

PREMIÈRE PARTIE : CONTRÔLE DES CONNAISSANCES**QI : Questions à choix multiples (16 points)**

Chacune des propositions de 1 à 9 contient une seule affirmation vraie (a, ou b, ou c, ou d). Choisir la bonne affirmation en la justifiant si demandé.

1. Les états d'énergie d'un électron sont définis par quatre nombres quantiques. On peut affirmer que :
 - a. le nombre quantique magnétique m varie par valeurs entières de $-n$ à $+n$
 - b. le nombre quantique secondaire l varie par valeurs entières de 0 à $n-1$
 - c. deux électrons appariés ont leurs quatre nombres quantiques identiques
 - d. le nombre quantique de spin s est égal à 1 .
2. À partir de l'écriture suivante ${}^{131}_{53}\text{I}^-$, on peut déduire que :
 - a. le nombre de nucléons est 131
 - b. la masse d'un atome de cet isotope de l'iode est environ 53 u
 - c. il y a 53 électrons dans cet ion
 - d. il y a 131 neutrons dans ce noyau.

Pour toutes les questions suivantes, justifier la réponse.

3. L'énergie E des niveaux de l'atome d'hydrogène est donnée par la relation $E_n = \frac{E_0}{n^2}$, où n est le nombre quantique principal et E_0 vaut $-13,6$ eV. La valeur en eV du troisième niveau à partir du niveau fondamental est, en eV :
 - a. $0,0$
 - b. $-1,5$
 - c. $-3,4$
 - d. $-0,5$

4. Données :

niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène :

$$\begin{aligned} E_1 &= -13,6 \text{ eV} \\ E_2 &= -3,4 \text{ eV} \\ E_3 &= -1,5 \text{ eV} \\ E_4 &= -0,85 \text{ eV.} \end{aligned}$$

L'excitation d'un atome d'hydrogène depuis son état fondamental peut s'accompagner :

- a. de l'émission de photons de $10,2$ eV
 - b. d'absorption de photons de $12,1$ eV
 - c. d'absorption de photons de $1,9$ eV
5. Soit une particule α (${}^4_2\text{He}^{2+}$) dans laquelle l'énergie moyenne de liaison par nucléon est $7,07$ MeV/nucléon.
La masse d'un proton est égale à $1,007 82$ u, celle d'un neutron est de $1,008 66$ u ($1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$).
La masse de la particule α est
 - a. $4,002 58$ u
 - b. $4,063 5$ u
 - c. $4,032 98$ u
 - d. $4,025 39$ u.

6. Lors d'une réaction nucléaire spontanée, l'émission β^- :
- s'accompagne de l'émission d'un neutrino
 - provient des électrons des couches profondes (K essentiellement)
 - provient de la transformation d'un neutron du noyau en un proton
 - provient de la transformation d'un proton du noyau en un neutron
7. La demi-vie ou période radioactive de l'iode ^{131}I est de 8,04 jours.
- sa constante radioactive est de $0,124 \text{ jour}^{-1}$
 - sa constante radioactive est de $6,0105 \text{ s}^{-1}$
 - la totalité de l'iode 131 aura disparu au bout de 16,08 jours
 - au bout de 24,1 jours, il ne reste que le huitième des noyaux d'iode 131
- 8.
- l'activité d'une source radioactive est proportionnelle à sa période
 - la période d'un radioélément est proportionnelle à sa constante radioactive
 - l'activité d'une source radioactive est inversement proportionnelle au nombre d'atomes non désintégrés
 - la période d'un radioélément est inversement proportionnelle à sa constante radioactive.
9. Des électrons d'énergie cinétique 1,0 MeV pénètrent dans la matière vivante, effectuant un parcours de 0,50 cm :
- leur parcours dans l'air est le même
 - sachant qu'il faut environ 32 eV pour ioniser une molécule d'eau, ces électrons ont une densité d'ionisation linéique (DIL) de $6,3 \times 10^4$ ionisations/cm.
 - ils sont moins pénétrants que des particules α de même énergie;
 - leur couche de demi-atténuation (CDA) est de 0,5 cm dans la matière vivante.

