

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 : Questionnaire à choix multiples.**

Dans les séries suivantes, chaque proposition peut être vraie (V) ou fausse (F) ; compléter le tableau ci après...

1. Un tube de Coolidge à anode de tungstène émet un rayonnement X :

- a) Les rayons X sont majoritairement émis par désintégration radioactive d'une source de tungstène
- b) Les rayons X sont majoritairement émis lors du freinage des électrons par les noyaux au niveau de l'anode
- c) Les rayons X sont majoritairement émis lors de la collision des électrons avec d'autres électrons au niveau de la cathode.
- d) Le spectre d'émission des rayons X combine un spectre continu et un spectre de raies.
- e) Les caractéristiques du spectre d'émission des rayons X dépendent de la valeur de la haute tension accélératrice (kilovoltage)

2. A la cathode du tube de Coolidge :

- a) les électrons sont émis par effet photoélectrique
- b) les électrons sont émis par effet thermoélectronique
- c) les électrons sont émis par effet Auger
- d) les électrons sont émis par effet Compton
- e) le débit d'électrons augmente quand la température de la cathode augmente

3. L'effet photoélectrique :

- a) est une interaction entre un électron libre et un électron lié de l'atome cible
- b) est une interaction entre un photon incident et un électron lié de l'atome cible
- c) est une interaction entre un photon incident et le noyau de l'atome cible
- d) s'accompagne de l'émission d'un photon secondaire
- e) peut aussi concerner les électrons des couches externes de l'atome

4. 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
- d) uniquement si son énergie est égale à la différence entre deux niveaux énergétiques ($E_i - E_j$) de l'atome cible
- e) uniquement si son énergie est très supérieure (au moins dix fois) à l'énergie de liaison d'un électron K de l'atome cible

5. Dans une diffusion simple de Thomson-Rayleigh, le photon incident :

- a) est dévié avec une augmentation de longueur d'onde
- b) est dévié avec une diminution de longueur d'onde
- c) est dévié sans changement de longueur d'onde
- d) n'est pas dévié mais change de longueur d'onde
- e) est absorbé par l'atome et disparaît

6. 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) est absorbé par le noyau de l'atome
- d) ne peut pas transférer toute son énergie à l'électron quel que soit le type de choc
- e) donne naissance à deux photons, chacun d'énergie égale à la moitié de celle du photon incident

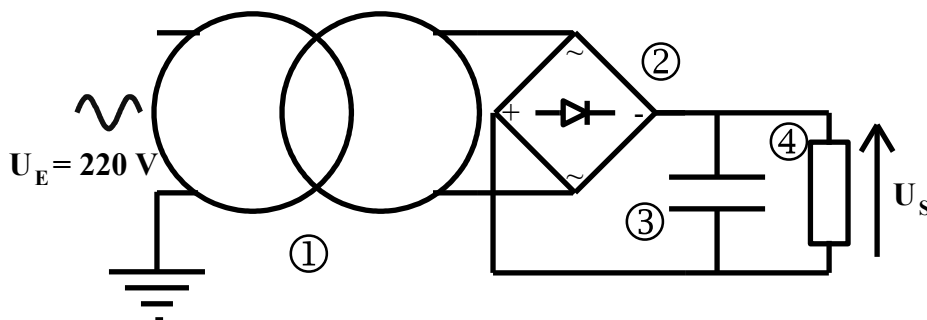
7. Au cours de l'effet de matérialisation :

- a) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un photon et un électron
- b) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un électron et un positon qui s'annihilent mutuellement en donnant naissance à deux photons de 0,511 MeV chacun
- c) le photon incident se matérialise en donnant naissance à 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
- d) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un électron et un proton : le proton se lie à l'électron pour former un atome d'hydrogène
- e) l'événement n'est possible que si l'énergie du photon incident est supérieure à deux fois l'énergie de masse d'un électron au repos

8. Le coefficient d'atténuation linéique d'un matériau dépend :

- a) de l'énergie du photon incident et de la nature du matériau
- b) uniquement de l'énergie du photon incident
- c) uniquement de la nature du matériau
- d) du nombre de photons incidents
- e) de la longueur d'onde des photons incidents

