

IMRT3 : DEVOIR 4 : 0910

Données :

nombre d'Avogadro : $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

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

masse du proton : $m_P = 1,007 82 \text{ u}$

unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$

masse de l'électron : $m_e = 5,48 \times 10^{-4} \text{ u} = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$

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

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

masse du neutron : $m_N = 1,008 66 \text{ u}$

Q1 : QCM: compléter le tableau par V pour Vrai et F pour Faux (fin du sujet)

données spécifiques au QCM :

	masse volumique (kg.m^{-3})	célérité (m.s^{-1})	impédance acoustique (rayl)
eau	$1,00 \times 10^3$	$1,48 \times 10^3$	$1,48 \times 10^6$
muscle	$1,07 \times 10^3$	$1,55 \times 10^3$	
graisse	$0,92 \times 10^3$	$1,45 \times 10^3$	

1. Une onde acoustique :

- se propage à la célérité $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ dans l'air.
- ne se propage pas dans le vide.
- se propage plus vite dans l'eau que dans l'air.
- a une célérité qui augmente quand la fréquence de l'onde augmente.

2. Une onde sinusoïdale ultrasonore de fréquence $f = 1,0 \text{ MHz}$ de célérité $c = 340 \text{ m/s}$

- a une longueur d'onde de $0,34 \text{ mm}$.
- a une longueur d'onde de 300 m .
- a une longueur d'onde de $3,3 \text{ mm}$.
- a une longueur d'onde de $0,34 \text{ m}$.

3. L'impédance acoustique d'un milieu :

- dépend de la fréquence de l'onde sonore qui s'y propage.
- est plus importante dans les solides que dans les gaz.
- peut s'exprimer en $\text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$.
- peut s'exprimer en N.m^{-1} .

4. Une onde acoustique de fréquence $f = 5,6 \text{ MHz}$ se propage de la graisse vers le muscle.

- l'impédance du muscle vaut $Z = 0,69 \times 10^3 \text{ rayl}$.
- l'impédance de la graisse vaut $Z = 1,33 \times 10^6 \text{ rayl}$.
- le coefficient de réflexion, en incidence normale, de l'interface muscle/graisse vaut $0,012$.
- le coefficient de transmission, en incidence normale, de l'interface muscle/graisse vaut $0,25$.

5. Une onde acoustique de fréquence $f = 5,6 \text{ MHz}$ se propage de la graisse vers le muscle.

La sonde, appliquée sur la peau envoie une impulsion dans un milieu constitué de $1,2 \text{ cm}$ de graisse, puis de $2,0 \text{ cm}$ de muscle, puis de $1,2 \text{ cm}$ de graisse (l'épaisseur de la peau est négligée). On observe une succession d'échos notés E1, E2, E3, E4 ...etc ; l'écho E1 correspond à la réflexion du signal sur la peau.

- dans ce cas, il est indispensable d'intercaler du gel entre la sonde et la peau pour observer ces échos.
- la durée séparant les réceptions de E1 et E2 vaut $8,3 \mu\text{s}$.
- la durée séparant les réceptions de E2 et E3 vaut $25,8 \mu\text{s}$.
- la durée séparant les réceptions de E1 et E4 vaut $34,1 \mu\text{s}$.

6. Deux sources sonores identiques émettent simultanément avec une intensité sonore de 40 dB chacune. Le son résultant a une intensité de :
- a. 80 dB b. 50 dB c. 43 dB d. 42 dB.
7. Une onde acoustique se propage dans un milieu d'épaisseur x :
- a. l'atténuation est plus grande quand la fréquence du son est grande.
 b. l'atténuation est indépendante de la fréquence.
 c. si l'épaisseur est multipliée par 2, l'énergie transmise est divisée par 2.
 d. l'épaisseur pour laquelle l'énergie transmise est divisée par 2 est indépendante de la fréquence.
8. Le coefficient d'atténuation linéique des ultrasons, pour une fréquence de 1,0 MHz, dans le muscle vaut $\mu = 26,2 \text{ m}^{-1}$
- a. après une traversée de 2,6 cm de muscle, l'intensité du faisceau est divisée par 2.
 b. après une traversée de 5,3 cm de muscle, le signal est atténué de 6 dB.
 c. après une traversée de 3,8 cm de muscle, l'intensité du faisceau est divisée par 2.
 d. le coefficient d'atténuation du faisceau est de $1,14 \text{ dB.cm}^{-1}$.

