



Données :	constante de Planck	$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
	unité de masse atomique	$1 \text{ uma} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}$
	masse de l'électron	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ soit $511 \text{ keV}/c^2$
	masse du proton	$m_p = 1,007276 \text{ uma}$
	masse du neutron	$m_n = 1,008666 \text{ uma}$
	masse particule $\alpha$	$m_\alpha = 4,001506 \text{ uma}$
	activité radioactive	$1 \text{ Curie} = 37 \cdot 10^9 \text{ Bq}$
	nombre d'Avogadro	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$

**QCM1** : A propos des modèles atomiques :

- a- Un élément chimique est défini par son numéro atomique.
- b- Le rayon nucléaire moyen est proportionnel au nombre de masse.
- c- Le modèle de Rutherford a été corrigé par le modèle de Bohr car il n'expliquait pas comment un électron pouvait rester sur une orbite circulaire sans perdre d'énergie.
- d- Dans le modèle de Bohr, seul un nombre fini de valeurs du rayon orbital de l'électron sont permises.
- e- Dans le modèle de Bohr, l'énergie d'un électron lié au noyau peut prendre une infinité de valeurs discrètes.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM2** : La série de Lyman correspond à un spectre discret d'émission de l'atome d'hydrogène rassemblant toutes les transitions d'un niveau  $n \geq 2$  vers le niveau  $n = 1$ . Les raies de cette série ont été découvertes expérimentalement par Theodore Lyman vers 1910 mais Johannes Rydberg avait proposé en 1888 une formule empirique permettant de calculer les longueurs d'ondes de toutes les raies possibles en fonction de  $n \geq 2$  :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

où  $R_H$  est la constante de Rydberg et où  $\lambda$  est exprimé en m.

- a- Les raies de Lyman correspondent à une perte d'énergie pour l'atome d'hydrogène.
- b- Les photons émis ont une énergie comprise entre 3,4 eV et 13,6 eV.
- c- Les longueurs d'ondes des raies de Lyman varient entre 91 nm et 122 nm, elles sont donc comprises dans le domaine ultraviolet.
- d- La constante de Rydberg est comprise entre 0,0109 et 0,0110 nm<sup>-1</sup>.
- e- La constante de Rydberg est comprise entre 0,0109 et 0,0110 m<sup>-1</sup>.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM3** : Concernant les constituants de la matière :

- a- Les électrons, les protons et les neutrons sont des particules élémentaires appelées fermions.
- b- Les photons sont les bosons support de l'interaction électromagnétique entre les particules chargées.
- c- A l'échelle du noyau, l'interaction forte est la plus intense des interactions et la gravitation est négligeable par rapport aux autres.
- d- A grande échelle, seules la gravitation et l'interaction électromagnétique ont une action notable.
- e- Les gluons sont responsables de l'attraction entre électrons et noyau au sein des atomes.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.



**QCM4** : Concernant l'ion béryllium  ${}^9_4\text{Be}^{3+}$ .

- a- Les niveaux énergétiques électroniques de l'ion dépendent de deux nombres quantiques.
- b- Pour ioniser un électron situé sur la couche K, il faut que la fréquence du rayonnement utilisé soit inférieure à  $5,26 \cdot 10^{10}$  MHz.
- c- Pour ioniser un électron situé sur la couche L, la longueur d'onde du rayonnement utilisé peut être inférieure à 22,8 nm.
- d- La longueur d'onde associée à un électron situé sur la couche M de l'ion est de 250 pm.
- e- Dans le cas où l'ion est dans un état excité, il est possible d'observer des émissions de rayons X de fluorescence de longueur d'onde valant 6,4 nm, 7,6 nm et 41 nm.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM5** : L'uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$  est le seul isotope fissile de l'uranium, la réaction de fission étant provoquée par le bombardement de ce noyau par un neutron thermique (ou neutron lent). Il existe en réalité plusieurs réactions de fission de  ${}^{235}_{92}\text{U}$  et on s'intéresse à la suivante :  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{93}_{36}\text{Kr} + {}^{140}_{56}\text{Ba} + 3{}^1_0\text{n}$ .

On sait, de plus, que l'énergie cinétique du neutron incident est 0,01 eV.

