

**Questionnaire à choix multiples : compléter le tableau par V pour Vrai et F pour Faux**

1. Un champ électrique est généralement émis par

- A une masse
- B une charge
- C deux plaques parallèles chargées
- D un aimant
- E une masse en mouvement accéléré

2. L'accélération d'un électron de charge (-e) soumis à un champ électrique E créé par deux plaques parallèles est

- A parallèle aux plaques
- B perpendiculaire aux plaques
- C constante
- D de direction dépendant de la charge des plaques
- E uniformément variée

3. Des particules chargées, de masse m, accélérées par une tension  $U_a$ , sont déviées par une tension  $U_d$  créée par deux plaques parallèles

La déflexion électrique D est

- A inversement proportionnelle à la tension accélératrice  $U_a$
- B proportionnelle à la tension  $U_d$
- C proportionnelle à la longueur des plaques déviateuses
- D proportionnelle à la masse des particules
- E proportionnelle à la distance entre les plaques.

4. Soit un condensateur plan dont les plaques P et P' sont distantes de 20 mm et de longueur 0,10 m. La différence de potentiel vaut  $U_{PP'} = 1,0$  kV. La valeur du champ électrique régnant entre ces plaques est de l'ordre de :

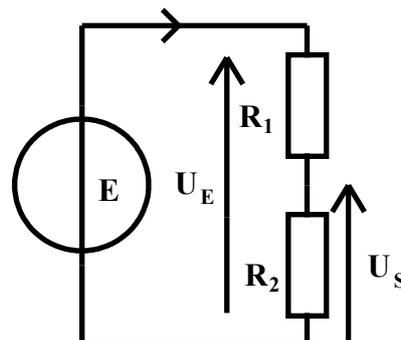
- A  $500 \text{ V.cm}^{-1}$
- B  $50 \text{ kV.m}^{-1}$
- C  $0,02 \text{ V.m}^{-1}$
- D  $200 \text{ V.m}^{-1}$
- E  $50 \text{ V.m}^{-1}$

5. Un champ magnétique peut être créé par

- A un ensemble de charges immobiles
- B une charge en mouvement
- C un courant électrique
- D un aimant
- E une bobine à la seule condition qu'elle soit alimentée en courant alternatif

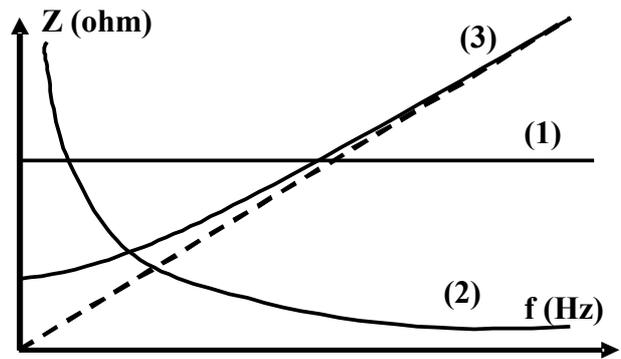
6. Dans le circuit ci dessous  $E = 12 \text{ V}$ ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 2,0 \text{ k}\Omega$ .

- A la tension  $U_s$  est nulle
- B la tension  $U_s$  vaut 6,0 V
- C la tension  $U_s$  vaut 2,4 V
- D la tension  $U_s$  vaut 2,0 V
- E la tension  $U_s$  vaut 12,0 V



7. On a représenté sur un même schéma les variations des impédances  $Z$  de trois dipôles (résistance, bobine et condensateur) en fonction de la fréquence  $f$  de la tension sinusoïdale qui les alimente.

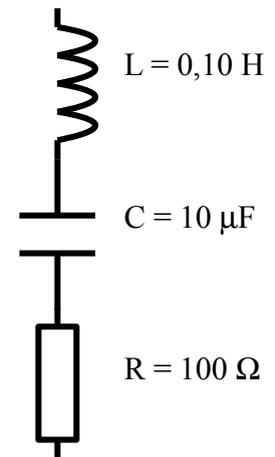
- A la courbe 2 correspond à la bobine
- B la courbe 1 correspond à la résistance
- C la courbe 3 correspond à la bobine
- D la courbe 2 correspond au condensateur
- E la résistance de la bobine est nulle