9. Une alimentation rudimentaire schématisée ci-après délivre une tension continue et filtrée $U_s = 12,0\text{ V}$.



- a) le nombre de spires de l'enroulement secondaire du transformateur ① est supérieur au nombre de spires de l'enroulement primaire
- b) le composant ② est un pont de diodes
- c) le filtrage de la tension U_s est meilleur si la capacité du condensateur ③ est élevée.
- d) si on augmente la valeur de la résistance du conducteur ④, le filtrage de la tension U_s risque de devenir de mauvaise qualité
- e) si on enlève le condensateur ③, la tension U_s devient alternative.

10. Une onde sonore :

- a) se propage dans le vide à la célérité de 340 m.s^{-1} .
- b) peut se propager dans le vide ou dans un milieu matériel.
- c) se propage dans l'air à la célérité de 340 m.s^{-1} .
- d) se propage plus rapidement dans l'eau que dans l'air.
- e) ne peut pas se propager dans un solide.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a										
b										
c										
d										
e										

Q2 : Étude d'un circuit RLC

On désire étudier le comportement d'un circuit RLC série.

On dispose d'un générateur basse fréquence (GBF), d'un oscilloscope, d'un ampèremètre (A) et d'un voltmètre (V). on réalise le montage schématisé figure 1.

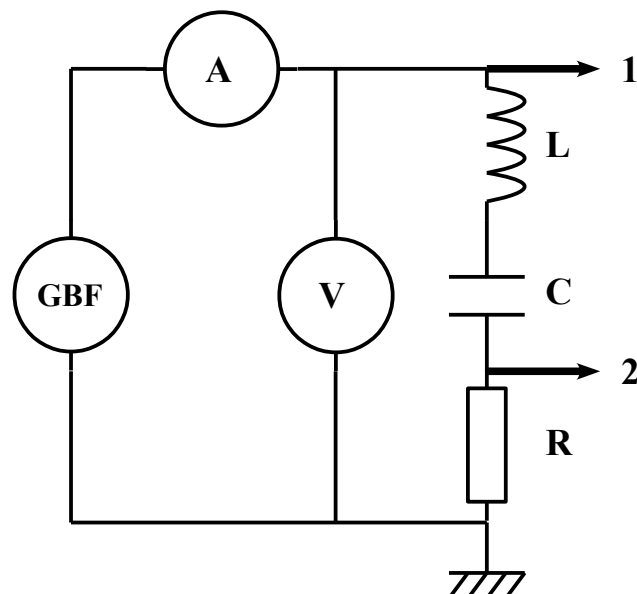
Données :

$$R = 2,00 \text{ k}\Omega$$

$$L = 1,00 \text{ H}$$

$$C = 1,00 \text{ }\mu\text{F}$$

Figure 1 ►



1. Le GBF produit une tension $u_g(t)$, exprimée en volts, telle que : $u_g(t) = 15 \cos(1000 \pi t)$

1.1. Calculer la période de cette tension.

1.2. Déterminer son amplitude.

1.3. Donner la valeur indiquée par le voltmètre.

1.4. On rappelle que l'impédance d'un circuit RLC série s'exprime par la relation :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L \omega - \frac{1}{C \omega} \right)^2}$$

1.4.a. Calculer l'impédance du circuit.

1.4.b. En déduire la valeur indiquée par l'ampèremètre.

2. On modifie maintenant la fréquence du GBF.

L'oscilloscope étant branché sur le circuit conformément aux indications fournies sur la figure 1, on obtient l'oscillogramme reproduit figure 2.

