

## IMRT3 : DEVOIR 5 : 08/09

**QI** : Chacune des propositions a, b, c, d,... contient **une seule** affirmation vraie. Recopier, la lettre a, b, c ou d qui correspond pour chaque question à la proposition vraie. Justifier les calculs numériques pour les questions 12 et 13.

1- L'effet photoélectrique est une interaction entre :

- a) un électron incident et un électron lié de l'atome cible.
- b) un photon incident et un électron lié de l'atome cible.
- c) un photon incident et un électron libre ou faiblement lié de l'atome cible.

2- 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.

3- La probabilité d'interaction par effet photoélectrique est plus grande si l'énergie du photon incident X est :

- a) voisine mais légèrement supérieure à l'énergie de liaison d'un électron K ou L de l'atome cible.
- b) égale à la différence des énergies de liaison  $E_K - E_L$  des électrons de l'atome cible.
- c) voisine de l'énergie de liaison d'un électron externe de l'atome cible.
- d) voisine de l'énergie de liaison du noyau de l'atome cible.

4- Dans une diffusion simple de Thomson-Rayleigh, le photon incident est dévié

- a) sans changement de longueur d'onde.
- b) avec augmentation de sa longueur d'onde.
- c) avec diminution de sa longueur d'onde.

5- 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) ne peut pas transférer toute son énergie à l'électron quel que soit le type de choc.

6- Lors de l'effet Compton,

- a) l'électron Compton est toujours projeté vers l'avant et le photon diffusé est toujours projeté vers l'arrière.
- b) l'électron Compton est toujours projeté vers l'arrière et le photon diffusé est toujours projeté vers l'avant.
- c) l'électron Compton est toujours projeté vers l'avant et le photon diffusé peut éventuellement être émis vers l'arrière.

7- Un électron Auger est :

- a) un photoélectron expulsé par effet photoélectrique.
- b) un électron provenant d'un effet de matérialisation.
- c) un électron expulsé après un réarrangement électronique.

8- Lors de l'effet de matérialisation, le photon incident se matérialise en donnant naissance :

- a) un électron et un positon, qui s'annihilent en formant deux photons diffusés de 0,511 MeV chacun.
- b) un électron et un proton, qui s'annihilent en formant deux photons diffusés de 0,511 MeV chacun.
- c) 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.

9- L'effet de matérialisation se produit :

- a) pour des énergies supérieures à celles de l'effet Compton.

- b) pour des énergies inférieures à celles de l'effet photoélectrique.  
 c) pour des énergies inférieures à 1,022 MeV.

10- Un écran d'épaisseur égale à 4 fois la CDA (couche de demi-atténuation) :

- a) laisse passer un photon sur 4.      b) laisse passer un photon sur 16.      c) absorbe un photon sur 16.

11- Le coefficient d'atténuation linéique d'un matériau dépend :

- a) de l'énergie des photons incidents et de la nature du matériau.  
 b) uniquement de l'énergie des photons incidents.  
 c) uniquement de la nature du matériau.

12- Une épaisseur de 1 cm de plomb est nécessaire pour réduire de 95 %, l'intensité d'un faisceau de photons de 0,25 MeV. Le coefficient d'atténuation linéique du plomb est :

- a)  $3 \text{ cm}^{-1}$                       b)  $0,5 \text{ mm}^{-1}$                       c)  $5 \text{ mm}^{-1}$

13- La masse volumique du plomb est  $11,3 \text{ g.cm}^{-3}$ . Le coefficient d'atténuation massique du plomb pour des photons de 1 MeV est  $6,84 \times 10^{-2} \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ .

La CDA du plomb pour ces photons est :

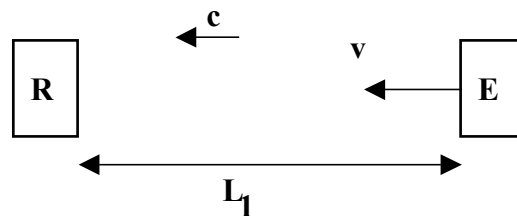
- a) 9 mm                      b) 10 cm                      c)  $4,2 \times 10^{-3} \text{ cm}$

## Q2 : Effet Doppler.

1. Quelle est la nature des ultrasons ?
2. Quelle est la gamme de fréquences des ultrasons ?
3. Quel est le nom du phénomène qui permet de générer ces ultrasons ?
4. Qu'appelle-t-on impédance acoustique  $Z$  d'un milieu ? Quelle est son unité ?

5. Effet Doppler : La fréquence reçue par un récepteur est différente de la fréquence émise par un émetteur quand émetteur et récepteur sont en mouvement relatif. Nous vous proposons de retrouver ce résultat par un calcul simple.

