

**TEST POUR LE FINANCEMENT DE LA PREPARATION
AU CONCOURS INTERNE D'ELEVE INGENIEUR A L'EIVP**

RENTREE SEPTEMBRE 2024

Mardi 28 mai 2024

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée de l'épreuve : **3h00**

Epreuve notée sur 20

**Vous ne devrez composer que sur les copies spécialement
fournies.**

**Du papier brouillon est à votre disposition. Son usage vous est
personnel. Aucun brouillon ne pourra être remis en fin
d'épreuve en lieu et place d'une copie.**

Test d'admission : Physique (3h)

Mai 2024

- Ce devoir est composé de 3 exercices **indépendants**. Ils peuvent être traités dans un ordre quelconque.
- **Changer de page** au début de chaque exercice.
- Penser à **numéroter** les copies.
- L'argumentation des réponses devra être **précise, concise** et **rigoureuse**.
- Toute application numérique non suivie d'une **unité correcte** sera comptée fausse.
- Les résultats littéraux demandés par l'énoncé seront **encadrés** et les applications numériques **soulignées**.

- Calculatrice autorisée -

I Ondes & Effet doppler

I.1 Micro-onde

On considère l'onde électromagnétique produite par un four à micro-onde dont la fréquence de source est $f = 2,45$ GHz.

1. Calculer la longueur d'onde dans l'air de cette onde. On rappellera la valeur de la célérité des ondes électromagnétiques avec 3 chiffres significatifs.
2. Quel est l'ordre de grandeur de λ ? Commenter sur le préfixe *micro-* utilisé.

La vitesse du son dans l'air dépend de la température T selon la formule :

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M_{air}}}$$

$$\text{Où} \quad \begin{cases} \gamma = 1,4 \text{ (sans unité)} \\ R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} \\ M_{air} = 29.10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1} \end{cases}$$

3. Calculer la fréquence d'un son de longueur d'onde $\lambda = 78$ cm lorsque la température vaut $T_1 = 290$ K puis $T_2 = 300$ K.
Un son paraîtra d'autant plus aigu que sa fréquence est élevée.
4. Le son sera-t-il perçu comme plus aigu ou plus grave quand T augmente ? Citer une expérience quotidienne où ce phénomène est constaté.
5. Décrire les 2 modes de transfert thermiques principaux lors de la cuisson d'un aliment dans un micro-onde.
6. Avec un four de puissance 750 W, on chauffe 1 litre d'eau. En 3 minutes, la température de l'eau varie de 18°C à 41°C. On donne la capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 - (a) Calculer la variation d'énergie interne de l'eau
 - (b) Calculer l'énergie consommée par le four
 - (c) Donner le rendement de conversion du four

I.2 Effet DOPPLER

L'effet Doppler est un autre exemple de phénomène qui altère la fréquence perçue. On considère un récepteur, noté R , placé à l'origine d'un repère unidimensionnel (Ox). Un émetteur, noté E , repéré par sa position x sur l'axe, se déplace à vitesse constante $\vec{v} = v\vec{u}_x$ avec $v > 0$. Il est initialement situé à la distance $x_0 = D > 0$. L'émetteur émet une série de "bips" sonores espacés d'intervalles de temps réguliers d'une durée T dans la direction d'un récepteur fixe en O . Chaque onde sonore se propage à la célérité c .

7. Qualifier le plus précisément possible une onde sonore. S'agit-il d'une onde longitudinale ou transversale ?
8. Faire un Schéma clair de la situation avec toutes les grandeurs annotées.
9. Trouver les dates de réception par le récepteur des deux premier "bips".
10. Montrer que le récepteur reçoit les bips tous les T' que l'on exprimera en fonction de T , v et c .
11. Comment faire pour que la période T' perçue par le récepteur soit plus faible que T ? Plus importante ? Ces résultats expliquent-ils pourquoi le son émis par un véhicule qui s'éloigne paraît plus grave que le son émis par le même véhicule à l'arrêt ?
12. On connaît bien les longueurs d'onde émises ou absorbées par l'hydrogène, qui est le constituant principal de l'univers. Les galaxies, essentiellement constituées d'hydrogène, ont ce spectre, mais décalé vers le rouge, et ce décalage est d'autant plus marqué que la galaxie est éloignée de nous. Que peut-on en conclure ?