Q2 : Production de rayons X par un tube de Coolidge.

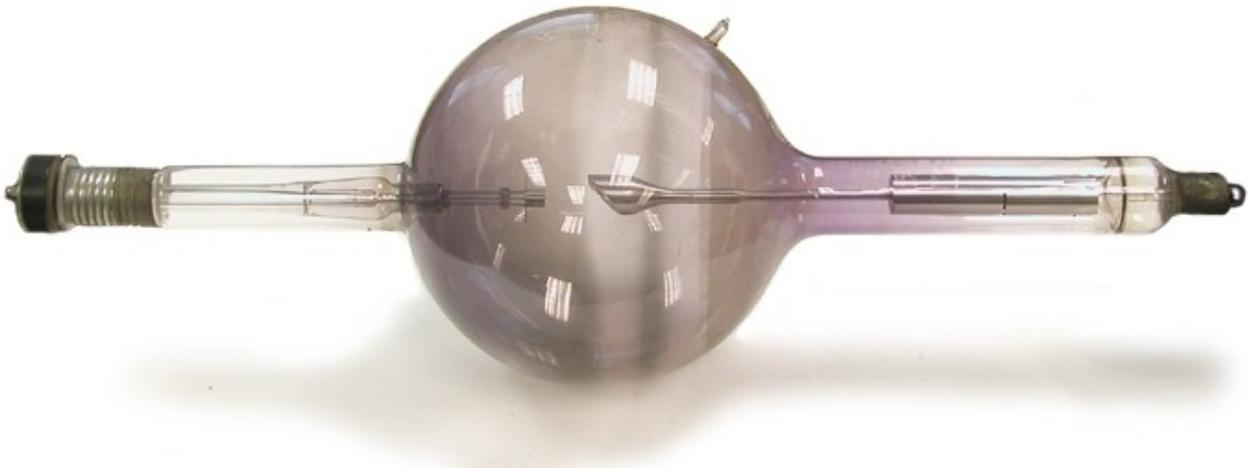
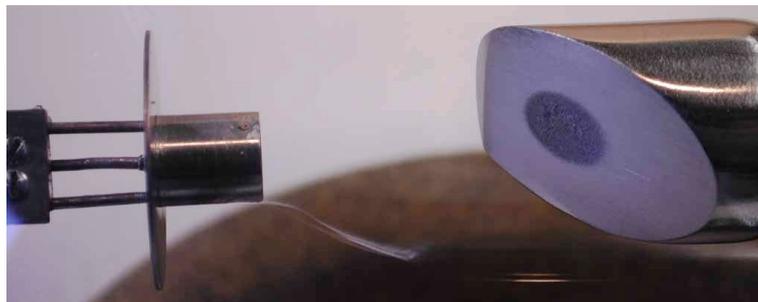


figure 1 ▲

figure 2 ►



Données spécifiques à Q2:

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

Niveaux d'énergie interne du tungstène.

$E_K = -69,5 \text{ keV}$

$E_L = -12,09 \text{ keV} ; -11,54 \text{ keV} ; -10,20 \text{ keV}$

$E_M \approx -2,4 \text{ keV}$

Un tube de Coolidge à anode de tungstène est alimenté sous une tension $U_{AK} = 80,0 \text{ kV}$.

L'intensité du courant anodique vaut $i = 0,50 \text{ mA}$; le rendement du tube vaut 1%.

