

Q 1 : Questionnaire à choix multiple.

Chacune des propositions suivantes contient une, plusieurs ou aucune affirmation vraie ; compléter le tableau en indiquant V (vrai) ou F (faux) dans les cases correspondantes

1. Un photon a pour longueur d'onde dans le vide 5 nm
 - a) sa longueur d'onde vaut 5 Å
 - b) sa fréquence vaut 6×10^{17} Hz
 - c) son énergie vaut 248 eV
 - d) il appartient au domaine des infrarouges.
2. Les orbites électroniques de l'atome correspondent :
 - a) à des niveaux d'énergie d'autant plus bas que ces orbites sont plus proches du noyau
 - b) à des niveaux d'énergie d'autant plus haut que ces orbites sont plus proches du noyau
 - c) à des niveaux équidistants les uns des autres
 - d) à l'énergie cinétique du noyau de l'atome
3. Énergie
 - a) l'énergie de liaison d'un électron de la couche K est inférieure à l'énergie de liaison d'un électron de la couche L
 - b) l'énergie de liaison d'un électron sur la couche K est pour tous les atomes égale à -13,6 eV
 - c) l'énergie d'ionisation est l'énergie à fournir pour extraire un électron de l'atome
 - d) l'énergie d'une transition électronique est toujours plus faible que l'énergie d'ionisation
4. On considère le nucléide $^{235}_{92}\text{U}$
 - a) 235 est le nombre de neutrons
 - b) 92 est le nombre de protons
 - c) 235 est le nombre de protons
 - d) 143 est le nombre de protons
5. La masse d'un électron peut s'écrire :
 - a) 0,55 uma
 - b) 0,00055 uma
 - c) 0,511 keV
 - d) $9,1 \times 10^{-34}$ g
6. La vitesse d'un électron d'énergie cinétique $E = 11,4$ eV vaut :
 - a) $2,0 \times 10^3$ km.s⁻¹
 - b) $3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹
 - c) $2,0 \times 10^5$ m.s⁻¹
 - d) $1,5 \times 10^6$ m.s⁻¹
7. La masse d'un proton vaut :
 - a) $1,67 \times 10^{-27}$ kg
 - b) $1,67 \times 10^{-24}$ g
 - c) $9,38 \times 10^8$ eV
 - d) 938 keV
8. L'énergie du niveau fondamental de l'atome d'hydrogène vaut :
 - a) $1,6 \times 10^{-19}$ J
 - b) 0,136 keV
 - c) $2,18 \times 10^{-18}$ J
 - d) $2,18 \times 10^{-18}$ eV
9. Un laser Hélium-Néon de puissance 2 mW émet une lumière de longueur d'onde égale à 632,8 nm.
 - a) la lumière émise est de couleur verte.
 - b) ce laser émet $6,4 \times 10^{15}$ photons par seconde.
 - c) l'énergie émise par ce laser pendant une minute vaut 0,12 J.
 - d) ce laser est un laser à trois niveaux.
10. La fréquence d'émission d'un laser à rubis est imposée par :
 - a) la longueur de la cavité résonante
 - b) la transition atomique relative au milieu actif
 - c) la fréquence du flash excitateur
 - d) la fréquence du secteur (c'est un multiple entier de celle-ci)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										

Q 2 : Stabilité des nucléides.

1. Parmi ces quatre nucléides, $^{79}_{35}\text{Br}$, $^{80}_{35}\text{Br}$, $^{81}_{35}\text{Br}$, $^{82}_{35}\text{Br}$, deux sont stables et deux sont radioactifs. Dire lesquels en justifiant la réponse.

2. On donne les masses **atomiques** des deux noyaux suivants :

Césium 147 ($Z = 55$) 146,944154 u

Fer 56 ($Z = 26$)

55,9349378 u

2.1. Calculer le défaut de masse de chacun de ces noyaux.

2.2. Calculer leurs énergies de liaison.

2.3. En déduire leurs énergies de liaison par nucléon.

2.4. Un de ces deux noyau est radioactif ; lequel ? Justifier la réponse.

2.5. Donner l'allure de la courbe donnant l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse A (courbe d'Aston) ; placer ces 2 nucléides sur cette courbe.

