

TD N°7 DU MODULE DE PHYSIQUE
(Atténuation des REM — Interaction RP-matière)

Questions: Cocher la ou les réponses correctes.

- Q1)** Le plomb a une CDA de 0,2cm.
a) Pour une épaisseur de 2mm de plomb, la totalité du faisceau de photons sera atténuée
☐ b) Pour une épaisseur de 2cm, la totalité du faisceau de photon sera atténuée
c) 2 CDA suffisent à atténuer la totalité du faisceau
☐ d) 0,6 cm de plomb atténueront 87,5% des photons
e) a,b,c,d sont faux
- Q2)** ☐ a) Les particules chargées ont des interactions aléatoires avec la matière.
☐ b) Les particules chargées lourdes sont directement ionisantes.
c) Les particules chargées légères sont indirectement ionisantes.
d) Une particule chargée donnée ne peut interagir qu'avec un seul électron.
☐ e) Une particule chargée peut interagir avec plusieurs électrons.
- Q3) :** a) Le TLE caractérise l'interaction des rayonnements ionisants avec la matière.
☐ b) Plus le TLE est élevé et plus la particule est nocive.
c) Dans l'air, on a $DLI = 34 \times TLE$ où la DLI est la densité linéique d'ionisation.
d) Le TLE est indépendant de l'énergie moyenne transférée pour chaque ionisation.
☐ e) Plus le TLE est élevé et plus la quantité d'énergie cédée par unité de distance est grande.
- Q4) :** Les particules suivantes ont un pic de Bragg :
☐ a) Alpha
b) Electrons
c) Positons
☐ d) Ion d'hydrogène
☐ e) Ion de carbone
- Q5) :** 1) Le coefficient linéique d'atténuation dépend uniquement du matériau cible.
2) La trajectoire des électrons est une ligne brisée.
3) Les particules α ont des trajectoires sinueuses dans la matière.
4) Le coefficient linéique d'atténuation dépend de l'énergie du photon incident.
5) Le coefficient linéique d'atténuation permet de calculer la couche de demi-atténuation.
a) 1,4,5 b) 1,2,5 c) 3,2,4 ☐ d) 2,4,5 e) Aucune réponse

Q 6:

$$\mu_A = 0,06 \text{ mm}^{-1}, \quad \mu_B = 0,131 \text{ mm}^{-1}, \quad b = 8 \text{ mm}$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu_A \cdot x} = e^{-\mu_B \cdot b} \Rightarrow \mu_A \cdot x = \mu_B \cdot b$$

$$\Rightarrow x = \frac{\mu_B}{\mu_A} \cdot b = \frac{0,131}{0,06} \times 8 = 17,47 \text{ mm}$$

Q7:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{1000} = e^{-\mu \cdot x} = e^{-\frac{\ln 2}{CDA} \cdot x}$$

$$\Rightarrow e^{\frac{\ln 2}{CDA} \cdot x} = 1000 \Rightarrow x = \frac{\ln 1000}{\ln 2} \cdot CDA \approx 10 \cdot C.D.A$$

Q8:

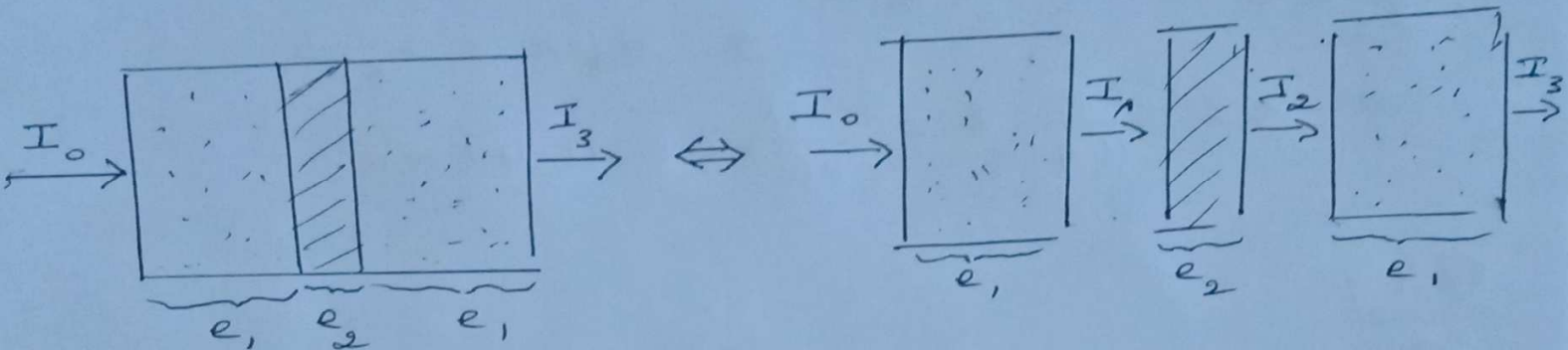
$$x = 1,5 \text{ cm}, \quad \frac{I_0 - I}{I_0} = 60\% = 0,6 \Rightarrow 1 - \frac{I}{I_0} = 0,6$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_0} = 0,4 = e^{-\mu \cdot x}$$