1. Accélération des électrons dans le tube.

1.1. Identifier la cathode et l'anode sur les figures 1 et 2.

1.2. Donner l'ordre de grandeur de l'énergie cinétique des électrons au voisinage de la cathode.

1.3. Établir l'expression et calculer l'énergie cinétique (en J et en eV) des électrons à leur arrivée sur l'anode.

1.4. Calculer la vitesse de ces électrons en utilisant l'expression classique de l'énergie cinétique.

Calculer la vitesse de ces électrons en utilisant l'expression relativiste de l'énergie cinétique.

Calculer l'écart relatif entre les deux valeurs.

Doit-on considérer que ces électrons sont "relativistes"?

2. Émission de rayons X.

Le spectre du rayonnement émis par l'anode est donné sur la figure 3.

2.1. Donner le nom du processus physique responsable de la partie continue de ce spectre ; décrire ce processus.

2.2. Expliquer à quoi correspond le point A sur le spectre d'émission du tube (figure 3) ; justifier la valeur de l'abscisse de ce point (80 keV).

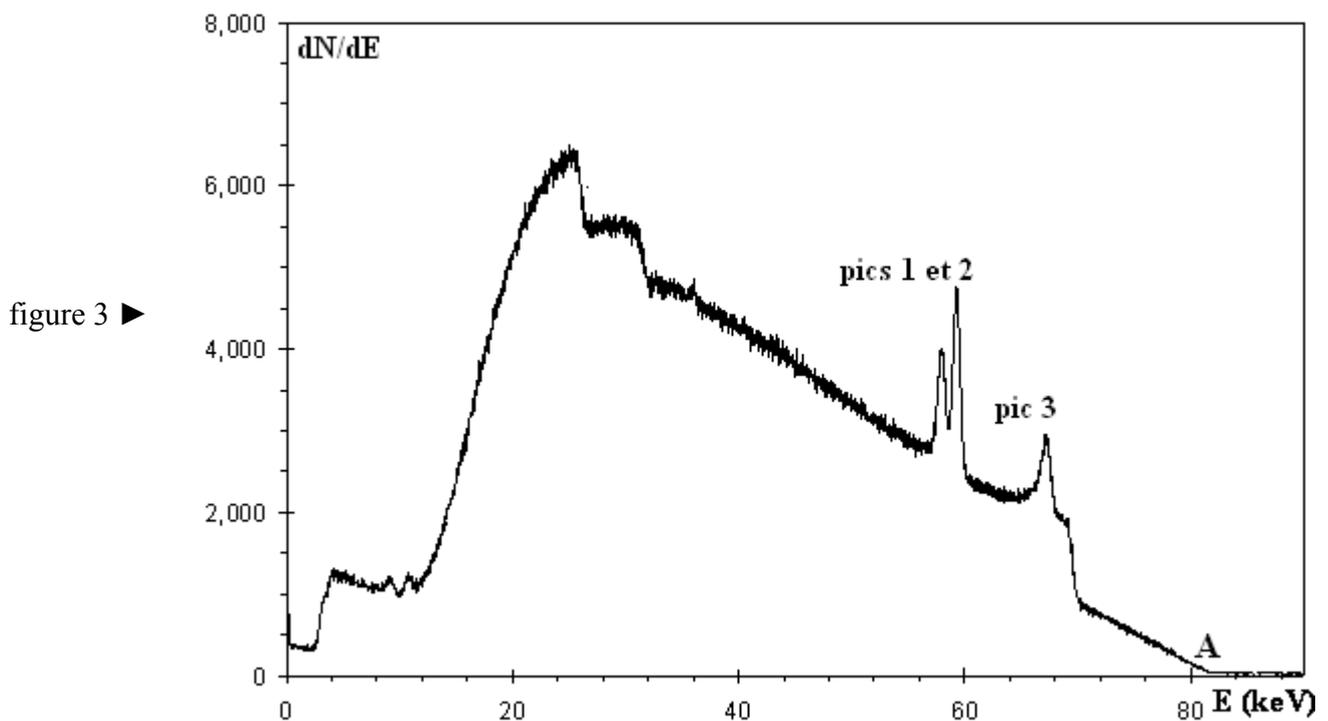
2.3. Mesurer l'énergie des photons X les plus nombreux et calculer leur longueur d'onde.