Partie 2 : rayons X, production et propagation dans la matière.

On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de tungstène

Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel $U_{AC} = V_A - V_C = 150 \text{ kV}$. Ce tube est alimenté par un courant d'intensité $i = 2,0 \text{ mA}$, et son rendement est $r = 1\%$.

A. Échauffement de la cathode

1. Calculer la puissance électrique P_E consommée par le tube, la puissance rayonnée P_R (sous forme de rayons X), la puissance transformée en chaleur P_J .

2. La masse de l'électrode vaut $m = 50,0 \text{ g}$. Calculer l'élévation de température que subirait cet électrode au bout de 10 s en fonctionnement statique ; commenter.

B. Caractéristiques du rayonnement de freinage

1. L'énergie cinétique des électrons émis par la cathode vaut environ 5 eV ; calculer l'énergie cinétique E_C (en eV et en J) des électrons incidents quand ils atteignent l'anode.

2.1. Calculer la longueur d'onde minimum λ_0 du spectre continu obtenu par freinage des électrons.

2.2. Calculer l'énergie E_m (en eV et en J) des photons X les plus nombreux. On rappelle que les photons X les plus probables ont pour longueur d'onde $\lambda_m = 1,5 \lambda_0$.

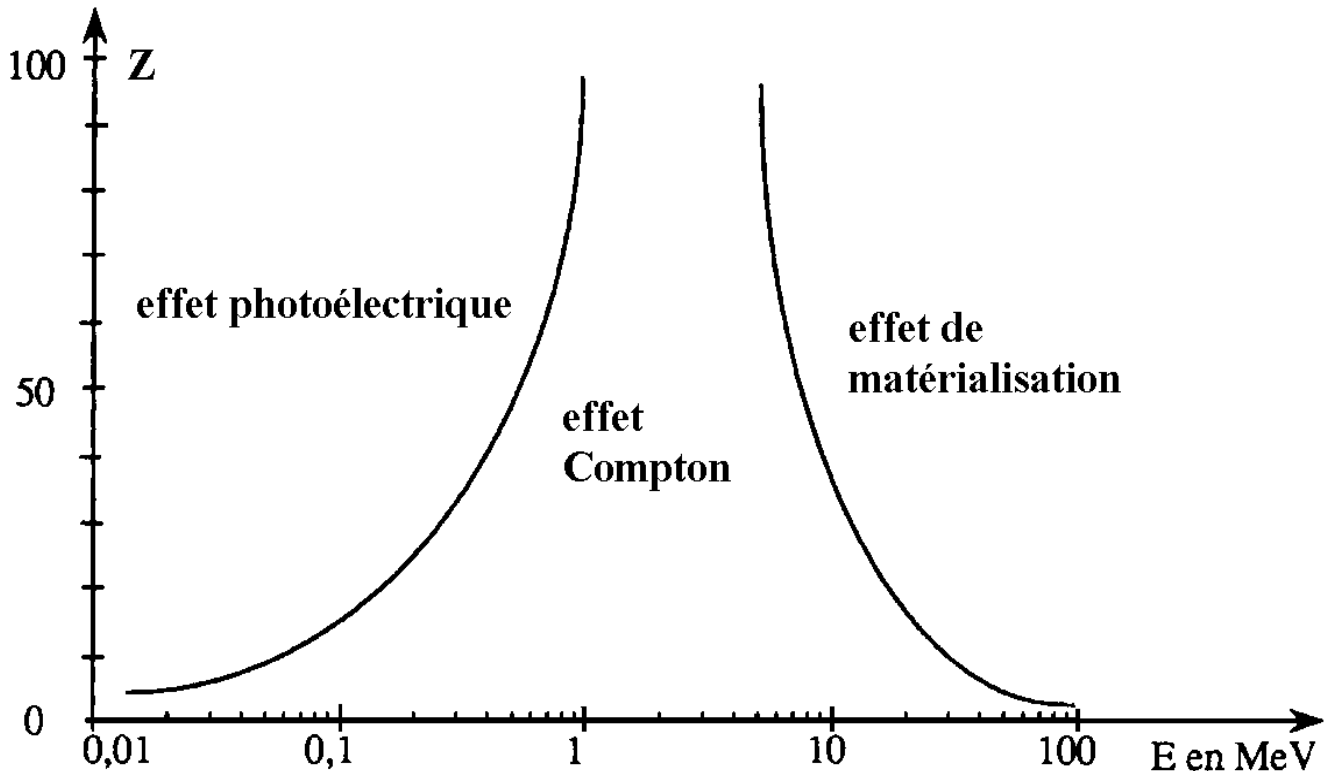
C. Interaction du rayonnement dans la matière.