Données : masses nucléaires (uma) :  $M_n({}^{93}_{36}\text{Kr}) = 92,93127$  ;  $M_n({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,99332$  et  $M_n({}^{140}_{56}\text{Ba}) = 139,910605$ .

- a- La vitesse du neutron thermique, considéré non relativiste, vaut  $2410 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- b- Si l'on considère le noyau  ${}^{235}_{92}\text{U}$  immobile avant la collision, la quantité de mouvement totale après la collision vaut  $2,3 \cdot 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- c- Le défaut de masse du noyau de  ${}^{93}_{36}\text{Kr}$  est environ  $1,37 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .
- d- L'énergie libérée au cours de cette réaction de fission est 124,9 eV.
- e- L'énergie libérée au cours de cette réaction de fission est 124,9 MeV.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM6** : (Suite) On considère maintenant une réaction de désintégration spontanée de  ${}^{231}_{90}\text{Th}$  en thorium  ${}^{231}_{90}\text{Th}$ . La masse atomique du Thorium est  $M({}^{231}_{90}\text{Th}) = 215\,094,7993 \text{ MeV}/c^2$ .

- a- Il s'agit d'une désintégration  $\beta^+$  qui produit un proton.
- b- Il s'agit d'une désintégration  $\alpha$ .
- c- La particule produite est plus pénétrante que les neutrons produits par la réaction de fission précédente.
- d- L'énergie disponible de cette réaction est 2,04 MeV.
- e- La particule produite a pour énergie cinétique après désintégration  $7,31 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ .
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM7** : Concernant la radioactivité  $\gamma$  :

- a- Une désintégration  $\gamma$  a lieu quand un noyau "excité" revient à son état fondamental.
- b- Le nombre de nucléons est conservé.
- c- L'énergie disponible est transférée en totalité au photon  $\gamma$ , le spectre d'émission est donc un spectre de raies.
- d- Cette réaction rentre en compétition avec la conversion interne.
- e- Cette réaction est la plus importante des désintégrations nucléaires en utilisation médicale.
- f- Toutes les réponses précédentes sont fausses.

**QCM8** : On souhaite, à partir de strontium  $90 \text{ }^{90}_{38}\text{Sr}$ , préparer de l'yttrium  $90 \text{ }^{90}_{39}\text{Y}$ . L'yttrium est un émetteur  $\beta^-$  se désintégrant ensuite en zirconium  $90$  stable  ${}^{90}_{40}\text{Zr}$ . On considère que l'équilibre séculaire entre le strontium et l'yttrium est atteint après un temps égal à 10 fois le temps de demi-vie du noyau fils.

Dans le tableau ci-dessous figurent les constantes de temps  $\tau$  et les masses atomiques de chaque espèce.

	${}^{90}_{39}\text{Y}$	${}^{90}_{40}\text{Zr}$	${}^{90}_{38}\text{Sr}$
$\tau$ (s)	92 heures	infini	41,5 ans
$\mathcal{M}$ (uma)	89,9071519	89,9047044	89,907738

- a- L'activité du strontium  $90 \text{ }^{90}_{38}\text{Sr}$  est imposée par celle de l'yttrium  ${}^{90}_{39}\text{Y}$ .
- b- Au bout de 15 jours, on peut considérer que l'activité du noyau fils est égale à celle du noyau père.
- c- Le strontium 90 se désintègre par radioactivité  $\beta^+$ .
- d- L'énergie cinétique maximale des particules issues de la désintégration du  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$  vaut 546 keV.
- e- Les particules émises par le  ${}^{90}_{39}\text{Y}$  ont une portée supérieure à celles émises par le strontium  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ .
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM9** : Le polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  est radioactif  $\alpha$  et produit du plomb  $^y_x\text{Pb}$ .  $x$  et  $y$  représentent respectivement le nombre de charge et le nombre de masse. La période radioactive du polonium 210 est de 138 jours. On donne :

- Masse nucléaire du  $^{210}_{84}\text{Po}$  : 209,9368 u.m.a
- Masse nucléaire du plomb  $^y_x\text{Pb}$  : 205,929489 u.m.a

- a-  $(x ; y) = (81 ; 205)$
- b-  $(x ; y) = (81 ; 206)$
- c- La masse de polonium correspondant à une activité de 1 Ci est de 2,22 mg.
- d- L'énergie disponible lors de cette réaction est de 5,4 MeV.
- e- L'énergie disponible lors de cette réaction est de 4,5 MeV.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM10** : Parmi les propositions suivantes, lesquelles sont exactes ?

