

IMRT1 : DEVOIR 6 : 1112

charge élémentaire

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

célérité de la lumière dans le vide

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

constante de Planck

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

unité de masse atomique

$$1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}.c^{-2}$$

masse de l'électron

$$m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg} = 4,48 \times 10^{-4} \text{ u}$$

masse du proton

$$m_p = 1,007 \, 82 \text{ u} = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

masse du neutron

$$m_n = 1,008 \, 66 \text{ u} = 1,674 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

QCM : compléter le tableau réponse par F pour Faux et V pour Vrai

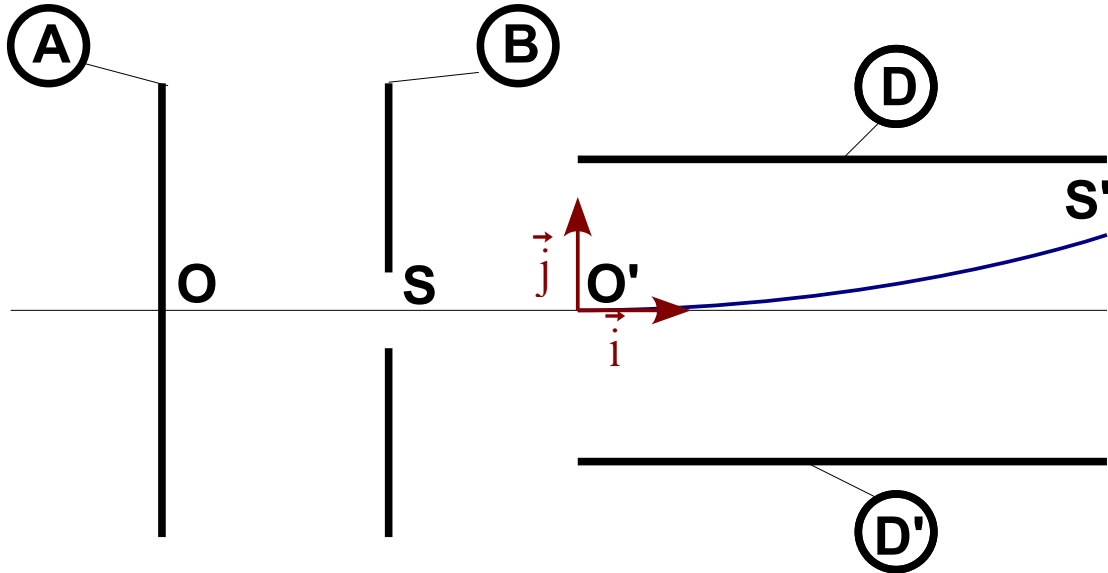
- 1) Quand on augmente la tension appliquée aux bornes d'un tube de Coolidge :
 - a) Le flux des rayons X augmente
 - b) Les rayons X produits sont plus énergétiques
 - c) La longueur d'onde minimum λ_0 des rayons émis diminue
 - d) La durée du trajet des électrons de la cathode à l'anode augmente.
- 2) Le rendement d'un tube de Coolidge à anticathode de platine est 2%, il fonctionne sous une tension $V = 50 \text{ kV}$ et est parcouru par un courant anodique d'intensité $I = 3 \text{ mA}$. La puissance totale rayonnée a pour valeur :
 - a) 3 W
 - b) 3 mW
 - c) 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) Les caractéristiques d'un examen radiologique sont : 72 kV , 11 mA.s ; le rendement du tube à rayons X vaut 1,5%.
 - a) la durée d'exposition vaut 11 ms.
 - b) $6,9 \times 10^{16}$ électrons sont arrivés à l'anode pendant l'exposition.
 - c) la puissance rayonnante du tube vaut 792 W.
 - d) l'énergie dégagée par le tube sous forme de rayonnement X pendant l'exposition vaut 11,9 J
- 5) Un laser Hélium-Néon de puissance 2 mW émet une lumière de longueur d'onde égale à $632,8 \text{ nm}$.
 - 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.
- 6) 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)

F/V	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						

Q2 : Trajectoires et mouvements dans un champ électrique.

Un proton H^+ pénètre en O entre deux électrodes A et B , planes et parallèles (voir schéma), soumises à une tension $U_{AB} = 10,0 \text{ kV}$, séparées d'une distance $d = 10 \text{ cm}$. Sa vitesse initiale peut être considérée comme nulle.

On négligera le poids du proton devant les forces électriques



- 1.1. Donner la relation entre la valeur E du champ, la tension U_{AB} , et la distance d . Préciser les caractéristiques du champ électrique $\vec{E}$ régnant entre les deux plaques.
- 1.2. Donner, qualitativement (sans démonstration), les caractéristiques du mouvement et de la trajectoire du proton entre les deux plaques.
- 1.3. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la vitesse v_S du proton à la sortie du dispositif, en S.