3. Interactions sur la cible.

3.1. Tracer qualitativement le diagramme d'énergie de l'atome de tungstène.

3.2. Expliquer à quel phénomène physique correspondent ce qu'on appelle raies K_α et K_β du tungstène ; calculer leurs énergies et les représenter sur ce diagramme.

3.3. Interpréter qualitativement et quantitativement l'existence des pics figurant sur le spectre (figure 3).



4. Échauffement de l'anode.

4.1. Calculer la puissance consommée par le tube ; en déduire la puissance émise par le tube sous forme de rayonnement.

4.2. Calculer la puissance calorifique absorbée par l'anode.

4.3. La masse de l'anode vaut $m = 20,0$ g ; calculer son élévation de température pour une durée de fonctionnement de 10 s.

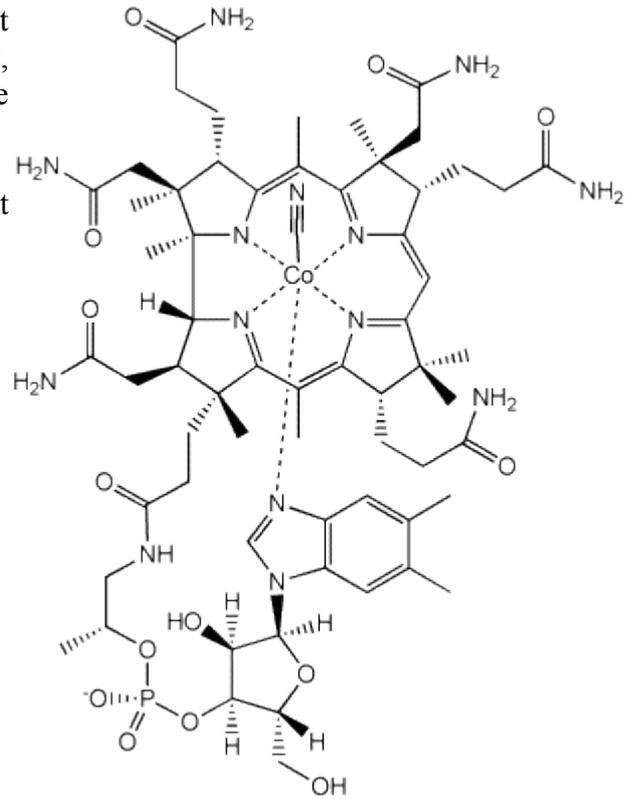
5. *Le même tube est alimenté par une tension de 60 kV* ; dessiner l'aspect du spectre d'émission (figure 3) dans ces conditions.

Problème : Autour du cobalt.

La vitamine B12 contient du Cobalt dont l'isotope 57 est utilisé comme traceur dans le test de Schilling, permettant de déceler un taux bas de cette vitamine ; elle est hydro soluble et se retrouve dans l'urine.

Le cobalt 57, sous forme de chlorure de cobalt, est également utilisé pour étalonner les gamma caméras.

données spécifiques au problème :
masse atomique du cobalt 57 : 56,93629138 u
masse atomique du fer 57 : 56,93539400 u
demi vie du Cobalt 57 : 271,8 jours.
1 Ci = 3,7 × 10¹⁰ Bq



Extraits du diagramme {N,Z} de la classification des nucléides (d'après l'AMDC)

57 Ni	58 Ni	59 Ni	60 Ni Abundance=26,2231%	61 Ni Abundance=1,1399%	62 Ni Abundance=3,6345%
56 Co	57 Co EC=100%	58 Co	59 Co Abundance=100. %	60 Co	61 Co
55 Fe	56 Fe Abundance=91,754%	57 Fe Abundance=2,119%	58 Fe Abundance=0,282%	59 Fe	60 Fe

Extraits de la classification périodique

24 Cr Chrome	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium
---------------------------	------------------------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------------

1. L'élément Cobalt (Z = 27)

1.1. Donner la structure du nuage électronique de l'élément cobalt ; préciser sa place (ligne, colonne) dans la classification périodique (à 18 colonnes).

