IMRT1 : DEVOIR 4 : 0708

Masse d'un proton	$m_p = 1{,}007\ 276$ u	Charge élémentaire	$e = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C
Masse d'un neutron	$m_n = 1{,}008\ 665$ u	Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1}
Masse d'un électron	$m_e = 0{,}000\ 548$ u	Constante de Planck	$h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s
		Unité de masse atomique	$1\ u = 1{,}66054 \times 10^{-27}$ kg $= 931{,}5$ MeV.c^{-2}

Q1 : QCM. Compléter le tableau joint par V (pour vrai) ou F (pour faux).(14)

1) Quand on augmente la tension appliquée aux bornes d'un tube de Coolidge :
- a) Le flux des rayons X augmente
- b) Les rayons X produits sont plus pénétrants
- c) La longueur d'onde minimum λ_0 des rayons émis diminue
- d) La durée du trajet des électrons de la cathode à l'anode augmente.

2) Le rendement d'un tube de Coolidge à anticathode de platine est 2%, il fonctionne sous une tension V = 50 kV et un courant d'intensité I = 3 mA. La puissance totale rayonnée a pour valeur :
- a) 3 W
- b) 3 mW
- e) 3 J
- d) 3 MeV

3) Un opérateur augmente l'intensité du courant anodique d'un tube à rayons X
- a) l'énergie maximale des photons émis augmente
- b) la longueur d'onde des photons émis augmente
- c) le flux énergétique du faisceau de rayons X augmente
- d) le nombre de photons émis par seconde augmente

4) Un tube de Coolidge à anode de platine est alimenté sous 100 kV et 100 mA.

4.1) L'énergie des rayons X les plus pénétrants vaut :
- a) 100 keV
- b) $1{,}6 \times 10^{-14}$ eV
- e) l00 kJ
- d) $1{,}6 \times 10^{-14}$ J

4.2) La longueur d'onde λ_0 des rayons X les plus pénétrants vaut :
- a) $1{,}24 \times 10^{-11}$ m
- b) $1{,}24 \times 10^{-2}$ m
- c) $1{,}24 \times 10^{-8}$ m
- d) 12,4 nm

5) Dans un tube de Coolidge, l'énergie maximale des photons du rayonnement de freinage
- a) diminue lorsque la haute tension diminue
- b) est proportionnelle au numéro atomique de la cible
- c) est proportionnelle à la longueur d'onde minimale du rayonnement
- d) est égale à l'énergie cinétique des électrons à l'anode

6) Dans un tube de Coolidge
   a) le filament émet des rayons X par effet thermoélectronique
   b) la tension, en kV, appliquée au tube, permet de régler la vitesse des électrons arrivant à l'anode.
   c) l'anticathode est en métal léger
   d) le rayonnement de freinage est un spectre de raies d'énergie

7) À 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

	1	2	3	4.1	4.2	5	6	7
a								
b								
c								
d								

Q2 : Activité d'une source radioactive. (16)

L'iode 131 $^{131}_{53}I$ ***se désintègre en xénon Xe (Z=54) ; il est utilisé comme traceur γ dans le corps humain. Sa période radioactive est de 8,1 jours.***
Le 1er mars 2002 à 12 h (t = 0), un établissement reçoit un colis d'iode 131 d'activité $3{,}0 \times 10^9$ ***Bq.***

1. Écrire l'équation de désintégration de l'iode 131.

2. Préciser l'origine du rayonnement γ.

3. Définir puis calculer la constante radioactive de l'iode 131. Donner l'expression mathématique de l'activité A(t) de l'échantillon.

4. Tracer une représentation graphique de l'évolution de l'activité A(t) en fonction du temps pour $0 < t < 50$ jours.

5. Sur ce graphe, faire apparaître la demie vie T ainsi que la durée caractéristique τ après l'avoir définie et calculée.