$$\Rightarrow -\mu \cdot x = \ln(0,4) \Rightarrow \mu = \frac{-\ln(0,4)}{x} = 0,61 \text{ cm}^{-1}$$

Q9: suite de Q8:

$$\text{On a : } e_1 = 5 \text{ cm}, \quad e_2 = 25 \text{ mm}, \quad \mu_1 = 0,61 \text{ cm}^{-1}$$



Donc :

$$I_1 = I_0 e^{-\mu_1 \cdot e_1}, \quad I_2 = I_1 e^{-\frac{\ln 2}{CDA} \cdot e_2}, \quad I_3 = I_2 e^{-\mu_1 \cdot e_1}$$

$$\Rightarrow I_3 = I_0 e^{-(2\mu_1 \cdot e_1) - \frac{\ln 2}{CDA} \cdot e_2}$$

$$\frac{I_3}{I_0} = e^{-(2\mu_1 \cdot e_1) - \frac{\ln 2}{CDA} \cdot e_2} = e^{-(2 \times 0,61 \times 5) - \frac{\ln 2}{0,25} \cdot 0,25} =$$

$$\Rightarrow \frac{I_0 - I_3}{I_0} = 1 - \frac{I_3}{I_0} = 99,83\%$$

Exercice N°1 :

Un faisceau de photons parallèles monochromatiques d'énergie 90 KeV traverse 7 mm d'un milieu inconnu. On sait que le flux énergétique avant la traversée était de 120 W et qu'il est de 30 W après traversée. Des études poussées ont permis de montrer qu'un photon absorbé sur 8 interagit par effet Compton.

1) Calculer la CDA de ce matériau.

2) Calculer le coefficient linéique d'atténuation par effet photoélectrique et par effet Compton.

Solution :

$$1) \frac{I}{I_0} = e^{-\mu x} = \frac{30}{120} = 0,25 \Rightarrow \mu = \frac{-\ln(0,25)}{x} = 0,198 \text{ mm}^{-1}$$

$$CDA = \frac{\ln(2)}{\mu} = 3,5 \text{ mm}$$

$$2) \left. \begin{aligned} \mu &= \mu_C + \mu_{ph} = 0,198 \text{ mm}^{-1} \\ \mu_C &= \frac{1}{8} \mu \text{ et } \mu_{ph} = \frac{7}{8} \mu \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} \mu_{ph} = 0,17325 \text{ mm}^{-1} \\ \mu_C = 0,02475 \text{ mm}^{-1} \end{cases}$$

Exercice N°2 :

Le zinc (de densité $d=7$) présente un coefficient massique d'atténuation de $0,05 \text{ cm}^2/\text{g}$ pour des photons d'énergie 1MeV.

1) Calculer le coefficient linéique d'atténuation du zinc et en déduire la CDA.

2) Que devient ce flux quand le faisceau traverse un écran de 4 mm d'épaisseur de zinc.

3) Quelle est l'énergie de chaque photon émergent après la traversée de l'écran ?

4) Quelle est la masse surfacique de cet écran

5) Comment avec cet écran, pourrait-on observer un affaiblissement de 15/16 du faisceau incident.