Données :

Voie 1 : sensibilité 5 V/division

Voie 2 : sensibilité 5 V/division

Base de temps : 5 ms/division

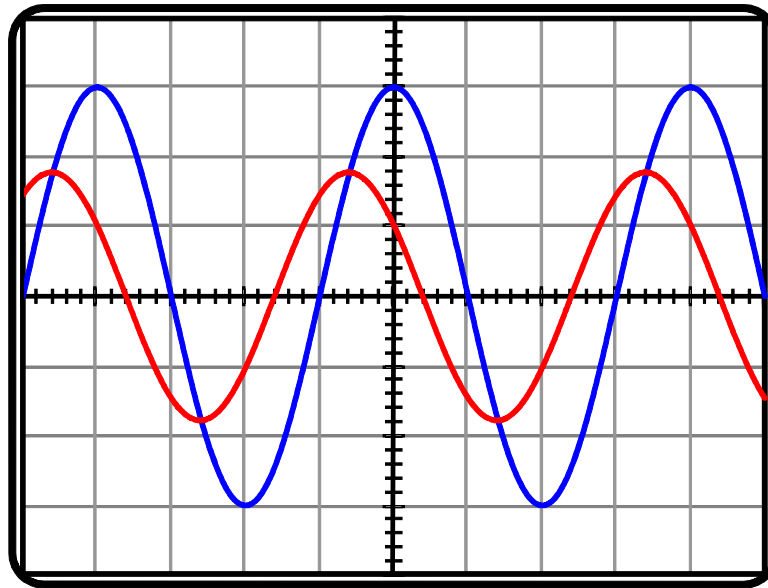


figure 2 ▲

2.1. Mesurer la période et calculer la fréquence de la tension appliquée au circuit.

2.2. Identifier la courbe correspondant à la voie 1 ; justifier la réponse.

2.3. La tension aux bornes du dipôle R est en phase avec l'intensité : déterminer le déphasage de la tension appliquée au dipôle RLC par rapport à l'intensité du courant.

2.4. Mesurer l'amplitude de la tension aux bornes de la résistance ; en déduire l'amplitude de l'intensité du courant.

2.5. Donner l'expression de l'intensité du courant en fonction du temps.

3. On cherche maintenant à étudier le phénomène de résonance du circuit. On rappelle qu'à la résonance, l'impédance Z du circuit est minimale.

3.1. Retrouver, à partir de l'expression de Z , la relation qui permet de calculer la fréquence de résonance f_0 en fonction des caractéristiques du circuit.

3.2. Calculer la fréquence f_0 .

3.3. Que devient le déphasage mesuré à la question 2.3. à la fréquence de résonance ?

3.4. Donner la représentation de Fresnels correspondant à cette situation.

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.

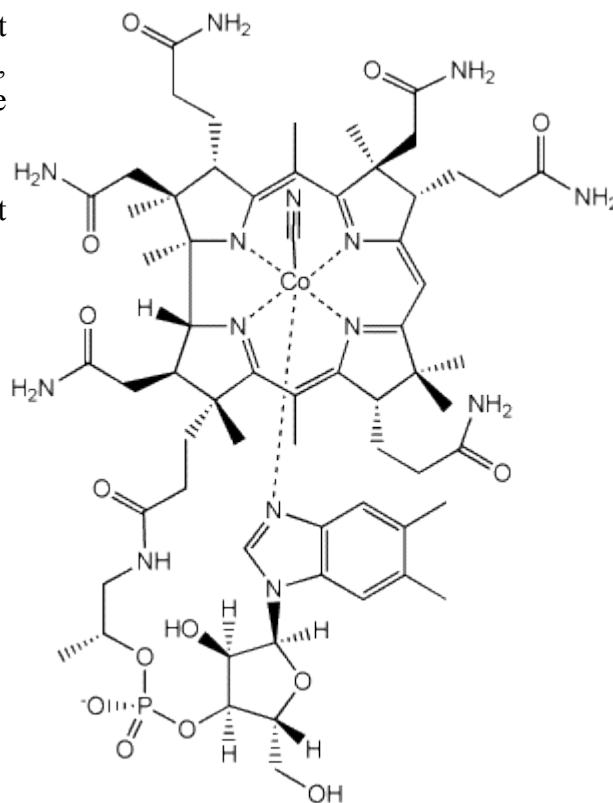
données spécifiques au problème :

