

Enseignements dirigés
(8e semaine)

1) On considère un faisceau collimaté monoénergétique de photons γ de 1 MeV.

a) On désire atténuer de 15,2% ce faisceau à l'aide de différents matériaux.

En complétant le tableau suivant, calculer l'épaisseur x en cm qui permet d'obtenir cette atténuation :

	μ/ρ (cm ² /g)	ρ (g.cm ⁻³)	x (cm)	CDA (cm)
plomb	0,0704	11,34		
eau	0,0706	1		
air	0,0635	1,293.10 ⁻³		
béton	0,0635	2,35		

b) De même calculer la CDA pour chaque élément pour la même énergie.

c) Combien faut-il de CDA de chaque matériau pour réduire l'intensité du faisceau au 1/1000, au 1/10⁶ de sa valeur ?

2) Un faisceau de photons d'énergie $E_1 = h\nu_1 = 50 \text{ keV}$ traverse une lame d'épaisseur x telle que la fraction transmise du faisceau soit égale à $\frac{1}{2}$.

Un faisceau de photons d'énergie $E_2 = h\nu_2 = 100 \text{ keV}$ arrive sur la même lame.

En admettant que les interactions produites dans ces 2 cas soient uniquement de l'effet photoélectrique, quelle est la fraction transmise du faisceau dans le 2^e cas ?

Cocher la proposition vraie :

- A. 1/4
- B. 1/8
- C. 1/16
- D. 1/32
- E. Autre réponse

3) Un faisceau de photon comportant 40% de photons d'énergie $E_1 = 140 \text{ KeV}$ et 60% de photons d'énergie $E_2 = 60 \text{ KeV}$ aborde une lame d'aluminium d'épaisseur 1mm.

a) Quelle est le rapport $\mathcal{E}_1/\mathcal{E}_2$ des énergies de chacun des faisceaux de photons après traversée de la lame.

- A - 0,58 ; B - 0,94 ; C - 1,25 ; D - 1,46 E - Autre réponse

b) Quelle épaisseur de lame, en cm, faudrait-il interposer pour que ce rapport ait pour valeur 5 ? A - 0,4 ; B - 0,6 ; C - 4 ; D - 6 ; E - Autre réponse

On prendra : $\mu_{Al} = 3,5 \text{ cm}^{-1}$ pour les photons de 140KeV

$\mu_{Al} = 6,93 \text{ cm}^{-1}$ pour les photons de 60KeV

4) Le flux d'un faisceau de RX d'énergie 100KeV est de 10^5 photons/s.

Que devient ce flux après avoir traversé successivement

- 30cm de muscle de coefficient d'atténuation linéaire $\mu = 0,38 \text{ cm}^{-1}$;
- 5cm d'os de $\mu = 1,90 \text{ cm}^{-1}$;
- 50 cm d'air tel que $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{air} = 1,155 \text{ cm}^2 / \text{g}$, 1 litre d'air pèse 1,293 g.

A - $5,7 \cdot 10^{-2}$ photons/s ; B - $7 \cdot 10^{-3}$ photons/s ; C - $7,7 \cdot 10^{-5}$ photons/s

D - $6,7 \cdot 10^{-7}$ photons/s ; E - $8,5 \cdot 10^{-8}$ photons/s

5) On interpose sur le trajet d'un faisceau de photons γ de 2 MeV une épaisseur de plomb et on analyse par spectrométrie le faisceau émergent. De quels photons peut-il se composer? Donner l'allure du spectre théorique.

6) Un faisceau de photon de 1 MeV arrive sur une épaisseur de plomb de 2cm.

a) Quelle est la fraction de l'énergie atténuée par le métal

b) Quelle est la fraction de l'énergie absorbée par le métal.

c) Que représente la différence entre ces deux fractions énergétiques.

On donne les coefficient globaux d'atténuation massique du plomb pour les photons de 1 MeV: $\tau/\rho = 0,00048 \text{ m}^2/\text{Kg}$ $\sigma_a/\rho = 0,0022 \text{ m}^2/\text{Kg}$ $\sigma_d/\rho = 0,004 \text{ m}^2/\text{Kg}$ $\rho(\text{Pb}) = 11,34 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$.

TD N°8

1)

Pour une fraction atténuée égale à 15,2 %, la fraction non atténuée (I/I_0) est égale à 84,8 %.