Le proton est ensuite soumis à un champ déviateur créé par deux plaques parallèles, perpendiculaires aux précédentes, distantes de $d' = 15,0 \text{ cm}$, de longueur $l = 20,0 \text{ cm}$ et entre lesquelles règne un champ électrique $E = 70 \text{ kV.m}^{-1}$ (voir schéma).

On supposera que la vitesse du proton en O' vaut $v_{O'} = 1,38 \times 10^6 \text{ m.s}^{-1}$

Tous les calculs littéraux se font en fonction de :

e	charge élémentaire
m	masse du proton
E	champ électrique,
d	distance entre les plaques
l	longueur des plaques
$v_{O'}$	vitesse initiale du proton en O'

- 2.1. Préciser la direction et le sens du champ ainsi que le signe de la différence de potentiel $U_{DD'}$ pour que le proton soit dévié vers le haut.
- 2.2. Établir les équations horaires du mouvement du proton dans le repère $\{ O', \vec{i}, \vec{j} \}$
- 2.3. Établir l'équation de la trajectoire du proton.
- 2.4. Donner les expressions littérales des coordonnées du point S' puis les calculer.
- 2.5. Calculer la durée de passage du proton entre les deux plaques D et D'.
- 2.6. Calculer la vitesse du proton en S'.

PROBLÈME : le thallium $^{201}_{81}\text{Tl}$

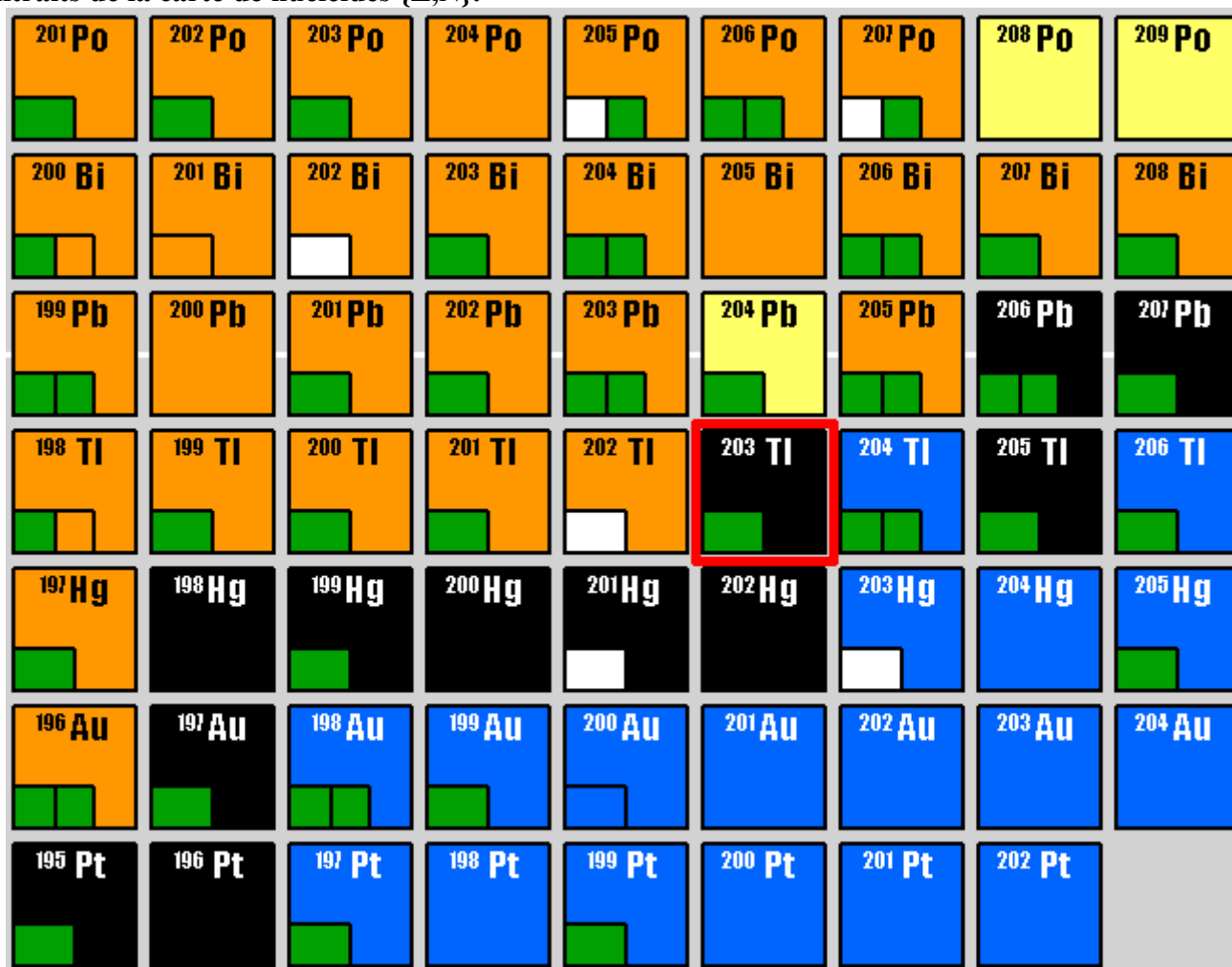
Le thallium $^{201}_{81}\text{Tl}$ est utilisé comme traceur de perfusion et de viabilité du muscle.
Son mécanisme de fixation repose sur sa ressemblance chimique avec le potassium.