masse atomique du cobalt 57 : 56,93629138 u

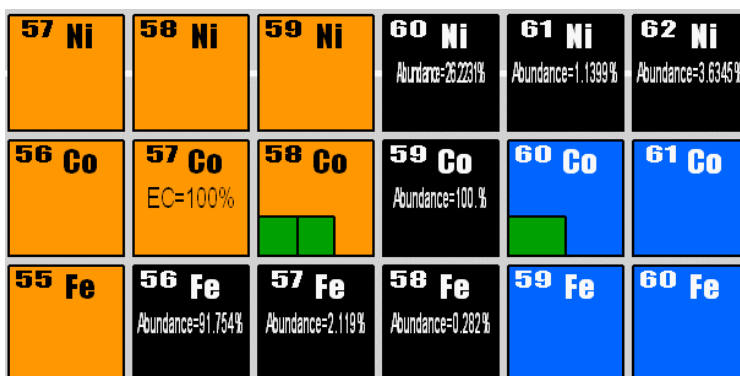
masse atomique du fer 57 : 56,93539400 u

demi vie du Cobalt 57 : 271,8 jours.

1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq



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



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 $\text{Ni-60}(p,\alpha)\text{Co-57}$, 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 $\text{EC} = 100\%$ 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(s) forme(s) 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 :