6. En utilisant le graphe, déterminer la date à laquelle on observe une activité de $1{,}0 \times 10^9$ Bq.

7. Retrouver cette date par le calcul.

8. Calculer la masse d'iode 131 présent dans l'échantillon le 31 mars 2002 à 12 h.

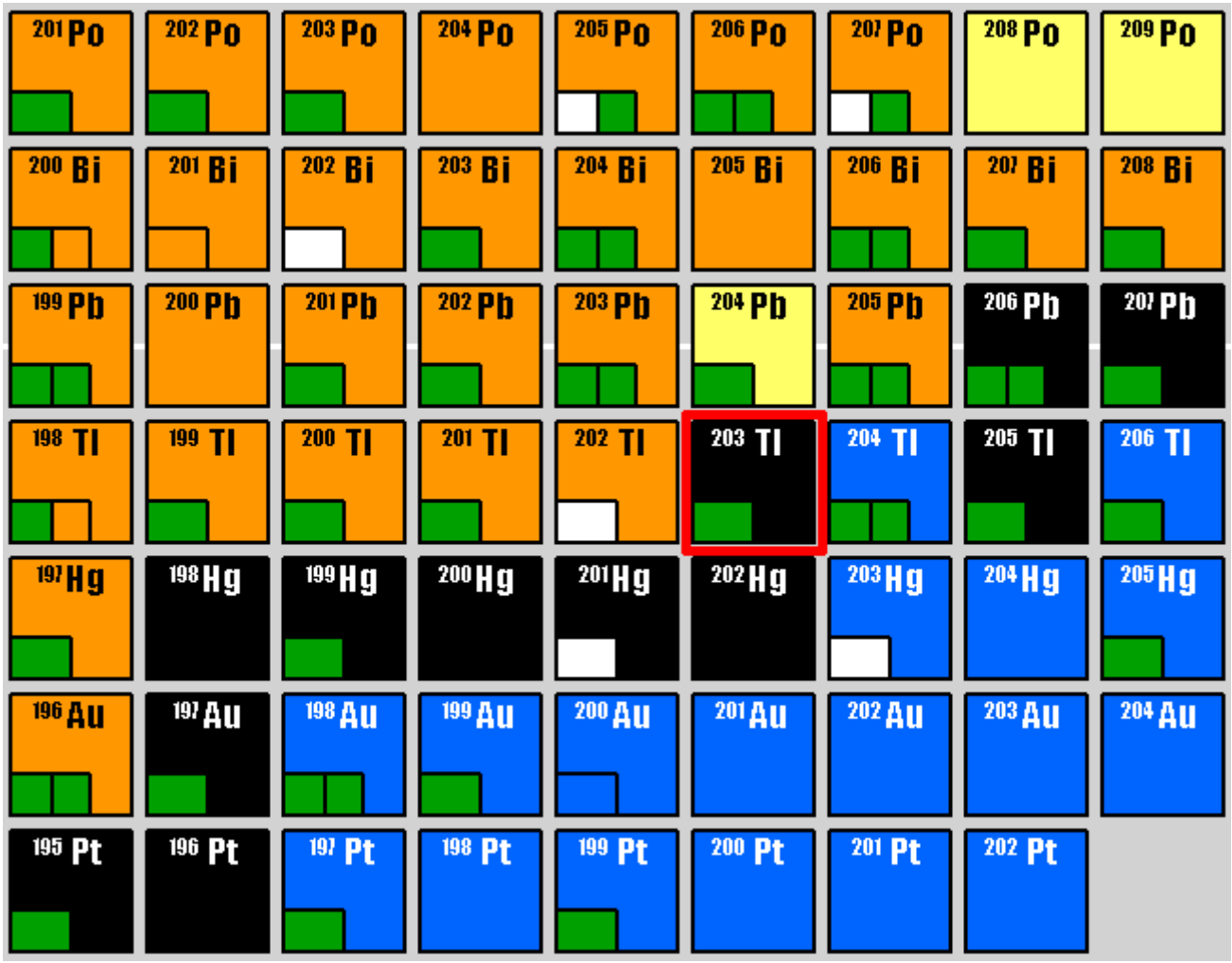
Remarque : *le graphe doit être réalisé le plus grand possible, le choix des échelles est laissé au candidat.*

PROBLÈME : le thallium 201 $^{201}_{81}Tl$ (30)

Le thallium 201 $^{201}_{81}Tl$ est utilisé comme traceur de perfusion et de viabilité du muscle.
Son mécanisme de fixation repose sur sa ressemblance chimique avec le potassium.