Données :

Le thallium $^{201}_{81}\text{Tl}$ se désintègre en mercure $^{201}_{80}\text{Hg}$ par capture électronique ; sa période (demi-vie) vaut $T = 73$ heures.

masse atomique de $\text{Tl } 201$: 200,970819 u masse atomique de $\text{Hg } 201$: 200,970302 u

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



Extraits de la classification périodique

6	7	10	11	12	13	14	15	16	17
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 est un émetteur β^+ . 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. _____ 384

3.2. Montrer que l'énergie disponible de cette transformation est proportionnelle à la différence des masses atomiques du thallium et du mercure ; calculer cette énergie. _____ 167

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. _____ 32,1
_____ 0

3.4. Donner le schéma de désintégration du thallium 201

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

3.5. 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.

3.6. *On observe également l'émission d'électrons "Auger" KLL.*

Expliquer pourquoi 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 3.5.

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 $0,172 \text{ cm}^{-1}$.

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.

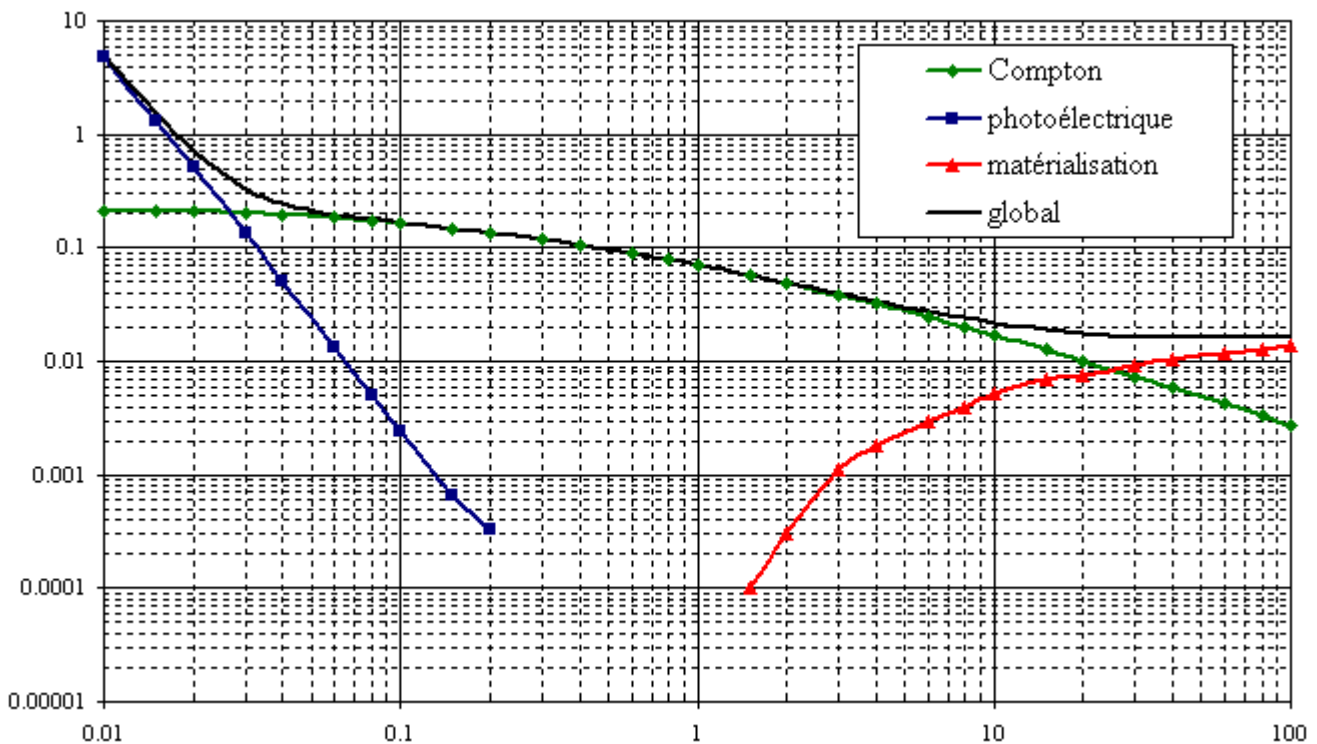
4.2. Déterminer quel type d'interaction ces photons (71 keV) subissent avec l'eau ; donner une description de ce type d'interaction..

4.3. On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \text{ g.cm}^{-3}$.

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 10,0 mL de solution de chlorure de thallium d'activité volumique 125 MBq/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 diluée 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. *La demi vie du thallium 201 est de 73 h ; donner la signification de cette donnée.*

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 (créée le Lundi) au moment de l'injection.

En déduire le volume de solution à injecter au patient.