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x}$$

$$\text{Soit : } x = \frac{-\ln I/I_0}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)\rho}$$

$$\text{CDA} = \ln 2 / \mu = \frac{\ln 2}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)\rho}$$

	x	CDA
plomb	0,21 cm	0,866 cm
eau	2,34 cm	9,82 cm
air	20,09 m	84,53 m
béton	1,11 cm	4,65 cm

c)

$$- 1000 \approx 2^{10}$$

$$n = 10 \text{ CDA}$$

$$- \frac{1}{10^6} = \frac{1}{(10^3)^2} \sim \frac{1}{(2^{10})^2} = \frac{1}{2^{20}}$$

$$n = 20$$

2)

$$\frac{\mu_1}{\rho} = \frac{\tau_1}{\rho} = C \frac{Z^3}{h \nu^3} \quad \text{et} \quad \frac{\mu_2}{\rho} = \frac{\tau_2}{\rho} = C \frac{Z^3}{E_2^3}$$

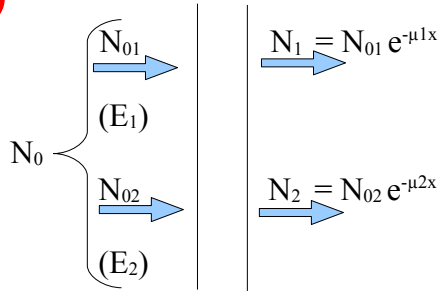
$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{E_1^3}{E_2^3} = \left(\frac{50}{100}\right)^3 = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$$

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{8}$$

$$\left(\frac{I}{I_0}\right) = e^{-\mu_2 x} = e^{-\frac{\mu_1 x}{8}} = \left(e^{-\mu_1 x}\right)^{\frac{1}{8}} = \frac{1}{2^{\frac{1}{8}}} \quad \text{Réponse E}$$

3)

a)



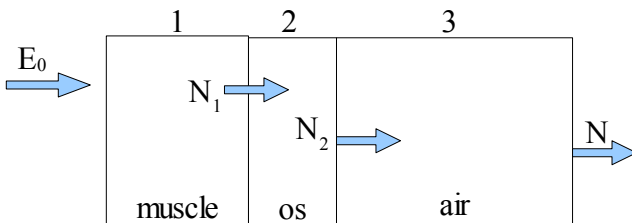
$$\mathcal{E}_1/\mathcal{E}_2 = \frac{N_1 \cdot E_1}{N_2 \cdot E_2} = \frac{0,4 N_0 e^{-\mu_1 x} \cdot E_1}{0,6 N_0 e^{-\mu_2 x} \cdot E_2} = \frac{0,4}{0,6} \times \frac{140}{60} e^{-(\mu_1 - \mu_2)x} = \frac{0,4}{0,6} \times \frac{140}{60} e^{-(3,5 - 6,93)0,1} = 2,19 \quad \text{Réponse E}$$

b)

$$\mathcal{E}_1/\mathcal{E}_2 = 5 = \frac{0,4}{0,6} \times \frac{140}{60} \times e^{-(3,5 - 6,93)x}$$

$$x = 0,39 \text{ cm} \quad \text{Réponse A}$$

4)



$$N_0 = 10^5 \text{ ph/s}$$

$$\frac{N}{N_0} = \frac{N}{N_2} \times \frac{N_2}{N_1} \times \frac{N_1}{N_0} = e^{-\mu_3 x_3} \times e^{-\mu_2 x_2} \times e^{-\mu_1 x_1}$$

$$N = 10^5 e^{-(0,38 \times 30 + 1,9 \times 5 + 1,155 \times 1,293 \times 10^{-3} \times 50)}$$

$$N = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ ph/s}$$

5)

Il peut se composer de photons :

- d'annihilation (511 keV)
- de fluorescence,
- directs,
- diffusés compton (spectre continu)

6)

$$\text{a) Fraction atténuée} = 1 - \left(\frac{I}{I_0}\right) = 1 - e^{-\frac{\mu}{\rho} \rho x}$$

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\sigma_a}{\rho} + \frac{\sigma_d}{\rho} = 0,0067 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\text{fraction atténuée} = 0,78 \text{ (78\%)}$$

$$\text{b) fraction absorbée} = 1 - e^{-\frac{\mu_a}{\rho} \rho x}$$

$$\frac{\mu_a}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\sigma_a}{\rho}$$

$$\text{fraction absorbée} = 1 - e^{-(0,00048 + 0,0022) \times 11,34 \times 10^3 \times 0,02} = 0,46 \text{ (46\%)}$$

c) la différence représente la fraction diffusée de l'énergie.