DM N°20
Magnétostatique

Lycée Langevin - Wallon

30 janvier 2021

À lire attentivement...

Les candidats devront vérifier que le sujet comporte bien 5 pages numérotées 1/5, 2/5, ... 5/5.

Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.

Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points. Les résultats numériques devront être donnés sous la forme appropriée.

Le sujet comporte :
- 2 exercices d'annale de physique.

Les diverses parties peuvent être traitées dans l'ordre choisi par le candidat. Il prendra toutefois soin de bien numéroter les questions.

Fig. 1 – Carte mémoire d'électromagnétique

L'EMPLOI DE LA CALCULATRICE OU DE TOUTE AUTRE AIDE ÉLECTRONIQUE, NOTAMMENT PYTHON, EST AUTORISÉ.
LE TRAVAIL AVEC SON COURS SOUS LES YEUX EST RECOMMANDÉ.
LE PHOTO-COPILLAGE DU TRAVAIL D'UN CAMARADE SERA SANCTIONNÉ.
UN RÉSULTAT NON ENCADRÉ NE SERA PAS PRIS EN COMPTE.

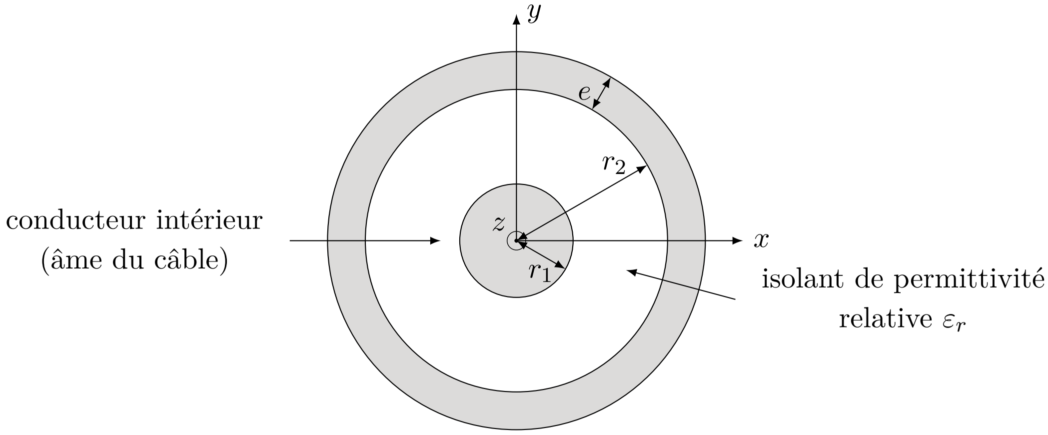
Si au cours de la rédaction, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et poursuivra sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

1 2008 Banque PT A

1.1 Paramètres primaires d'une lige coaxiale

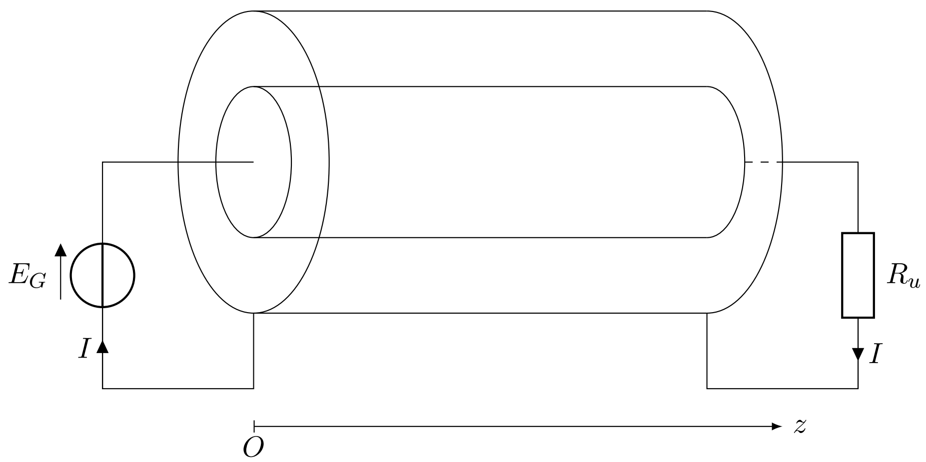
Un câble coaxial est constitué par deux cylindres coaxiaux parfaitement conducteurs, de même axe Oz, et de rayons respectifs r_1, r_2 et $r_2 + e$, et de longueur ℓ. La longueur de la ligne ℓ est assez grande devant r_1 et r_2 pour que l'on puisse négliger les effets d'extrémités : on considère que les symétries et invariances sont les mêmes que si la longueur ℓ était infinie.

L'espace entre les deux conducteurs contient un isolant, homogène et isotrope de permittivité relative $\varepsilon_r = 2,0$. On rappelle que la permittivité absolue ε de l'isolant est liée à sa permittivité relative par la relation $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$, la notation ε_0 désignant la permittivité absolue dans le vide.