On considère un alliage de cuivre et d'aluminium (70% en volume de Cu et 30 % en volume d'Al). Dans cet alliage, on fabrique un écran que l'on interpose devant un faisceau de photons monochromatiques d'énergie $E=100 \text{ keV}$. Pour les photons de cette énergie E , le coefficient d'atténuation linéaire du Cu est $\mu_{cu}=4,5 \text{ cm}^{-1}$ et celui de Al est $\mu_{AL}=0,5 \text{ cm}^{-1}$.

6) Dans quelle proportion le flux de photons diminue-t-il après son passage à travers l'écran d'épaisseur 1,4 cm ?

Solution :

$$1) \mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu}{d \cdot \rho_{eau}} \Rightarrow \mu = \mu_m \cdot d \cdot \rho_{eau} = 0,05 \times 7 \times 1 = 0,35 \text{ cm}^{-1}$$

$$CDA = \frac{\ln 2}{\mu} = 1,98 \text{ cm}$$

$$2) \frac{I}{I_0} = e^{-\mu x} = e^{-0,35 \times 0,4} \approx 0,87. \text{ La transmission est d'environ } 87\%$$

3) L'énergie de **chaque photon** émergent ne change pas, elle est de 1 MeV.

4) On appelle masse surfacique le produit $\rho \times x = 7 \times 0,4 = 2,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$.

5) $\frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot x'} = \frac{1}{16}$ tel que $x' = \frac{x}{\cos \theta}$ et θ représente l'angle avec lequel il faut incliner l'écran pour avoir l'affaiblissement demandé $\frac{15}{16}$ soit une transmission de $\frac{1}{16}$.

$$x' = \frac{-\ln(0,0625)}{\mu} = 7,92 \text{ cm} \quad \text{d'où } \cos \theta = \frac{x}{x'} = \frac{0,4}{7,92} = 0,05 \Rightarrow \theta = 87,1^\circ$$

6) On pose $\alpha=0,7$ et $\beta=0,3$ les pourcentages respectifs du cuivre et de l'aluminium dans l'alliage.

$$\frac{I}{I_0} = e^{-(\alpha\mu_{\text{Cu}} + \beta\mu_{\text{Al}}) \cdot x} = e^{-(0,7 \times 4,5 + 0,3 \times 0,5) \times 1,4} = 0,0368 = 3,68 \%$$

Par conséquent, la diminution du flux de photons est de $(100 - 3,68)\% = 96,32 \%$

Exercice N°3 :

Une particule α d'énergie cinétique 2 MeV a un parcours moyen de $3 \mu\text{m}$ dans un tissu biologique dont l'énergie moyenne par ionisation est $\omega = 33 \text{ eV}$.

- 1) Calculer le TLE de cette particule.
- 2) Combien de paires d'ions ont été créées sur ce parcours ?
- 3) Déterminer, pour la même particule, le TLE dans un autre tissu biologique de masse volumique $\rho_2 = 1,3 \text{ g/cm}^3$ si on suppose que la masse volumique du premier est de $\rho_1 = 1 \text{ g/cm}^3$

Solution :

$$1) \quad TLE = \frac{E}{L} = \frac{2 \times 10^3}{3} = 666,66 \text{ KeV} / \mu\text{m}$$

$$2) \quad I_t = \frac{E}{\omega} = \frac{2 \times 10^6}{33} = 6,06 \times 10^4 \text{ PI}$$

$$3) \quad \frac{TLE_1}{\rho_1} = \frac{TLE_2}{\rho_2} \Rightarrow TLE_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times TLE_1 = 866,658 \text{ KeV} / \mu\text{m}$$

Exercice N°4 :

Une particule d'énergie 5 MeV a un parcours dans l'eau $L = 50 \text{ mm}$. L'énergie moyenne d'ionisation dans l'eau est $\omega = 32 \text{ eV}$.

- 1) Calculer La DLI de cette particule dans l'eau (en ionisations/mm)
- 2) Déterminer le nombre total I_t d'ionisations créées par cette particule.

Solution :

$$1) \quad DLI = \frac{TLE}{\omega} = \frac{E}{L \times \omega} = \frac{5 \times 10^6}{50 \times 32} = 3125 \text{ PI/mm}$$

$$2) \quad I_t = \frac{E}{\omega} = DLI \times L = 156,25 \times 10^3 \text{ PI}$$