Le faisceau de rayons X est maintenant dirigé soit sur une cible de plomb, soit sur un fantôme d'eau. Pour simplifier, on considère qu'il ne contient que des photons d'énergie 90 keV.

1.1. A l'aide du diagramme fourni ci-dessous, déterminer le type d'interaction que ce type de photons présente avec les molécules d'eau, considérées comme de numéro atomique "moyen" égal à 8.

1.2. Toujours à l'aide du diagramme, déterminer le type d'interaction que ce type de photon présente avec le plomb ($Z = 82$)

1.3. Donner une description sommaire des trois types d'interactions évoquées sur ce diagramme.



2. On donne ci-contre un diagramme simplifié des niveaux d'énergie du plomb.

L'interaction d'un photon et de l'atome de plomb peut ioniser celui-ci.

2.1. Donner le nom de ce type d'interaction.

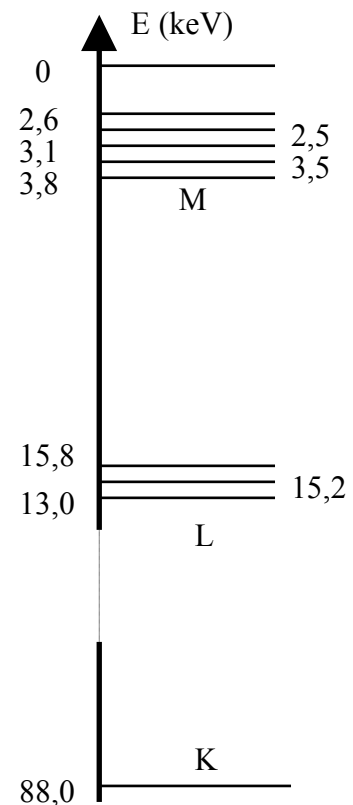
2.2. Quels électrons du nuage atomique vont être concernés par ce type d'interaction ? Justifier.

2.3. L'atome de plomb, une fois ionisé, peut capturer un électron du milieu pour revenir dans son état fondamental.

Déterminer la longueur d'onde des photons émis.

2.4. On observe l'émission de photons d'énergie d'environ 73 keV, expliquer leur apparition.

2.5. On observe également l'émission de photons dont l'énergie vaut entre 3,8 et 2,6 keV ; donner une interprétation de ce phénomène.



D. Pénétration du rayonnement dans la matière.

1. Le coefficient massique d'atténuation dans l'eau, pour ces photons, vaut $0,17 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$.

1.1. Calculer le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

1.2. Calculer l'épaisseur de la couche de demi atténuation dans l'eau

2. Le graphe ci-dessous, en **coordonnées logarithmiques**, donne l'évolution du coefficient massique d'atténuation pour le plomb, (en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$). La masse volumique du plomb vaut 11340 kg.m^{-3}