Données :
Le thallium 201 se désintègre en mercure 201 par capture électronique ; sa période (demi-vie) vaut T = 73 heures.
masse atomique de Tl 201 : 200,970819 u masse atomique de Hg 201 : 200,970302 u

Extraits de la carte de nucléides {Z,N}.



Extraits de la classification périodique

26 55.845 Fe FER	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu CUIVRE	30 65.39 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SÉLÉNIUM
44 101.07 Ru RUTHÉNIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag ARGENT	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn ETAIN	51 121.76 Sb ANTIMOINE	52 127.60 Te TELLURE
76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINE	79 196.97 Au OR	80 200.59 Hg MERCURE	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb PLOMB	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM

1. L'élément Thallium.

1.1. Le thallium se trouve, dans la classification périodique, à la sixième ligne et la treizième colonne.
Donner la composition de son **nuage électronique**.

1.2. Donner la composition des **noyaux** du thallium 201, du thallium 203, du thallium 206.

1.3. Le thallium 204 est radioactif alors que le thallium 203 et le thallium 205 ne le sont pas ; proposer une explication.

1.4. Le thallium 203 est stable, alors que le thallium 200 et le thallium 206 sont radioactifs.
Quels types de particules ces deux nucléides sont-ils susceptibles d'émettre ? Justifier en exploitant la carte des nucléides fournie.

2. Formation du thallium 201.

2.1. Le thallium 203 est soumis à un flux de protons ; il se transmute alors en plomb 201 ; donner l'équation de cette transmutation ; préciser le noms de toutes les particules émises au cours de cette transformation.

2.2. Le plomb 201, spontanément, se transforme en thallium 201. Donner le nom et l'équation de cette transformation.

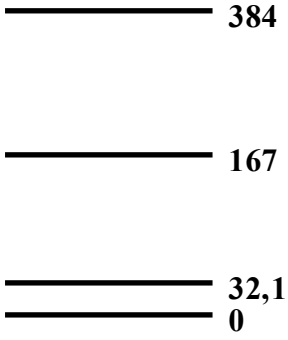
3. Radioactivité du thallium 201.

Le thallium 201 se transforme en mercure 201 par capture électronique ; sa période (demi-vie) vaut T = 73 heures.
Les émissions principales sont : γ à 135 keV et 167 keV X à 69 keV, 71 keV et 80 keV

3.1. Expliquer ce qu'est une capture électronique ; donner l'équation correspondante.

3.2. Exprimer puis calculer l'énergie disponible de cette transformation.

3.3. Les premiers niveaux des états excités du **noyau** du mercure 201 sont donnés dans le diagramme d'énergie ci-contre (les énergies sont en keV).
À partir de ce diagramme, expliquer la formation des deux émissions γ évoquées plus haut



3.4. Quelques valeurs des niveaux d'énergies internes de **l'atome** de mercure sont données dans le tableau ci-dessous.

niveau	K (1s)	L_I (2s)	L_{II} (2p)	L_{III} (2p)	M_I (3s)
Énergie (keV)	-83,1	-14,8	-14,2	-12,3	-3,6

Calculer les énergies des raies $k_{\alpha 2}$, $k_{\alpha 3}$, et $k_{\beta 1}$; à partir de ces valeurs, expliquer la formation des rayons X émis au cours de la désintégration du thallium 201.

3.5. On observe également l'émission d'électrons "Auger" KLL.
Expliquer comment la présence de ce type d'électrons accompagne la formation des rayons X ; donner la signification du groupement de lettres KLL.
L'énergie cinétique des électrons Auger KLL vaut environ 55 keV ; interpréter ce résultat à l'aide des données de la question 3.4.

4. Propagation des rayonnements dans la matière.

Le rayonnement émis par le thallium 201 est constitué à 70% de photons X de 71 keV.
Le coefficient d'atténuation linéique de ces photons vaut 0,172 cm^{-1}.
Le graphique ci dessous résume le comportement des photons dans l'eau.