Soit un émetteur de «bips» ultrasonores E qui se rapproche à la vitesse  $v$  d'un récepteur R immobile.



Soient  $T$  et  $\nu$  la période et la fréquence d'émission des «bips».

Les «bips» se propagent à la célérité  $c$  dans le milieu élastique qui sépare R de E.

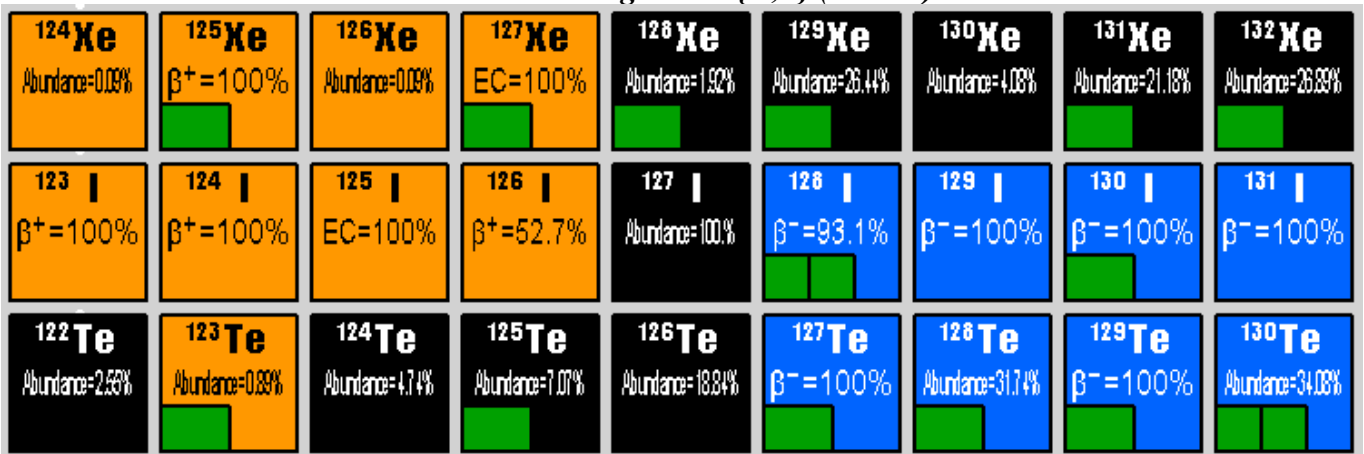
À l'instant  $t_1 = 0$ , E est à la distance  $L_1$  de R et émet le premier « bip » (cf figure ci-dessus).

- 5.1. Exprimer  $\Delta t_1$ , temps mis par ce «bip» pour arriver en R.
- 5.2. À quel instant  $\tau_1$  arrivera-t-il en R ? (On rappelle que l'instant d'arrivée est égal à l'instant de départ plus le temps de parcours).
- 5.3. Le deuxième «bip» est émis à l'instant  $t_2 = T$ . A cet instant, à quelle distance  $L_2$  E se trouve-t-il de R ?
- 5.4. Combien de temps  $\Delta t_2$  mettra ce deuxième «bip» pour arriver en R ?
- 5.5. À quel instant  $\tau_2$  arrivera-t-il en R ?
- 5.6. Le troisième «bip» est émis à l'instant  $t_3 = 2 T$ . A cet instant, à quelle distance  $L_3$  E se trouve-t-il de R ?
- 5.7. Combien de temps  $\Delta t_3$  mettra ce troisième «bip» pour arriver en R ?

- 5.8. À quel instant  $\tau_3$  arrivera t-il en R ?  
 5.9. Calculer  $\Delta\tau_1 = \tau_2 - \tau_1$  puis  $\Delta\tau_2 = \tau_3 - \tau_2$  et conclure.

**Problème : autour de l'iode.**

*Extraits du diagramme {N,Z} (AMDC)*



*Extraits de la classification périodique*

47 <b>Ag</b> Argent	48 <b>Cd</b> Cadmium	49 <b>In</b> Indium	50 <b>Sn</b> Étain	51 <b>Sb</b> Antimoine	52 <b>Te</b> Tellure	53 <b>I</b> Iode	54 <b>Xe</b> Xénon
---------------------------	----------------------------	---------------------------	--------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------	--------------------------

**Données :**

- célérité de la lumière :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$   
 unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$   
 masse du proton :  $m_P = 1,007 82 \text{ u}$   
 masse de l'électron :  $m_e = 5,48 \times 10^{-4} \text{ u} = 0,511 \text{ meV} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$   
 masse atomique de l'iode 129  $m(I) = 128,9049881 \text{ u}$   
 masse atomique du xénon 129  $m(Xe) = 128,9047794 \text{ u}$

- nombre d'Avogadro :  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  .  
 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 :  $m_N = 1,008 66 \text{ u}$

**I : RADIOACTIVITÉ DE L'IODE 131.**

L'iode 131  $^{131}_{53}\text{I}$  (émetteur β) est utilisé comme traceur γ dans le corps humain. Sa période (ou demi-vie) est de 8,1 jours.