Pour les applications numériques, on prendra : $r_1 = 0{,}15\,\text{cm}$, $r_2 = 0{,}50\,\text{cm}$, $\ell = 10\,\text{m}$, $e = 0{,}10\,\text{cm}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\text{H}\cdot\text{m}^{-1}$, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\,\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$.

Le câble coaxial est chargé (à sa sortie) par une résistance R_u et alimenté en entrée par un générateur de tension continue E_G.



Le conducteur intérieur constitue le conducteur aller du courant électrique d'intensité I. Le conducteur extérieur constitue le conducteur retour de ce courant.
Les conducteurs sont parcourus dans toutes leur épaisseur par des courants volumiques de densités uniformes $\vec{j_1}$ et $\vec{j_2}$, de même direction que Oz. On considère de nouveau que les symétries et invariances sont

les mêmes que si la longueur ℓ était infinie.

1. Montrer que le champ magnétique est orthoradial et que sa valeur algébrique ne dépend que de r, soit $\overrightarrow{B} = B(r)\overrightarrow{u_\theta}$.
2. Établir les expressions de $B(r)$, en fonction de μ_0, I, r_1, r_2 et de e, en distinguant quatre domaines à définir.
3. (a) Tracer l'allure du graphe de $B(r)$.
   (b) Observe-t-on des discontinuités de $B(r)$ à la traversée des cylindres de rayon r_1, r_2 et $r_2 + e$? Aurait-on pu le prévoir avant de traiter les questions 1 à 2 ? Pourquoi ?
4. (a) Rappeler l'expression de la densité volumique d'énergie magnétique en un point de l'espace, en fonction du champ magnétique en ce point.

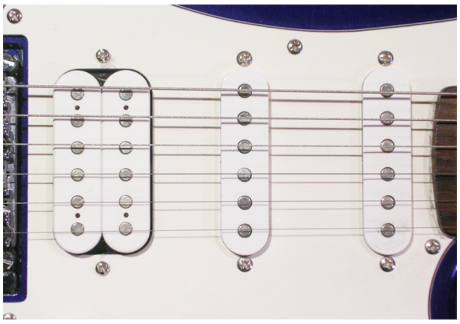
   Dans toute la suite, on néglige, notamment pour alléger les calculs, la part de l'énergie magnétique emmagasinée dans l'âme – région $r < r_1$ – et celle localisée dans le blindage – région $r_2 < r < r_2 + e$ – du câble coaxial.

   (b) Exprimer, dans ces conditions, l'énergie magnétique W_m emmagasinée par le câble coaxial de longueur ℓ, en fonction de $\mu_0,\ I,\ r_1,\ r_2$ et de ℓ.
5. En déduire l'expression de l'inductance propre du câble coaxial par unité de longueur notée L_1.
6. Calculer la valeur numérique de L_1.
7. Le câble coaxial est parcouru par un courant d'intensité $I = 0{,}10\,\text{A}$. Calculer la valeur numérique de l'énergie magnétique W_m emmagasinée par le câble coaxial.

2 2013 BPT PT A - Autour de la guitare électrique

2.1 Étude d'un microphone

Situés sous les cordes, les microphones sont l'un des éléments les plus fondamentaux d'une guitare électrique, car c'est sur eux que repose toute production du son, même en l'absence totale de caisse de résonance.
Un microphone de guitare est composé d'un ou plusieurs aimants, entourés d'une bobine de cuivre.



2.1.1 Préliminaire

Théorème d'Ampère

8. Énoncer l'équation locale de MAXWELL-AMPÈRE en présence de charges et de courants.
9. En déduire le théorème d'AMPÈRE en régime permanent.

Champ magnétique créé par un « solénoïde infini »

Le solénoïde précédent est dit infini lorsque sa longueur est très grande devant le rayon de ses spires. On appelle alors n le nombre de spires par unité de longueur.

10. Précisez les composantes et les dépendances du champ magnétique $\overrightarrow{B}_s$ créé par ce solénoïde en tout point de l'espace.
11. Déterminer le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde[1].
12. En déduire le flux de $\overrightarrow{B}_s$ à travers une des spires du solénoïde.

2.1.2 Caractéristiques électriques du microphone

Inductance de la bobine

13. Le fil est bobiné pour créer un solénoïde d'axe Oy comportant N spires de rayon R, de longueur finie h et parcouru par le courant d'intensité I. On suppose que cette bobine peut être considérée comme un solénoïde infini et que les résultats obtenus au 12 sont encore valables. Exprimer le flux total Φ_N du champ magnétique à travers toutes les spires du solénoïde en fonction de N, h, R, μ_0 et I.

1. Conformément au programme officiel, on admettra que le champ magnétique est nul à l'extérieur du solénoïde.

14. On rappelle l'expression de l'inductance L d'une bobine :

$$L = \frac{\Phi_N}{I}$$

où Φ_N et I on été définis précédemment. Donner l'expression de L.

15. Pour compléter ce modèle de bobine, on pourrait tenir compte de capacités parasite.À quoi sont-elles dues dans un bobinage ?