

ÉLECTRODINAMIQUE - LOIS GÉNÉRALES - exercices

A. EXERCICES DE BASE

I. Caractéristique courant-tension

• Pour un certain nombre de substances, par exemple le carbure de silicium en poudre agglomérée, la loi de variation de la tension U appliquée en fonction du courant I qui traverse un échantillon est bien représentée par : $U = C I^\beta$ où C et β sont des constantes caractéristiques de l'échantillon, dépendant de la température. Un tel dispositif est appelé "varistance" ou R.D.T. (résistor dépendant de la tension). On considère un RDT dont la température est maintenue constante, pour lequel : $C = 120$ (S.I.) et $\beta = 0,20$.

1. • Déterminer le domaine de validité (en tension et en courant) de la caractéristique, sachant que la puissance maximale qui peut être dissipée dans le RDT est $\mathcal{P}_M = 4$ W.

• Tracer la courbe représentant U en fonction de I (échelles : $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ mA}$; $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ V}$), en la limitant à sa partie utile.

2. • On désire utiliser le RDT au voisinage de $I_0 = 50 \text{ mA}$; calculer les coefficients de la caractéristique linéarisée sous la forme : $U = E + R I$.

3. • Le RDT est maintenant branché en série avec un résistor de résistance $R' = 700 \Omega$ et une source de tension de f.é.m. $E' = 100 \text{ V}$ (de résistance interne négligeable). Écrire la relation qui détermine le courant I dans l'ensemble, puis déterminer le courant I dans le RDT et la tension U entre ses bornes :

- a) en utilisant la caractéristique complète (à l'aide d'une résolution numérique) ;
- b) en utilisant la caractéristique linéarisée.

II. Résistance interne et f.e.m. d'un générateur

• À l'aide d'un voltmètre de très grande résistance, on mesure la tension entre les bornes d'un générateur de tension continue ; on obtient : $U_1 = 240 \text{ V}$. On place ensuite une résistance $R = 42 \Omega$ entre les bornes de ce générateur ; le voltmètre indique alors : $U_2 = 210 \text{ V}$. En déduire la f.e.m. E et la résistance interne r du générateur.

III. Force électromotrice d'un générateur

• Deux générateurs de f.e.m. constantes E_1 et E_2 sont placés en série (dans le même sens) dans un circuit de résistance totale R . Un ampèremètre mesure alors le courant I dans le circuit.

• On place ensuite les deux générateurs en opposition (en série mais en sens contraire) dans le même circuit de résistance totale R . L'ampèremètre mesure alors le courant I' .

1. • Calculer $\alpha = \frac{E_2}{E_1}$ en fonction de I et I' . En déduire E_2 .

2. • Quelle est l'incertitude relative sur ce rapport, sachant que l'ampèremètre donne une incertitude absolue ΔI indépendante de I ? En déduire $\frac{\Delta E_2}{E_2}$.

Données : $E_1 = 2,00 \text{ V}$; $I = 3,21 \text{ mA}$; $I' = 0,975 \text{ mA}$; $\Delta I = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mA}$.

IV. Puissance d'un moteur

• Un circuit de résistance totale $R = 10 \, \Omega$ comprend un générateur de f.e.m. $E = 100 \, \text{V}$, un résistor et un moteur ; ces trois appareils sont branchés en série.

1. • Quelle est l'expression $\mathcal{P}(I)$ de la puissance mécanique que peut fournir le moteur ? Quelle est la valeur maximale \mathcal{P}_M que peut fournir le moteur ?

☞ indication : la f.c.e.m. E' du moteur dépend de sa vitesse de rotation, qui dépend de l'intensité du courant (d'une façon non évidente) ; il faut trouver un raisonnement qui ne suppose pas E' fixe.

2. • On demande au moteur de fournir une puissance $\mathcal{P} = \frac{\mathcal{P}_M}{2}$; quelle est l'intensité du courant ?