Le 1<sup>er</sup> mars 2007 à 12h ( $t = 0$ ), un établissement reçoit un colis d'iode 131 d'activité  $3,0 \times 10^9 \text{ Bq}$ .

- Écrire l'équation de désintégration de l'iode 131.
- Préciser l'origine du rayonnement γ.
- Donner la définition de la période radioactive (notée  $T_{1/2}$ ). Donner la définition de la constante radioactive (notée λ) ; établir la relation mathématique reliant ces deux grandeurs.
- Donner l'expression mathématique de l'activité A(t) d'un échantillon.
- Compléter le tableau et tracer A(t) pour  $0 < t < 40$  jours (voir à la fin du sujet).

t (jours)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
A ( × 10 <sup>9</sup> Bq)									

- En utilisant la courbe tracée, déterminer la date à laquelle on observe une activité de  $1,0 \times 10^9 \text{ Bq}$ .
- Retrouver cette date par le calcul.
- Calculer la masse d'iode 131 présent dans l'échantillon le 25 mars 2007 à 20 h.

## 2 . ÉNERGIE D'UNE TRANSFORMATION NUCLÉAIRE

*L'iode 129 se désintègre par émission  $\beta^-$  ; le noyau fils formé émet des photons d'énergie 39,6 keV.*

- 2.1. Écrire l'équation (ou les équations) de désintégration ; identifier le noyau fils.
- 2.2. Donner le schéma de cette désintégration.
- 2.3. Montrer que l'énergie disponible au cours de cette désintégration est proportionnelle à la différence des masses **atomiques** du père et du fils ; calculer cette énergie en keV.
- 2.4. En déduire l'énergie cinétique maximale (théorique) des électrons émis.
- 2.5. Dans la pratique, on constate que l'énergie cinétique des électrons ne dépasse jamais 154 keV ; proposer une explication.

## 3 . DIFFÉRENTS TYPES DE DÉSINTÉGRATION.

- 3.1. Le xénon 127 se désintègre par capture électronique ; donner l'équation de la réaction et identifier le noyau fils.
- 3.2. Le xénon 125 se désintègre par émission  $\beta^+$  ; donner l'équation de la réaction et identifier le noyau fils.
- 3.3. Le xénon 124 et le Xénon 126 ne se désintègrent pas (il sont stables) ; proposer une explication.
- 3.4. L'iode 126 se désintègre par émission  $\beta^-$  dans 47,3% des cas (voir le diagramme {N,Z} ci-dessus) ; les 52,7% des autres désintégrations correspondent à un autre type d'émission ; de quel type d'émission s'agit-il ? Proposer une explication à ce paradoxe apparent. Donner les équations correspondantes.
- 3.5. L'iode 128, lui aussi, se désintègre selon deux voies différentes (voir le diagramme {N,Z} ci-dessus) ; citer lesquelles en justifiant la réponse ; donner les équations correspondantes.

## 4. RADIOACTIVITÉ DE L'IODE 125.

*L'iode 125 est obtenu en bombardant une cible de Tellure 125 par des deutons.*

- 4.1. Donner l'équation de cette réaction nucléaire en donnant les noms de tous les produits formés

*L'iode 125 se désintègre par capture électronique.*

*Le noyau fils est obtenu à 100% dans un état excité ; on observe la formation de photons d'énergie 35,49 keV*

- 4.2. Donner l'équation de la réaction et identifier le noyau fils.
- 4.3. Donner le schéma de cette désintégration.
- 4.4. Calculer la longueur d'onde du photon  $\gamma$  émis.

*On observe également l'émission de photons X de 27,2 keV et de 27,5 keV au cours de cette désintégration.*

*On donne les niveaux d'énergie internes de l'atome de Tellure (en keV)*

$$K : - 31,81 \qquad L_I : - 4,94 \qquad L_{II} : - 4,61 \qquad L_{III} : - 4,34$$

- 4.5. Proposer une interprétation expliquant la formation de ces photons.

*On observe l'émission d'électrons d'énergie cinétique de valeur (bien précise)  $E_c = 3,68$  keV au cours de cette désintégration.*

- 4.6. Calculer la vitesse de ces électrons.
- 4.7. Décrire le phénomène permettant d'expliquer leur apparition et justifier quantitativement la valeur que prend leur énergie cinétique.