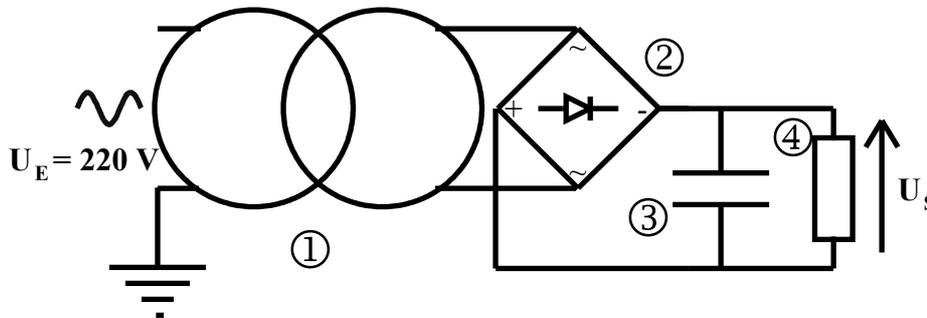
8. Le dipôle ci-contre est alimenté par une tension

$$u(t) = 20 \sqrt{2} \cos(100\pi t + \frac{\pi}{2}). \text{ (u en V et t en s)}$$

- A l'impédance du dipôle est supérieure à  $100 \Omega$
- B l'impédance du dipôle est égale à  $100 \Omega$
- C l'impédance du dipôle est inférieure à  $100 \Omega$
- D La tension  $u$  est en avance de phase sur l'intensité  $i$
- E La tension  $u$  est en phase avec  $i$



9. Le montage suivant permet d'obtenir une tension continue  $U_s = 12 \text{ V}$  à partir de la tension du secteur.



- A le nombre de spires de l'enroulement secondaire du transformateur ① est supérieur au nombre de spire de l'enroulement primaire
- B le composant ② est un pont de diodes.
- C si on diminue la valeur de la résistance du conducteur ④, le filtrage de la tension  $U_s$  risque de devenir de mauvaise qualité
- D le filtrage de la tension  $U_s$  est meilleur si la capacité du condensateur ③ est élevée.
- E Si on enlève le condensateur ③, la tension aux bornes du conducteur ④ devient alternative

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| C |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| E |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

## Q2 : Étude d'un circuit RLC

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). on réalise le montage schématisé figure 1.

Données :

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

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

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

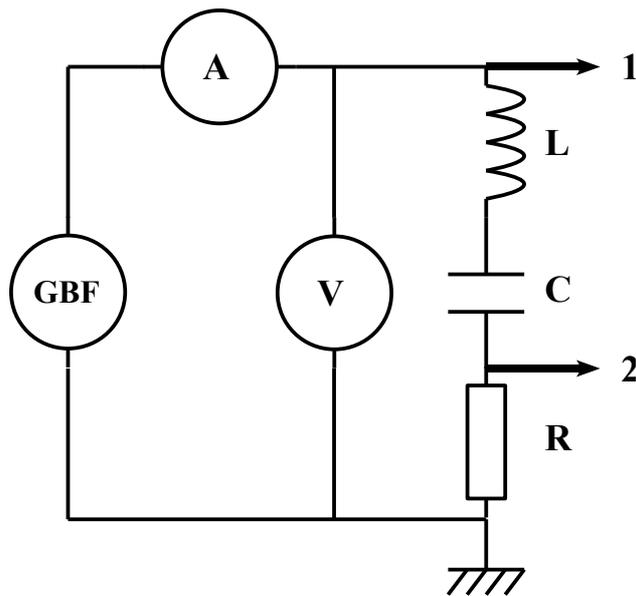


Figure 1

1. Le GBF produit une tension  $u_g(t)$ , exprimée en volts, telle que :  $u_g(t) = 15 \cos(1000 \pi t)$

1.1. Calculer la période de cette tension.

1.2. Quelle est son amplitude ?

1.3. Donner 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 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 1 : sensibilité 5 V/division    Voie 2 : sensibilité 5 V/division    Base de temps : 5 ms/division

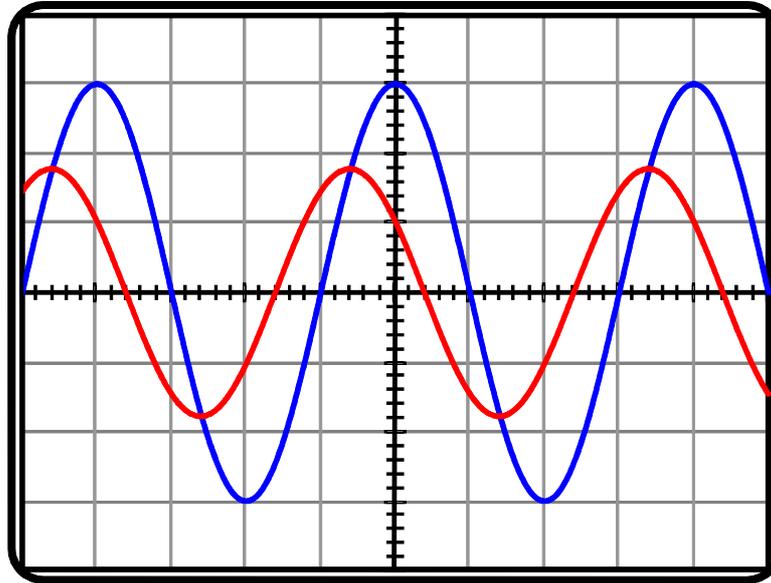


figure 2

2.1. Mesurer la période et calculer la fréquence de la tension appliquée au circuit.

2.2. Identifier la courbe correspondant à la voie 1 ; justifier la réponse.

2.3. La tension aux bornes du dipôle R est en phase avec l'intensité : déterminer le déphasage de la tension appliquée au dipôle RLC par rapport à l'intensité du courant.