Q2 : La tomographie par émission de positrons ou TEP (14 points)

« La TEP est fondée sur l'existence de radioéléments qui se désintègrent avec émission de positons. Lorsque cette émission se produit dans un milieu matériel, le positon se combine avec un électron du milieu et disparaît après un parcours très bref (1 à 3 mm). On obtient alors des photons γ . La détection de deux photons émis en coïncidence permet de localiser le point d'annihilation. Ce dernier étant pratiquement confondu avec le point d'émission du positon, on dresse ainsi la cartographie du radioélément dans l'organe vivant étudié ».

d'après « Le progrès technique 4-92 »

Données :

charge élémentaire $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$,

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

masse de l'électron $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

unité de masse atomique $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV.c}^{-2}$

- Donner la masse et la charge du positon.
- Expliquer ce qui se passe entre l'émission du positon et la rencontre avec l'électron.
- Décrire (quantitativement) l'interaction entre un positon et un électron.
- Les éléments émetteurs de positons utilisés sont généralement des isotopes d'éléments constitutifs des organes comme l'oxygène ou le carbone. Ils remplacent l'élément stable car ils ont le même cortège électronique. En utilisant les quatre nombres quantiques, décrire le cortège électronique dans l'état fondamental du carbone qui possède 6 électrons. Représenter les cases quantiques. Indiquer sa position dans la classification périodique.

5. L'oxygène présente un isotope émetteur de positons noté $^{15}_8\text{O}$.

Que représentent les nombres 8 et 15 ? Indiquer l'équation de la désintégration et énoncer les lois de conservation. Préciser le mécanisme de cette désintégration.

6. Ces émetteurs de positons ont une « demi-vie » brève (de quelques minutes à quelques heures). Définir la demi-vie d'un radioélément.

DEUXIÈME PARTIE : PROBLÈME (30 points)

EXERCICE I : étude d'un circuit RLC (12 points)

On désire étudier le comportement d'un circuit RLC série.

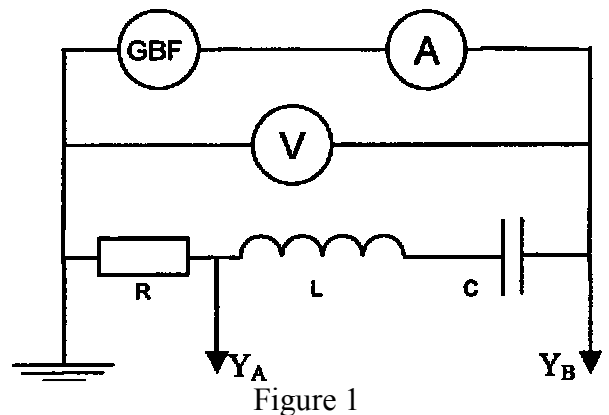
On dispose d'un générateur basse fréquence (GBF), d'un oscilloscope, d'un ampèremètre (A) et d'un voltmètre (V).

Données : on réalise le montage schématisé figure 1.

$$R = 2,00 \text{ k}\Omega$$

$$L = 1,00 \text{ H}$$

$$C = 1,00 \text{ }\mu\text{F}$$



1. Le GBF doit produire une tension $u_g(t)$, exprimée en volts, telle que :

$$u_g(t) = 15 \cos(1000 \pi t)$$

1.1. Quelle est la période de cette tension ?

1.2. Quelle est son amplitude ?

1.3. Quelle sera la valeur indiquée par le voltmètre ?

1.4. On rappelle que l'impédance d'un circuit RLC série s'exprime par la relation :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

1.4.a. Calculer l'impédance du circuit.

1.4.b. En déduire la valeur qui sera indiquée par l'ampèremètre.