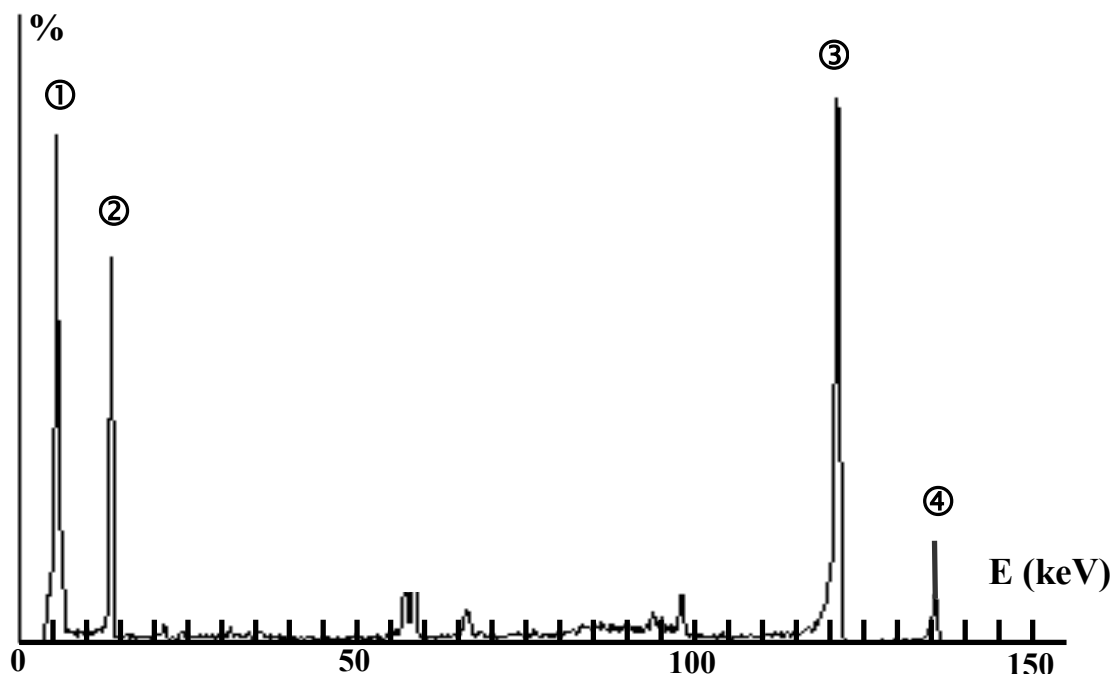
194,5 pm

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

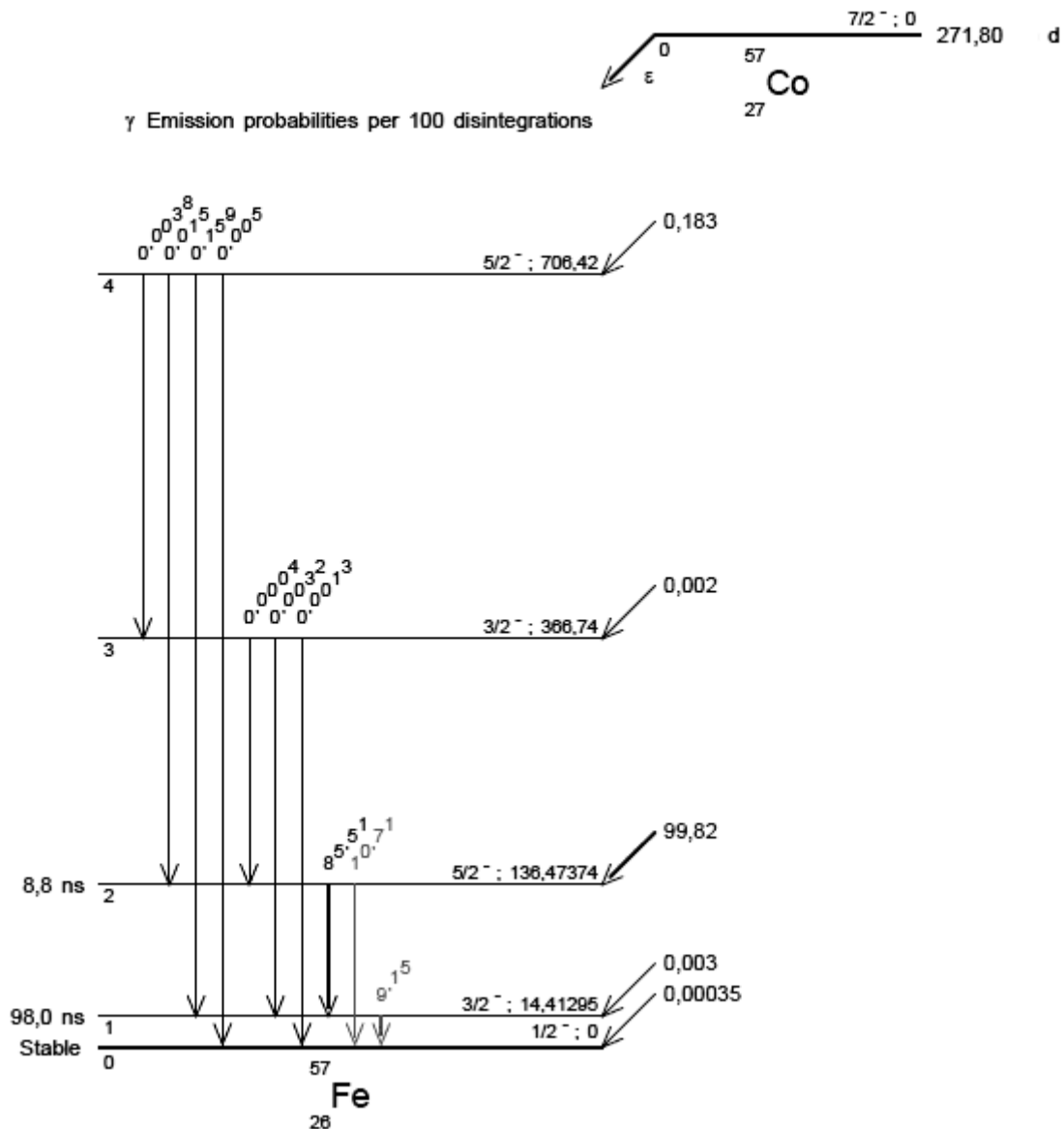
L_{II} : 719,9

L_{III} : 706,8

Calculer les énergies des raies $K_{\alpha 2}$ et $K_{\alpha 3}$ du fer en décrivant le phénomène physique responsable de leur apparition ; 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 (unités du système international)

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 μ Ci 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.