1.2. Donner la composition des noyaux des 6 isotopes du cobalt apparaissant sur le diagramme {N,Z} de la classification des nucléides.

1.3. Le Cobalt ne possède qu'un seul élément stable alors que le Fer et le Nickel en présentent au moins trois chacun ; proposer une explication.

1.4. Le cobalt 58 et le cobalt 60 sont instables.

Donner leur(s) mode(s) de désintégration et écrire les équations des réactions de désintégration correspondantes en précisant les lois utilisées ; donner les noms de tous les produits formés.

1.5. Le Cobalt 57 est produit en bombardant une cible de Nickel 60 avec un faisceau de protons ; écrire l'équation de cette synthèse nucléaire, notée Ni-60 (p, α) Co-57, en précisant le nom des autres particules formées.

2. Modes de désintégration du Cobalt 57.

2.1. Le Cobalt 57 peut, a priori, se désintégrer par émission d'une particule β^+ ou par capture électronique. Donner les deux équations correspondantes.

2.2. Calculer les énergies disponibles pour ces deux modes de désintégration et en déduire pourquoi, dans le diagramme {N,Z} de la classification des nucléides, est portée l'annotation EC = 100% dans la case du Cobalt 57.

3. Désintégration par capture électronique du Cobalt 57.

3.1. Décrire avec précision le processus de capture électronique ; en particulier, expliquer sous quelle forme on retrouve l'énergie disponible de la réaction.

3.2. *Le spectre d'énergie des photons émis par la source radioactive est donné ci-après.*

On observe en particulier des photons dont les longueurs d'onde sont :