II Défibrillateur

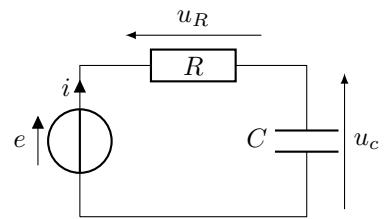
En 1947, le Dr Claude Beck invente, dans l'Hôpital Universitaire de Cleveland, le défibrillateur fonctionnant avec le courant alternatif du secteur avec une tension utile de l'ordre de 1500 volts. Dans les années 1960, une amélioration notable fût de permettre l'utilisation ambulatoire d'un défibrillateur à alimentation autonome à courant continu. On stocke de l'énergie dans des condensateurs, puis cette énergie est libérée pendant un intervalle de temps très court.

Le défibrillateur permet de lutter contre la fibrillation cardiaque, qui est un trouble grave du rythme cardiaque pouvant aboutir à un infarctus, qui correspond lui à une mort cellulaire de tout ou partie du muscle cardiaque.

II.1 Charge et décharge d'un condensateur

On considère un condensateur idéal de capacité C placé dans le circuit ci-contre contenant le générateur de charge de f.e.m. $e(t)$ et un résistor de résistance R . Pendant la charge, la f.e.m. $e(t) = E$ (constante). Pendant la décharge, $e(t) = 0$.

1. On s'intéresse tout d'abord à la charge du condensateur, supposé initialement déchargé. Écrire l'équation différentielle vérifiée par la tension u_c aux bornes du condensateur en faisant intervenir un temps caractéristique τ .
2. Résoudre l'équation différentielle et en déduire l'expression de $u_c(t)$
3. Tracer la courbe correspondante en laissant apparaître les traits de construction.
4. Quelle est la valeur maximale de la tension $u_{c,max}$ possible ? Préciser l'instant t_0 à partir duquel on peut considérer que la tension u_c a atteint 95% de sa valeur maximale.



Une fois la charge terminée, on éteint le générateur à l'instant t_1 , il peut alors être remplacé par un fil. L'instant t_1 est pris comme nouvelle origine des temps.

5. Sans calculs expliquer l'évolution attendue de $u_c(t)$. Le tracer sur le même graphique que précédemment.

II.2 Générateur non idéal

En réalité, le générateur n'est pas idéal. On le modélise par un générateur réel de tension de f.e.m. $e(t)$ en série avec une résistance interne r .

6. Représenter le circuit électrique en tenant compte de cette modélisation du générateur. Pour simplifier le circuit, associer les résistances ensemble en une seule résistance équivalente que l'on nommera R_0 .
7. Que devient l'expression du temps caractéristique τ lors de la charge et de la décharge ? Commenter la nouvelle évolution attendue de $u_c(t)$ par rapport au cas idéal.

II.3 Étude énergétique

On reprend le modèle du générateur idéal de tension étudié au 1.