2.4. Mesurer l'amplitude de la tension aux bornes de la résistance ; en déduire l'amplitude de l'intensité du courant.

2.5. Donner l'expression de l'intensité du courant en fonction du temps.

3. On cherche maintenant à étudier le phénomène de résonance du circuit. On rappelle qu'à la résonance, l'impédance  $Z$  du circuit est minimale.

3.1. Retrouver, à partir de l'expression de  $Z$ , la relation qui permet de calculer la fréquence de résonance  $f_0$  en fonction des caractéristiques du circuit.

3.2. Calculer la fréquence  $f_0$  ?

3.3. Que devient le déphasage mesuré à la question 2.3. à la fréquence de résonance ?

3.4. Donner la représentation de Fresnels correspondant à cette situation.

# PROBLÈME : Tomographie par émission de positrons

## Données :

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

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

*masse atomique de l'oxygène 18  $m_o = 17,999160 \text{ u}$*

*masse de l'électron  $m_e = 5,4858 \times 10^{-4} \text{ u}$*

*unité de masse atomique  $1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV.c}^{-2}$*

*masse volumique du plomb :  $\rho = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$*

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

*nombre d'Avogadro  $N_o = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$*

*masse atomique du fluor 18  $m_F = 18,000938 \text{ u}$*

*On utilise essentiellement le fluorodesoxyglucose FDG marqué au fluor 18 pour ce type d'examen.*

## 1. Production du fluor 18 ( $Z = 9$ ).

*Le fluor 18 est fabriqué après collision entre un noyau d'oxygène 18 ( $Z = 8$ ) à l'état liquide et un proton de haute énergie cinétique ( $E_c = 18 \text{ MeV}$ ), issu d'un cyclotron.*

*Une autre particule élémentaire est émise lors de cette collision.*

*Écrire l'équation de la transmutation nucléaire en précisant les deux lois utilisées.*

## 2. Désintégration du fluor 18

*Le fluor 18 se désintègre par émission  $\beta^+$  pour donner de l'oxygène, le noyau de l'oxygène est obtenu dans son état fondamental.*

2.1. Écrire l'équation de cette désintégration.

2.2. Donner le schéma de désintégration du fluor 18.

2.3. Montrer que l'énergie totale libérée (énergie disponible) au cours de cette désintégration vaut  $E = 0,635 \text{ MeV}$ .

2.4. Expliquer pourquoi l'énergie cinétique des particules  $\beta^+$  émises peut prendre plusieurs valeurs ; donner les valeurs extrêmes de ces énergies.

2.5. La présence de fluor 18 peut être détectée par une gamma-caméra détectant des photons d'énergie bien particulière ; préciser la valeur de cette énergie et les conditions de détection.

## 3. Détection des photons d'annihilation $\gamma$

*Un dispositif (gamma caméra) composé d'un cristal scintillateur et d'un photomultiplicateur permet de détecter les photons  $\gamma$*

*Le cristal scintillateur BGO : Bismuth Germanium Oxide, a une épaisseur de 2 pouces  $\frac{1}{4}$ , soit 5,71 cm. Les photons de scintillation émis ont pour longueur d'onde  $\lambda' = 480 \text{ nm}$ .*

3.1. Un photon d'annihilation d'énergie  $E = 511 \text{ keV}$  cède toute son énergie à un électron de conduction du cristal : donner le nom de ce type d'interaction.

Expliquer pourquoi l'énergie cinétique de l'électron émis est peu différente de l'énergie du photon.

3.2. Cet électron va subir plusieurs interaction avec le cristal, avec émission de photons de scintillations ( $\lambda' = 480 \text{ nm}$ ). Calculer l'énergie d'un photon de scintillation (en J et en eV) ; en déduire le nombre (théorique) de photons de scintillation émis par photon d'annihilation détecté.

3.3. Un autre effet que celui cité en 3.1. se produit quand les photons interagissent dans le scintillateur ; donner une brève description de ce type d'interaction.

3.4. Derrière le cristal, se trouvent une photocathode et un système de dynodes ; ce système constitue un photomultiplicateur.