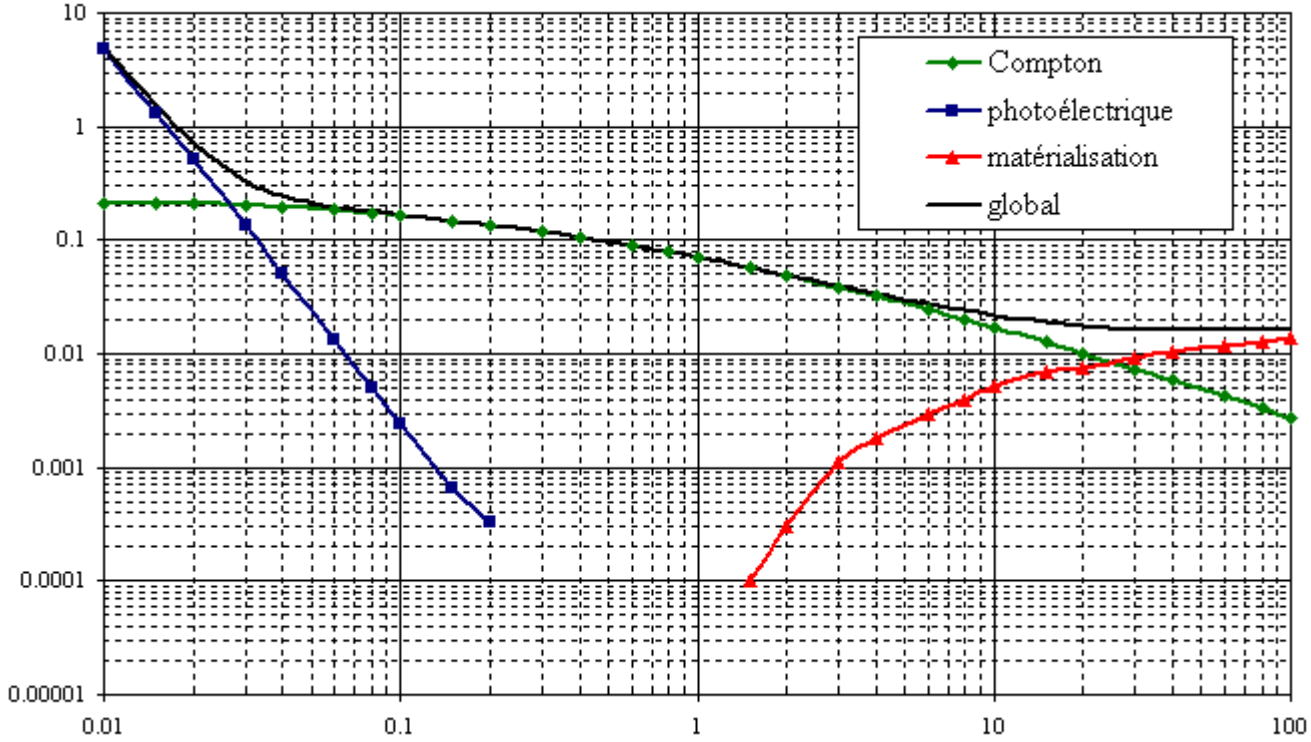
4.1. Donner les noms et les unités des grandeurs portées sur les axes de ce graphique.

4.2. Déterminer quel type d'interaction ces photons subissent avec l'eau ; donner une description de ce type d'interaction..

4.3. On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 1{,}0\ g.cm^{-3}$.
Retrouver graphiquement la valeur du coefficient d'atténuation linéique.

4.4. Calculer l'épaisseur de la couche de demi atténuation CDA pour ce type de photons dans l'eau.

4.5. Définir et calculer l'épaisseur de la couche de déci transmission CDT.



5. Activité d'un échantillon radioactif de thallium 201

Le thallium est livré en ampoule de 10 mL de solution de chlorure de thallium d'activité volumique 125MBq / mL à la date de calibration. Les ampoules ont été calibrées pour le Lundi à 8h00.

5.1. La solution calibrée d'une ampoule est immédiatement dilué d'un facteur 10 (10 mL de l'ampoule dans un volume total de 100 mL) à la livraison.
Calculer l'activité volumique de la solution diluée obtenue.

5.2. Calculer la constante radioactive du Thallium 201.

5.3. On injecte, sous forme d'une solution de chlorure de Thallium une dose de 50 MBq à un adulte le Jeudi à 8h00. Calculer l'activité volumique de la solution diluée au moment de l'injection.
En déduire le volume de solution à injecter au patient.