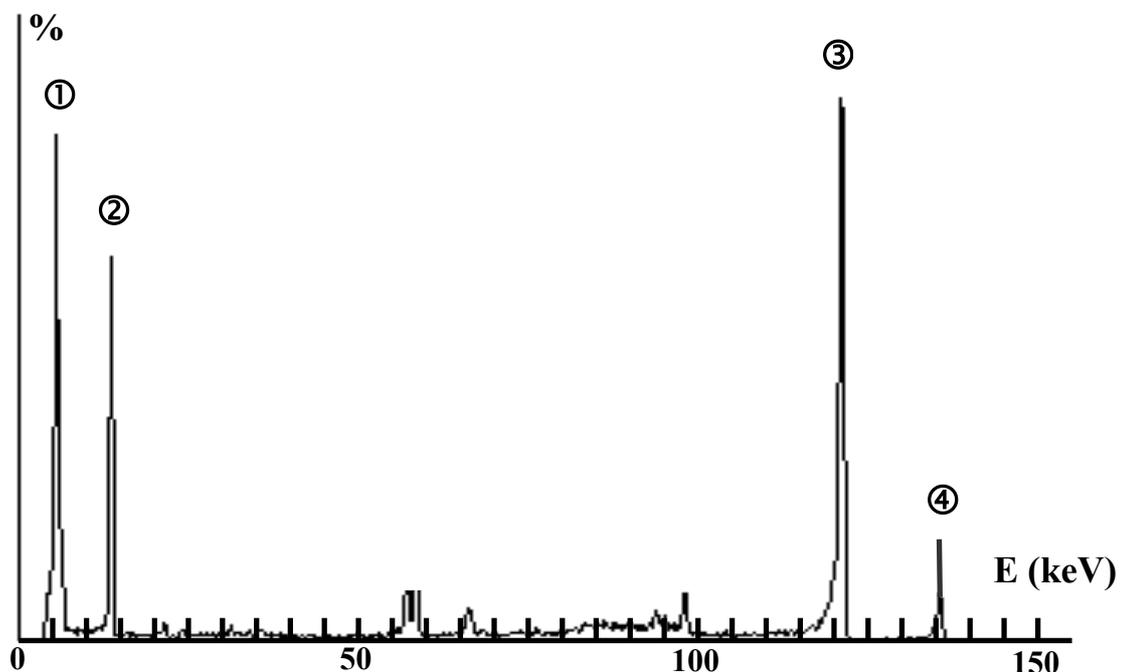
194,5 pm

86,25 pm

10,18 pm

9,109 pm

Calculer les énergies de ces photons (en J et en keV) et identifier sur le spectre d'énergie les pics correspondants.