2. On fait maintenant varier la fréquence du GBF

L'oscilloscope étant branché sur le circuit conformément aux indications fournies sur la figure 1, on obtient l'oscillogramme reproduit figure 2.

Données :

Voie A (Y_A) : sensibilité 5V/division
Voie B (Y_B) : sensibilité 5V/division
Base de temps : 5 ms/division

- 2.1. Quelle est la fréquence de la tension appliquée au circuit ?
- 2.2. Identifier la courbe correspondant à la voie A.
- 2.3. La tension aux bornes du dipôle R étant en phase avec l'intensité, déterminer le déphasage de la tension appliquée au dipôle RLC par rapport à l'intensité du courant.

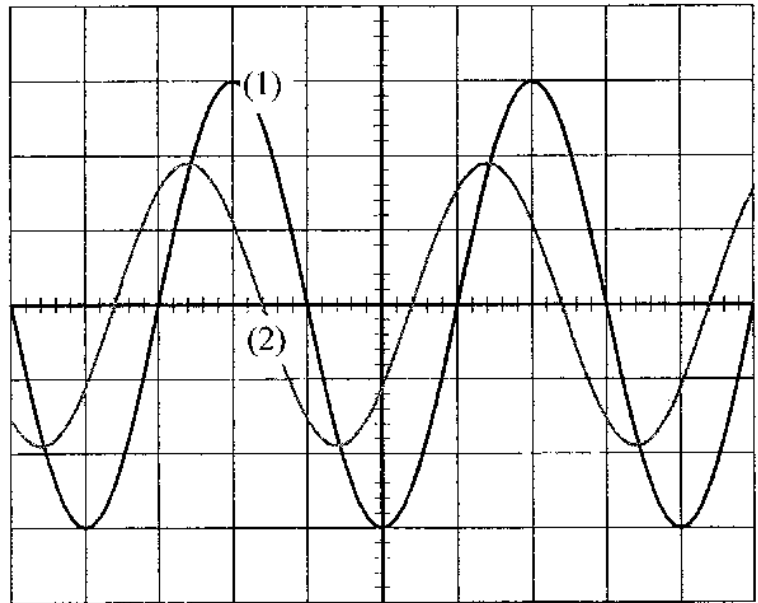


Figure 2

3. On cherche maintenant à étudier le phénomène de résonance du circuit. On rappelle qu'à la résonance, l'impédance Z du circuit est minimum.
 - 3.1. Retrouver, à partir de l'expression de Z , la relation qui permet de calculer la fréquence de résonance f en fonction des caractéristiques du circuit.
 - 3.2. Quelle est la valeur de cette fréquence f_0 ?
 - 3.3. Quel sera le déphasage mesuré à la question 2.3. à la fréquence de résonance ?

EXERCICE 2 : Atténuation d'un faisceau polyénergétique de photons (18 points)

Un faisceau de N_0 photons est constitué pour moitié de N_{01} photons d'énergie E_1 , de 100 keV et l'autre moitié de N_{02} photons d'énergie E_2 , de 50 keV.

Ce faisceau traverse une plaque de cuivre dont les coefficients d'atténuation linéique sont :

$$\begin{aligned}\mu_1 &= 0,357 \text{ mm}^{-1} \text{ pour les photons d'énergie } E_1 \\ \mu_2 &= 2,30 \text{ mm}^{-1} \text{ pour les photons d'énergie } E_2.\end{aligned}$$

Après la traversée d'une épaisseur x de cuivre, il reste N_1 et N_2 photons d'énergies respectives E_1 et E_2 . On appelle N le nombre total de photons.

1. Calculer les couches de demi-atténuation du cuivre (CDA) pour les photons d'énergie E_1 et E_2 . On rappelle l'expression : $CDA = \frac{\ln 2}{\mu}$
2. Exprimer N_1 et N_2 en fonction de N_0 , x et des coefficients d'atténuation (μ_1 et μ_2).
3. Compléter le tableau de l'annexe 2 page 8/8 (à rendre avec la copie) après avoir donné un exemple de calcul pour chaque ligne.

