

5.3.1 Champs magnétiques-Exercice 10

Lors d'un coup de foudre, l'air est ionisé dans un canal conduisant du sol au nuage orageux. On assimile l'éclair à un fil rectiligne infini d'axe Oz ascendant, de rayon a , parcouru par un courant $I(t)$ uniformément réparti dans une section droite. On se place dans l'approximation du régime quasi-stationnaire. Un point M au voisinage de l'éclair est repéré par ses coordonnées cylindriques (r, θ, z) .

a-Placer sur un schéma l'éclair, la base locale cylindrique $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z)$ et le point M.

b-Sachant que l'activité électrique orageuse a pour effet de recharger la Terre négativement, déterminer le sens du courant $I(t)$ dans l'éclair.

c-On s'intéresse à l'expression du champ magnétique créé par l'éclair.

- Montrer que ce champ est de la forme $\vec{B}(M, t) = B(r, t)\vec{u}_\theta$.
- Déterminer $B(r, t)$ pour $r > a$.
- Calculer le champ magnétique produit par l'éclair à 100 m pour une intensité maximale de 30 kA.
- Il n'est pas rare que la foudre s'abatte sur deux pylônes métalliques voisins. Si ces deux pylônes, supposés parallèles et distants de d_0 , sont parcourus par des courants identiques du fait de leur foudroiement, préciser la valeur du champ magnétique produit en un point du plan défini par les deux pylônes, ce point étant situé à égale distance de ceux-ci.
- Quel appareil utilise-t-on habituellement pour mesurer l'intensité d'un champ magnétique ?

d-En utilisant l'expression de la force de Lorentz, justifier que le canal de l'éclair a tendance à implorer.

e-Quelle est l'origine du phénomène lumineux ? Et de l'émission sonore ?

5.3.1 Champs magnétiques-Exercice 10

a-Voir ci-contre

b-Des charges négatives se déplacent dans le sens négatif de Oz, donc l'intensité I telle qu'elle est orientée sur le schéma est positive.

c-La distribution de courants est invariante par rotation autour de Oz

=> $\vec{B}(M)$ indépendant de θ

La distribution de courants est invariante par translation selon Oz

=> $\vec{B}(M)$ indépendant de z

Le plan $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_z)$ est plan de symétrie des courants

=> $\vec{B}(M)$ perpendiculaire à ce plan

=> $\vec{B}(M)$ selon \vec{u}_θ

Finalement : $\vec{B}(M) = B_\theta(r)\vec{u}_\theta$

- Le théorème d'Ampère pour le cercle de rayon r, orienté dans le sens trigonométrique, donne :

$$2\pi r B_\theta(r) = \mu_0 I \Rightarrow B_\theta(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow \vec{B}(M) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_\theta$$

- A.N : $B = 6.10^{-5}$ T
- Par symétrie : $B = 0$ à égale distance des deux éclairs
- On utilise une sonde à effet Hall pour mesurer un champ magnétique

d-Le courant $I > 0$ est dû à des électrons de charge -e se déplaçant dans le sens < 0 de l'axe Oz.

La force de Lorentz sur un électron est : $\vec{F}_L = -e\vec{v}_e \wedge \vec{B}$

Elle est orientée selon $-\vec{u}_r$. Elle tend à contracter l'éclair.

e-Origine du phénomène lumineux : retour à l'état fondamental des électrons d'ionisation excités avec émission de photons

Origine du phénomène sonore : la contraction (sous l'effet de forces électromagnétiques) puis la dilatation des masses d'air surchauffées sur le trajet de l'éclair créent une onde de choc qui engendre le bruit appelé "tonnerre".