3.3. *On donne les niveaux d'énergie internes du fer (en eV).*

K : 7112

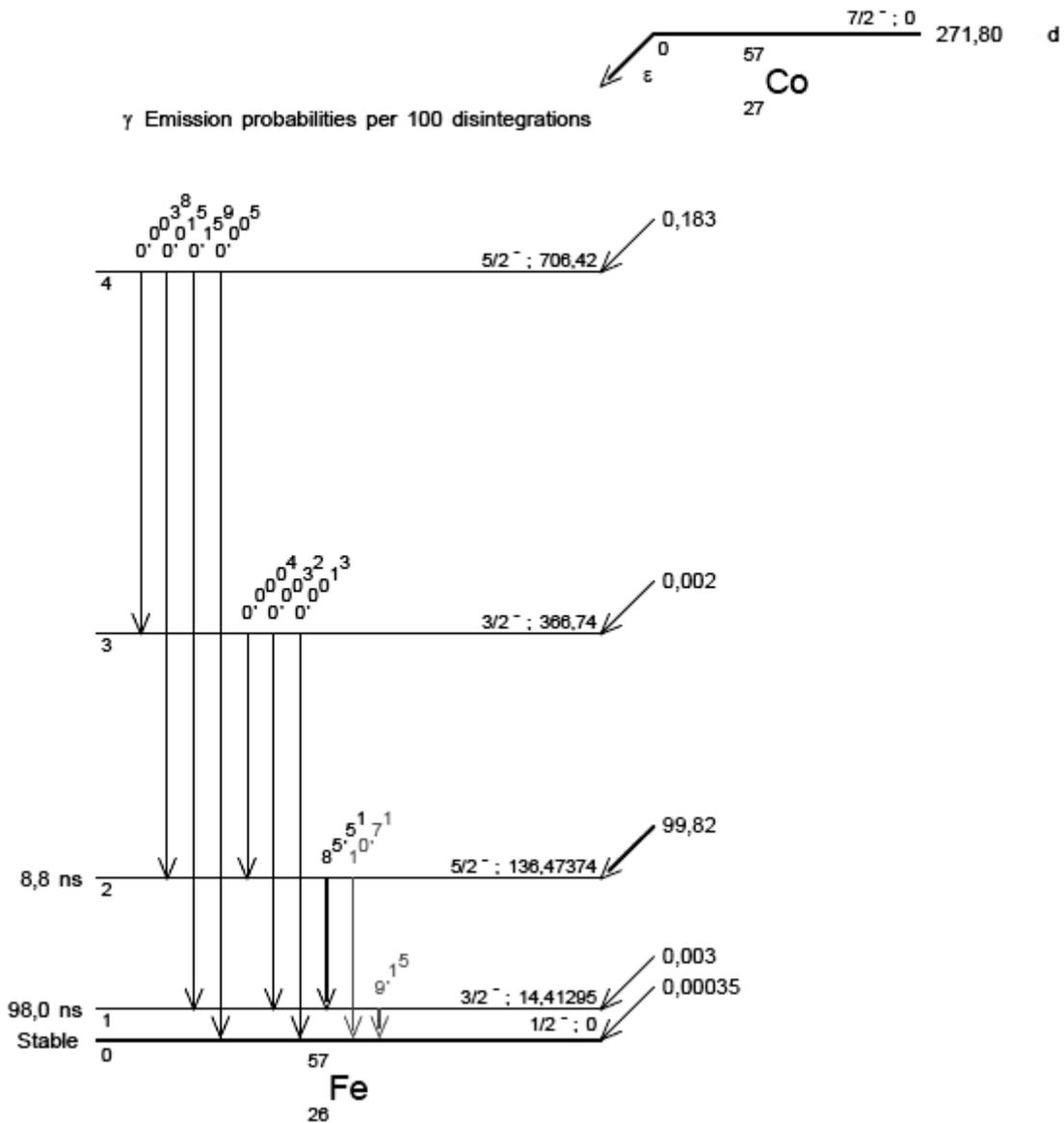
L_I : 844,6

L_{II} : 719,9

L_{III} : 706,8

Calculer les énergies des raies $K_{\alpha 2}$ et $K_{\alpha 3}$ du fer en expliquant à quel phénomène physique elles correspondent ; à l'aide de ces résultats, interpréter l'existence d'un des pics observés sur le spectre d'énergie.

3.4. Le schéma de désintégration du Cobalt 57 (d'après le BIPM) est donné ci après.
 En exploitant ce schéma (on peut annoter celui-ci), interpréter l'existence des trois autres pics observés sur le spectre d'énergie.



4. Conservation des sources de cobalt 57.

4.1. Calculer la constante radioactive du Cobalt 57.

Une source étalon a une activité de 400 kBq.

4.2. Calculer la durée nécessaire pour que l'activité de cet échantillon soit réduite de 10%.

Calculer l'activité de l'échantillon au bout d'un an.

4.3. Test de Schilling.

Ce test a pour but d'étudier le fonctionnement de la vitamine B 12 dans l'organisme.

Pour cela, on donne au patient 2 capsules contenant de la vitamine B 12, l'une radioactive, l'autre non radioactive (ceci est possible grâce au cobalt contenu dans la molécule de vitamine B 12).

La mesure, dans les urines émises pendant vingt-quatre heures, du taux d'excrétion des deux sortes de vitamine B 12, permet de différencier les malades ayant des problèmes d'absorption de la vitamine B 12, par rapport à ceux qui n'en ont pas.

Expliquer pourquoi il n'est pas nécessaire de prendre en compte la décroissance radioactive de la source pour l'exploitation de ce test.

Au cours de ce test, on injecte une dose de 1 μCi au patient.

Calculer le nombre de noyaux radioactifs contenus dans cette dose puis la masse de Cobalt radioactif correspondante.

5. Stockage des sources de Cobalt.

Les échantillons sont stockés dans des récipients en plomb.

La masse volumique du plomb vaut $\rho = 11,34 \text{ g.cm}^{-3}$

Le graphe montre l'évolution du coefficient d'atténuation massique du plomb avec l'énergie des photons.