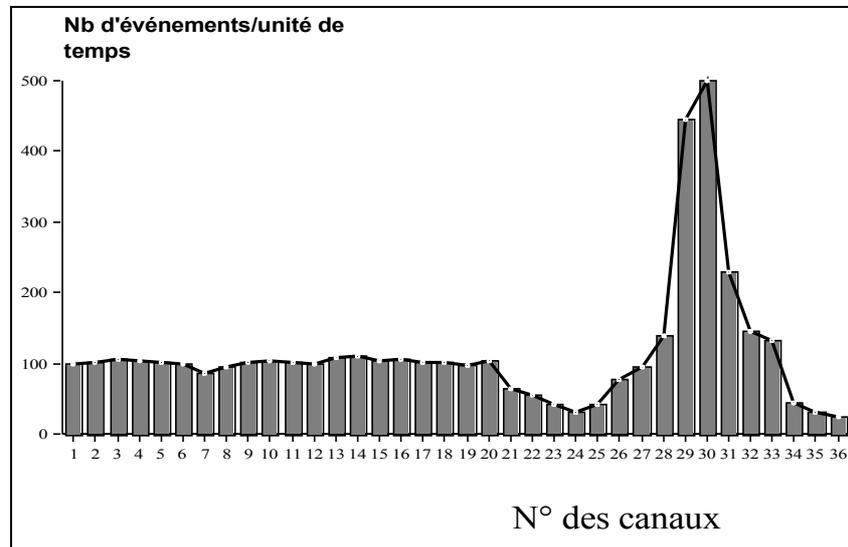
Exposer brièvement le principe de fonctionnement d'un photomultiplicateur.

Donner la relation simple existant entre le signal de sortie du photomultiplicateur et l'énergie du photon d'annihilation détecté.

3.5. Au cours d'une acquisition, on mesure le nombre d'impulsions pendant une durée déterminée, pour une hauteur de signal donnée (un canal, correspondant à un intervalle d'énergie des photons incidents) ; cette mesure est répétée pour plusieurs canaux. On obtient alors la courbe ci après, indiquant la fréquence des événements correspondant à un canal particulier.

Il est nécessaire d'étalonner l'appareil, c'est-à-dire trouver une correspondance entre le numéro du canal et la valeur en énergie des photons détectés.

Quelle valeur d'énergie des photons incidents doit-on affecter au canal 30 ?



#### 4. Activité de la source radioactive

À la sortie du réacteur, un automate de synthèse permet de remplacer un groupement OH du glucose par du fluor 18. La molécule marquée a alors des propriétés analogues au glucose. Dans l'organisme, elle se fixe dans les cellules cancéreuses, qui ont un métabolisme augmenté par rapport aux cellules saines.

La période radioactive (demi-vie) du fluor 18 est :  $T_{1/2} = 112$  minutes.

Plusieurs doses sont produites en même temps pour réaliser trois examens.

Le premier examen a lieu à 10 h et on injecte au patient une dose d'activité :  $A = 260$  MBq.

4.1. Calculer la constante radioactive du fluor (unités du système international)

En déduire le nombre N de noyaux de fluor 18 contenus dans une dose.

Calculer la masse de fluor correspondante.

4.2. Un deuxième patient a son examen 2 heures plus tard et on doit également lui injecter une dose d'activité :  $A = 260$  MBq.

Déterminer l'activité  $A_{20}$  que doit avoir cette dose lorsqu'on la prépare à 10 h du matin.

4.3. Un troisième patient a son examen 6 heures plus tard et on doit également lui injecter une dose d'activité :  $A = 260$  MBq.

Déterminer l'activité  $A_{60}$  que doit avoir cette dose lorsqu'on la prépare à 10 h du matin.

4.4. Déterminer la durée nécessaire à la diminution de 99,9% de l'activité initiale A.

En déduire pourquoi le cyclotron doit se trouver près de l'endroit où l'examen est réalisé.

4.5. Dans la réalité, on constate, chez le patient, une diminution de la radioactivité de 99,9 % pour une durée correspondant à environ 13 h ; donner une explication à ce phénomène.

## 5. Radioprotection

La couche de demi-atténuation des photons  $\gamma$  de 511 keV vaut  $x_{1/2} = 4,0$  mm pour le plomb.

5.1. Calculer le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

Retrouver ce résultat en exploitant le graphique donné ci-après ; préciser par quel(s) type(s) d'interaction(s) ces photons réagissent avec le plomb.

5.2. Une enceinte blindée a une épaisseur :  $x = 50$  mm.

Calculer le pourcentage du rayonnement transmis par cette enceinte.

5.3. Expliquer pourquoi le port d'un tablier de plomb d'épaisseur :  $e = 0,4$  mm n'est d'aucune utilité pour se protéger de ce type de rayonnement.

5.4. Une source de 260 MBq entraîne un débit de dose de  $60 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  à une distance :  $d_0 = 1,0$  m de la source. Déterminer le débit de dose à une distance :  $d = 3,0$  m de la source.