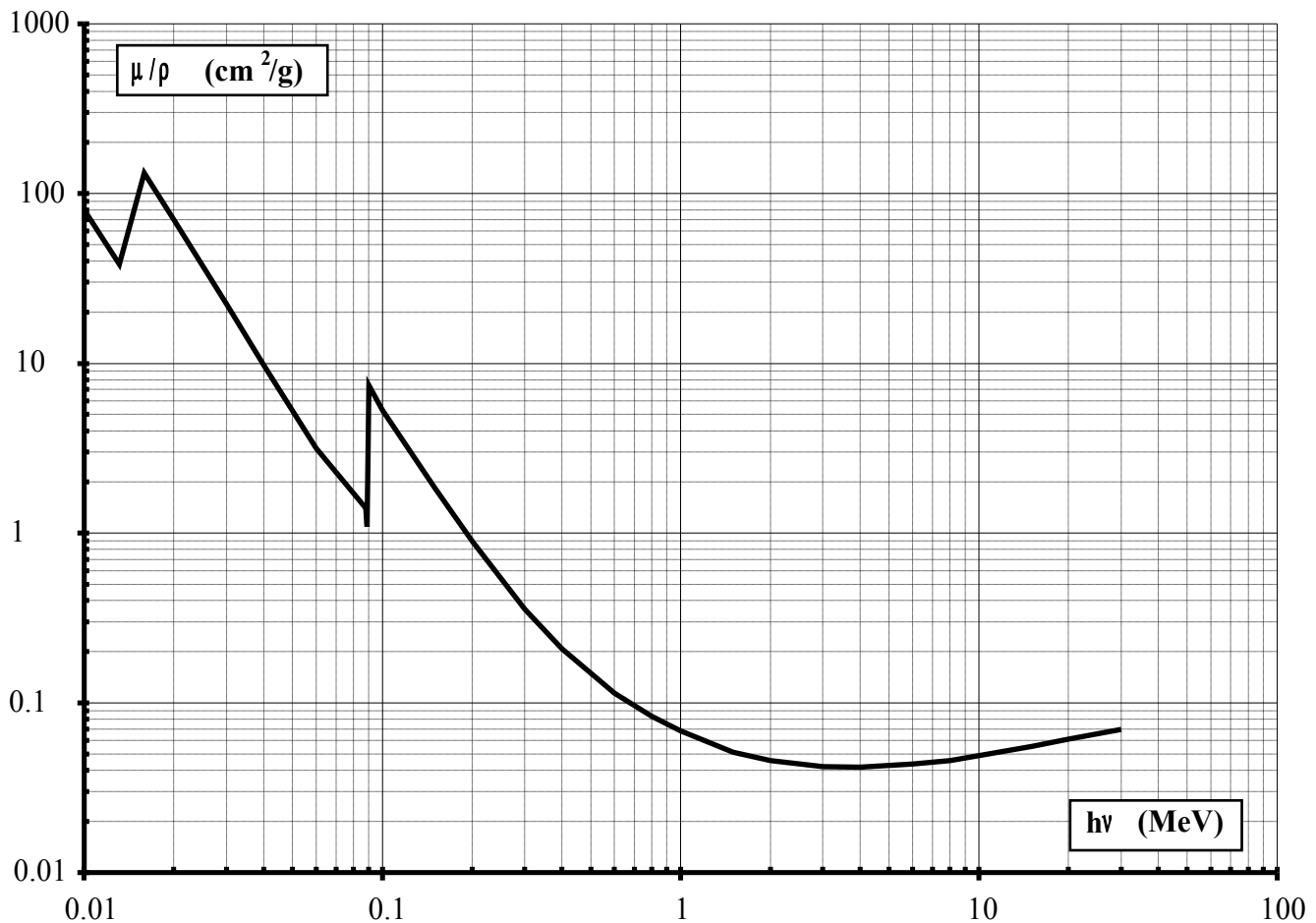
2.1. En exploitant le graphe, déterminer la valeur du coefficient massique d'atténuation du plomb pour des photons de 90 keV ; faire apparaître sur le graphe une trace de la mesure effectuée.

2.2. En déduire le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

2.3. Calculer l'épaisseur de la couche de déci transmission (l'intensité du faisceau est divisé par 10) pour le plomb, pour ces photons.

2.4. En déduire l'épaisseur de plomb nécessaire à la réduction de l'intensité du faisceau (pour ces photons) au millième de sa valeur.

2.5. Les tabliers de plomb utilisés en radiologie ont cependant des épaisseurs plus importantes ; en exploitant le graphique, justifier cette précaution.



Données

1 u (unité de masse atomique) = $1,660 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,494 \text{ MeV}.c^{-2}$.

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

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

masse du proton : $m_p = 1,007276 \text{ u}$

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

masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$

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

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

masse du neutron : $m_N = 1,008664 \text{ u}$

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