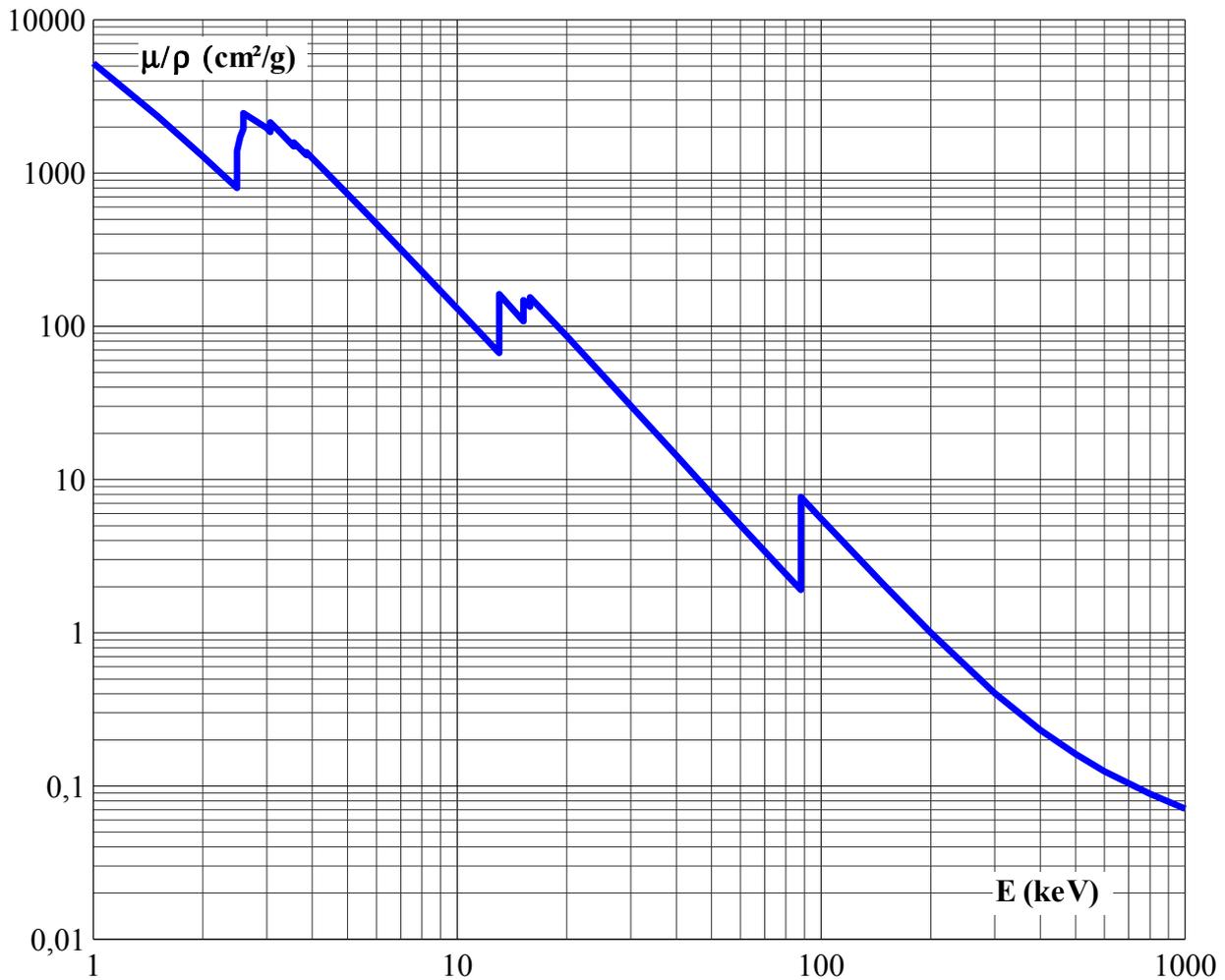
5.1. Quel type d'interaction existe-t-il entre le plomb et des photons d'énergies comprises entre 1 keV et 1 MeV ? Justifier la réponse

5.2. En exploitant le graphe, montrer que le coefficient d'atténuation linéique du plomb, pour des photons de 120 keV, vaut $\mu = 38 \text{ cm}^{-1}$.

5.3. Définir, établir l'expression et calculer l'épaisseur de la couche de milli-transmission du plomb pour ce type de rayonnement.

5.4. Les sources sont stockées dans des récipients de 10 mm d'épaisseur.

Cette épaisseur est elle suffisante pour protéger l'utilisateur de tous les rayonnements émis par l'échantillon ? Justifier la réponse.



	1	2	3	4	5	6	7	8
a								
b								
c								
d								