- a- La transformation  $^{19}_{10}\text{Ne} \rightarrow ^{19}_9\text{F}$  peut être obtenue par désintégration  $\beta^+$ .
- b- La transformation  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni}$  peut être obtenue par capture électronique.
- c- La capture électronique est une transformation isobarique.
- d- La transformation  $^{99m}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc}$  produit des photons  $\gamma$  et/ou des photons X issus de conversions internes.
- e-  $^{239}_{94}\text{Pu}$  et  $^{235}_{93}\text{Np}$  sont des éléments fissibles et probablement émetteurs  $\beta^-$ .
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM11** : Le gallium  $^{67}_{31}\text{Ga}$  (de masse atomique  $M(^{67}_{31}\text{Ga}) = 66,928217$  u) est un radio-isotope utilisé en imagerie médicale. Il se désintègre en zinc  $^{67}_{30}\text{Zn}$  (de masse atomique  $M(^{67}_{30}\text{Zn}) = 66,9271273$  u), un isotope stable. Dans le tableau ci-dessous figure quelques énergies d'ionisation du zinc 67,  $L_1$  et  $L_2$  étant deux sous-couches énergétiques de la couche L.

Couche	K	$L_1$	$L_2$
E (keV)	1,856	0,738	0,698

- a- Le  $^{67}_{31}\text{Ga}$  se désintègre par radioactivité  $\beta^+$ .
- b- Le  $^{67}_{31}\text{Ga}$  est un noyau riche en neutrons.
- c- L'énergie disponible pour la désintégration du  $^{67}_{31}\text{Ga}$  est inférieure à 1,02 MeV.
- d- Des rayons X de fluorescence d'énergie 1118 eV sont détectés suite à la désintégration du  $^{67}_{31}\text{Ga}$ .
- e- Il est possible de mesurer des rayons X de fluorescence de  $1,7 \cdot 10^{14}$  kHz par effet Auger.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM12** (suite) : L'activité mesurée d'une solution de 1 L de gallium  $^{67}_{31}\text{Ga}$  est de  $3,6 \cdot 10^{15}$  désintégrations par heure et par litre de solution. Dix jours après la préparation de la solution, on prépare un échantillon de 7 mL de solution. On considèrera que la désintégration du gallium  $^{67}_{31}\text{Ga}$  suit une loi exponentielle décroissante de période radioactive 3,3 jours.  $M(\text{Ga}) = 67$  g.mol $^{-1}$ .

- a- A chaque minute, la probabilité qu'un noyau de  $^{67}_{31}\text{Ga}$  se désintègre est de 0,145 %.
- b- La constante de temps du gallium est de 4,76 j.
- c- Après 10 jours, l'activité de la solution de gallium a diminué de 75%.
- d- Au moment de sa préparation, le nombre de noyaux de gallium présents dans l'échantillon est d'environ  $3,5 \cdot 10^{12}$ .
- e- Au moment de sa préparation, la masse de gallium dans l'échantillon est d'environ 40 ng.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

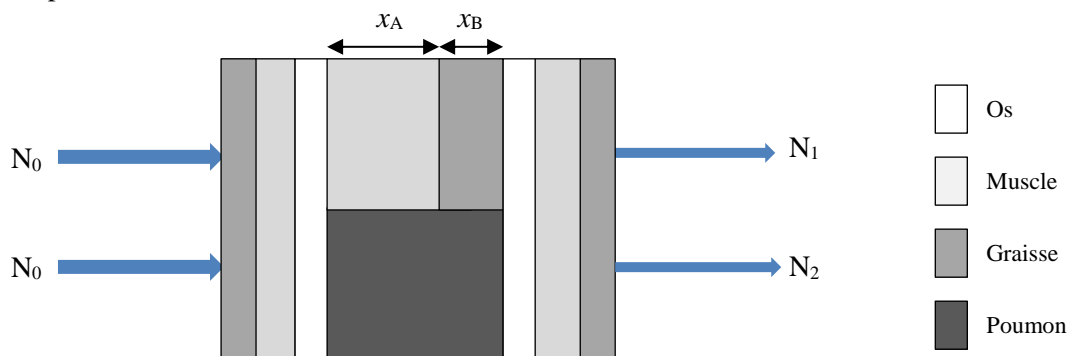
Les QCM 13 et 14 se basent sur le tableau suivant, déterminé dans le cadre de l'imagerie par rayons X.

