspondant à chaque énergie.
- 2- Calculer en $\text{cm}^2 \times \text{g}^{-1}$ les coefficients d'atténuation massiques correspondants, sachant que la masse volumique du cuivre est $8.9 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$

Exercice 4 :

Au cours d'une radiographie d'un membre par des rayons X de 80 keV en moyenne, on a pu vérifier que 2 cm d'os arrêtent 90% du faisceau par effet photoélectrique.

- 1- Sachant que $\rho_{\text{os}} = 1.8 \text{ g} \times \text{cm}^3$. Calculer en $\text{cm}^2 \times \text{g}^{-1}$ le coefficient d'atténuation massique τ/ρ de l'os.
- 2- Sachant que le Z moyen = 13.8 pour l'os et que Z moyen = 7.42 pour le muscle, en déduire le τ/ρ du muscle.

Exercice 5 :

Pour réaliser une mammographie, on utilise des rayons X d'énergie $E = 20\text{KeV}$. On sait que 3 cm de tissu mammaire arrêtent 78% de ces photons par effet photo-électrique.

- 1- Calculer τ , coefficient d'atténuation par effet photo-électrique du tissu mammaire pour ces photons.
- 2- Le coefficient d'atténuation global de ce tissu pour ces photons est $\mu_{\text{tissu}} = 0,71 \text{ cm}^{-1}$. Calculer σ_c , coefficient d'atténuation par effet-Compton de ce tissu pour ces photons.

Exercice corrigé :

1. Quelle est la valeur du coefficient d'atténuation massique μ_m de l'aluminium sachant que le coefficient d'atténuation linéaire μ est égal à $8,1 \text{ cm}^{-1}$ pour des photons d'énergie donnée $E = 20 \text{ keV}$. On donne la densité de l'aluminium $d = 2,7$.

Un écran de ce même métal de dimension $5 \times 10 \text{ cm}^2$ pèse 13,5g un détecteur, dont la fenêtre est précédée de cet écran, mesure un flux de 2200 photons/seconde/ cm^2 , photons d'énergie 20 keV.

2. Quel est le flux incident de photons venant frapper l'écran.

On donne $\text{Ln}(2,2) = 0,8$; $\text{Ln}(5) = 1,61$

Correction :

1. la valeur du coefficient d'atténuation massique μ_m est : $\mu_m = \mu/\rho$

$$\rho = d \times \rho_{\text{eau}}$$

$$\rho = 2.7 \times 1 \text{ g/cm}^3 = 2.7 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_m = \mu/\rho = 8.1/2.7 = 3 \text{ cm}^2/\text{g}$$

2. surface = $5 \times 10 \text{ cm}^2 = 50 \text{ cm}^2$, masse = 13.5 g, donc la masse par unité de surface du matériau considéré est $m = 13.5/50 = 0.27 \text{ g/cm}^2$

le flux de photon incident N_0 venant frapper l'écran on

$$N = N_0 e^{-\mu_m \times m}, \text{ ou } N = 2200 \text{ photons/seconde/cm}^2$$

$$N_0 = N / e^{-\mu_m \times m} = 2200 / e^{-(3 \times 0.27)} = 4945.40 \text{ photons/seconde/cm}^2$$