4. Sur le papier semi-logarithmique joint **en annexe page 6/6 (à rendre avec la copie)**, compléter en représentant N/N_0 (%) en fonction de x .

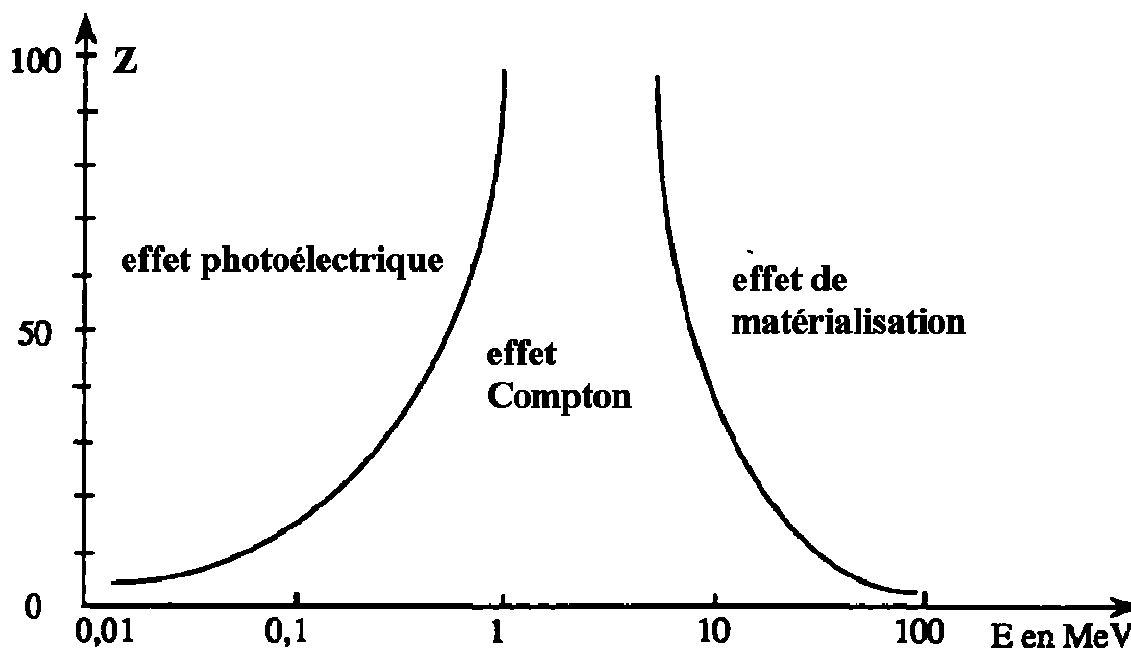
5. Déterminer graphiquement les couches de demi-atténuation successives pour l'ensemble du faisceau jusqu'à la troisième. On appelle :

- première C.D.A., l'épaisseur de matière qui diminue le pourcentage total de photons de 100 à 50 ;
- deuxième C.D.A., l'épaisseur de matière qui diminue le pourcentage total de photons de 50 à 25 ;
- etc...

Que remarque-t-on?

6. On considère un faisceau monocinétique d'énergie $E = 100$ keV, calculer l'épaisseur de la plaque de cuivre qui arrête 30% du rayonnement.

7. Soit la figure 3 ci-dessous :



7.1. Que représente-elle ? Définir brièvement les trois effets mentionnés.

7.2. En déduire l'effet prépondérant pour des photons de 100 keV sur la plaque de cuivre, le numéro atomique du cuivre est 29.

Annexe (à rendre avec la copie)

Tableau à compléter :

| | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|
| X (mm) | 0.0 | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| N₁/N₀ (%) | 50.0 | 43.3 | | 24.5 | | 12.0 |
| N₂/N₀ (%) | 50.0 | 19.9 | 5.0 | 0.5 | 0.1 | 0.0 |
| N/N₀ (%) | | | 40.0 | 25.0 | 17.2 | 12.0 |