	Poumons	Graisse	Muscle	Os
$\rho$ (g.cm $^{-3}$ )	0,3	0,9	1	1,8
Z moyen	7	6,5	7	20
$\mu$ (cm $^{-1}$ ) à 50 keV	0,07	0,25	0,3	0,9
$\mu$ (cm $^{-1}$ ) à 70 keV	0,06	0,15	0,2	0,5
$\mu$ (cm $^{-1}$ ) à 120 keV	0,05	0,13	0,18	0,35

### QCM13 :

- a- Les modes d'atténuation prédominant des photons de 40 keV et de 120 keV sont les mêmes pour les muscles.
- b- Pour les os, le changement de prédominance entre l'effet photoélectrique et l'effet Compton interviendra à une énergie photonique plus grande que pour les muscles.
- c- Pour la graisse, le coefficient d'atténuation pour des photons à 25 keV devrait être 8 fois plus faible que pour des photons à 50 keV.
- d- Pour la graisse, le coefficient d'atténuation pour des photons à 240 keV devrait être 8 fois plus grand que pour des photons à 120 keV.
- e- A 70 keV, le libre parcours moyen des photons sera plus élevé dans les poumons que dans les muscles.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM14 :** Deux faisceaux de photons de 120 keV de même intensité lumineuse sont envoyés sur le thorax d'un patient et traversent des couches de graisse, d'os et de muscle. Le second traverse également les poumons du patient alors que le premier traverse une couche de muscle et de graisse supplémentaires. On peut résumer la situation par le schéma suivant :



On donne  $x_A = 10$  cm et  $x_B = 3$  cm.

- a- Les faisceaux seront atténués majoritairement par création de paires.
- b- La CDA des photons de 120 keV dans les poumons est 13,9 cm.
- c- Dans la portion  $x_A + x_B$ , le coefficient d'atténuation moyen pour le faisceau 1 est  $0,168 \text{ cm}^{-1}$ .
- d- Pour le faisceau 2, 52% des photons incidents arrivant sur la portion  $x_A + x_B$  sont atténués par la traversée de cette zone.
- e- À la sortie du thorax, le faisceau 2 est 16 fois plus intense que le faisceau 1.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.

**QCM15 :** Une source ponctuelle isotrope de photons  $\gamma$  émet une puissance de 200 W. On voudrait éviter qu'une cible de surface  $1,5 \text{ m}^2$  située à une distance  $r$  de la source ne soit exposée à plus de 1 W. On négligera l'atténuation due à l'air.

Dans le plomb, la CDA pour des photons de 100 keV est 0,1 mm et la CDA pour des photons de 500 keV est 4 cm. On sait également que 30 cm de béton arrêtent 99,3% des photons de 500 keV.

- a- A 100 keV et dans le plomb, le mode d'atténuation prédominant est l'effet photoélectrique.
- b- Sans écran de protection, la distance minimale à partir de laquelle la cible est exposée à moins de 1 W est 4,89 m.

On veut placer un écran de protection entre la source et la cible, celle-ci étant située à 2 m de la source.

- c- Pour des photons de 100 keV, une épaisseur de 0,3 mm de plomb suffira pour que la cible reçoive moins de 1 W.
- d- Pour des photons de 500 keV, une épaisseur de 9 mm de plomb suffira pour que la cible reçoive moins de 1 W.
- e- Pour des photons de 500 keV, l'épaisseur de béton nécessaire pour que la cible reçoive moins de 1 W est environ 11 cm.
- f- Toutes les propositions précédentes sont fausses.