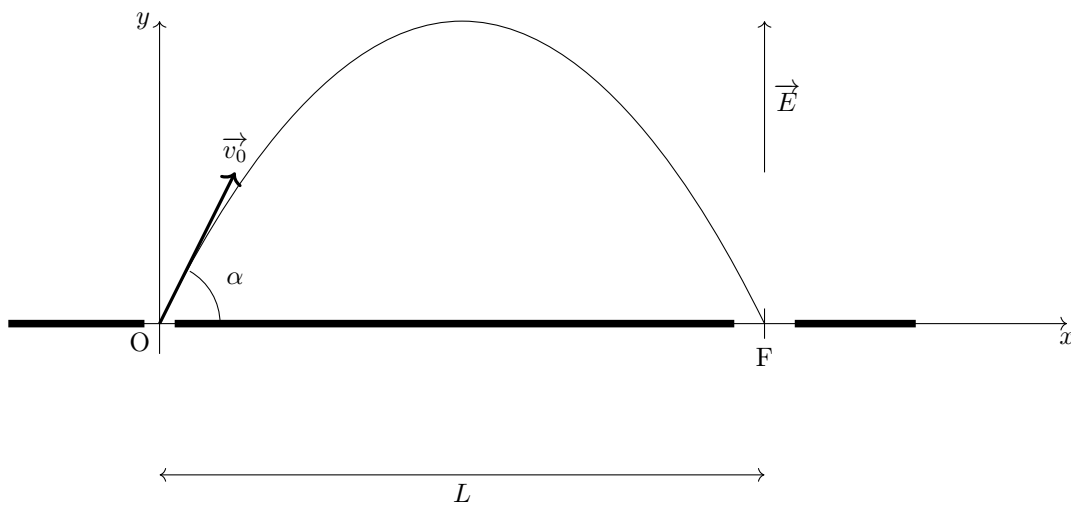
8. Donner l'expression de l'énergie accumulée par le condensateur pendant la phase de charge.
9. On souhaite générer un pic d'intensité d'une puissance égale à 4,0kW et d'une durée de 10 ms. Calculer l'énergie moyenne devant être stockée dans le condensateur pour générer un tel pic.
10. Déterminer un ordre de grandeur de la valeur de la capacité C nécessaire si on utilise un générateur haute tension de f.e.m. 2kV.

III Focalisation d'électrons

Des électrons, de charge $q = -e < 0$, préalablement accélérés à un vecteur $\vec{v}_0$ supposé contenu dans le plan (xOy) , pénètrent par une fente placée en O , supposée très fine, dans la région $(y > 0)$ où règne un champ électrique uniforme $\vec{E} = E \vec{u}_y$. On désire recueillir ces électrons à travers une fente F située sur l'axe (Ox) , à la distance $OF = L$ de O . On peut mesurer l'angle α que fait le vecteur $\vec{v}_0$ des électrons en O avec l'axe (Ox) , ainsi que la norme et le sens du champ électrostatique $\vec{E}$.

Données utiles :

- Masse de l'électron : $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.
- Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C
- Vitesse initiale : $||\vec{v}_0|| = 20$ m.s⁻¹
- Distance OF : $L = 30$ cm



1. Montrer que l'on peut négliger la force du poids devant la force électrique.
2. Dans la suite on ne prendra pas en compte le poids de l'électron. Appliquer le PFD sur l'électron et donner les équations horaires du mouvement $x(t)$ et $y(t)$.
3. Montrer l'équation de la trajectoire et montrer que : $y(x) = -\frac{eE}{2mv_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha$
4. Montrer que l'abscisse de sortie des électrons x_s en fonction de α s'écrit : $x_s = \frac{mv_0^2}{eE} \sin(2\alpha)$
5. Déterminer (par une méthode simple) la vitesse à laquelle les électrons sortent de la fente F .

On suppose maintenant que le faisceau d'électrons présente une faible dispersion angulaire $\Delta\alpha$: $\alpha \in [\alpha_0 - \frac{\Delta\alpha}{2}, \alpha_0 + \frac{\Delta\alpha}{2}]$.

6. Pour minimiser la dispersion des particules autour de la fente F on veut $\left(\frac{dx_s}{d\alpha}\right) = 0$ pour $\alpha = \alpha_0$. En déduire la (les) valeur(s) de α_0 .
7. Déterminer le champ électrique E qui permet de focaliser les électrons au niveau de la fente F . On l'exprimera en fonction de m , L , v_0 et e . Faire l'AN.
8. Si la fente est repoussée à une distance plus grande $L' > L$, comment faudrait-il modifier $\vec{E}$ pour l'atteindre ? Même question si la charge q était positive au lieu d'être négative ? Justifier qualitativement.