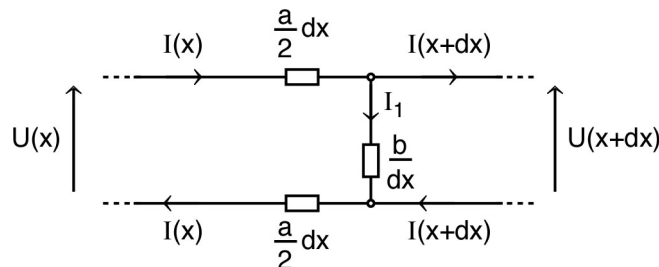
♦ remarque : si, à partir d'un régime de fonctionnement donné, on demande au moteur de fournir une puissance un peu plus grande, alors il commence par ralentir, ce qui fait décroître sa f.c.e.m. ; pour que le régime de fonctionnement soit stable, il faut donc que, dans ces conditions, la puissance augmente.

B. EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT

V. Résistance de fuite d'un câble coaxial

• On considère un câble formé de deux cylindres métalliques coaxiaux de rayons R_1 et $R_2 > R_1$. Ces deux cylindres sont séparés par un isolant imparfait. Le câble a une longueur $L \gg R_2$ et est alimenté à l'une de ses extrémités par un générateur dont les deux bornes sont reliées chacune à l'un des deux cylindres ; l'autre extrémité du câble est libre.

• Les cylindres ont une résistance par unité de longueur : $a = 5 \cdot 10^{-3} \, \Omega \cdot \text{m}^{-1}$. Par ailleurs, la résistance de fuite par unité de longueur à travers l'isolant imparfait est : $b = 17,5 \cdot 10^9 \, \Omega \cdot \text{m}$. Montrer qu'une portion de câble de longueur infinitésimale dx peut être représentée par le schéma suivant, où $U(x)$ désigne la différence de potentiel entre les cylindres à l'abscisse x (abscisse comptée à partir de la position du générateur) et $I(x)$ désigne le courant à l'abscisse x .



• Calculer I_1 en fonction de $I(x)$ et $I(x + dx)$. En appliquant la loi d'Ohm, en déduire deux équations différentielles reliant U et I , puis une équation différentielle portant uniquement sur U . Intégrer cette équation, puis en déduire $U(x)$ et $I(x)$ en fonction de deux constantes. En déduire, littéralement puis numériquement, la résistance de fuite totale R_0 du câble.

VI. Étude d'un électrolyseur

• On considère un électrolyseur constitué par deux électrodes de plomb identiques plongeant dans une solution d'acide sulfurique. Cet électrolyseur est initialement parfaitement symétrique et il a dans ces conditions une f.c.e.m. nulle.

• Lorsqu'un courant passe, l'électrolyse qui se produit donne des effets chimiques différents sur les deux électrodes ; de ce fait, l'électrolyseur devient dissymétrique (très rapidement) et une f.c.e.m. E apparaît. On admet que la f.c.e.m. peut s'exprimer, en fonction de la charge totale q ayant circulé, sous la forme : $E = E_0 (1 - e^{-q/Q_0})$ où E_0 et Q_0 sont des constantes dépendant des caractéristiques de l'électrolyseur.

• L'électrolyseur est branché en série avec un résistor, un interrupteur et un générateur de f.e.m. constante $E' = k E_0$; on note R la résistance totale du circuit (supposée constante). On ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0$ (pour $t \leq 0$ l'électrolyseur est donc parfaitement symétrique).

1. • Expliquer ce qui se passe et donner, sans calculs, l'allure de la courbe représentant le courant $I(t)$ qui traverse le circuit en fonction du temps ; distinguer pour cela les deux cas $k < 1$ et $k > 1$.
2. • Pour étudier quantitativement le problème, écrire la loi d'Ohm et en déduire une équation différentielle portant sur E . En déduire l'expression $E = E(t)$ en distinguant les deux cas $k < 1$ et $k > 1$.