

Lyon-Cachan PC Production de rayons X

Remarques après correction

2. Attention à la rédaction des arguments de symétrie. Dans plusieurs copies j'ai pu trouver une allusion à une « symétrie par rapport à Ox ». À chaque fois, cela signifiait en réalité symétrie par rapport au plan zOx . La distinction n'était pas importante pour la position des points étudiés car on n'étudiait que des points du plan $z = 0$ mais elle était toutefois indispensable car le système créant le champ n'était pas confiné à ce plan $z = 0$. Les courants équivalents aux aimants étaient symétriques par rapport au plan zOx alors qu'ils étaient antisymétriques par rapport à l'axe Ox .

2.b. Pour les raisonnements d'analyse dimensionnelle, il est en général peu efficace d'exprimer les dimensions des grandeurs utiles en fonction des dimensions « de base SI » : M, L, T, I ... Il est préférable d'exploiter des formules simples bien connues.

Voir le corrigé ou bien utiliser comme certains l'ont fait avec succès, $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a} \Rightarrow [e][v][B] = \frac{[m][v]}{T}$.

2.c. On montre (arguments de symétrie) que O est un point de champ nul. Il est alors très intéressant de tracer les lignes de champ qui se croisent en ce point singulier. Elles « structurent » la carte de champ au voisinage de O.

2.g. On veut justifier l'emploi de l'expression simplifiée du champ magnétique lorsque $|y| < 0,2$ mm. Dire que « y est petit » est insuffisant car :

i. Cela ne fait que paraphraser l'énoncé

ii. Cela n'a aucune signification. Il faut préciser *devant quoi* y est petit et *pourquoi* cette petitesse permet de conclure.

Ici, les expressions exactes du champ font intervenir des fonctions hyperboliques appliquées au produit $k_0 y$. On peut alors majorer numériquement ce produit par un nombre très petit devant 1 (c'était ça le « point-clé ») ce qui justifie les approximations $\text{ch } k_0 y \approx 1$ et $|\text{sh } k_0 y| \ll 1$. Remarque : $|k_0 y| \ll 1$ correspond aussi à $|y| \ll \lambda_0$.

4.b. La question est « Montrer que V est très proche de c , en précisant l'écart relatif entre ces deux vitesses ».

La réponse doit donc comporter le calcul numérique de cet écart relatif c'est-à-dire $\frac{c-V}{c}$ et les commentaires associés.

4.e. Il faut justifier le remplacement de $\cos k_0 x$ par $\cos k_0 \langle V_x \rangle t$. « Justifier » est le premier mot de la question ! Cela est valide si le remplacement de x par $\langle V_x \rangle t$ est sans conséquence sur la valeur du cosinus. Pour cela il est suffisant que ce remplacement n'introduise qu'une erreur petite devant 2π sur le produit $k_0 x$. Il suffit donc que l'écart entre x et $\langle V_x \rangle t$ soit très petit devant λ_0 . Or cet écart vient ici des fluctuations de vitesse autour de $\langle V_x \rangle$. La justification de la réponse passe donc par l'utilisation de ces fluctuations de vitesse.

La question précédente donne la façon de conclure car on y montre au passage que $V_x \approx c \left(1 - \frac{1 + K^2 \cos^2 k_0 x}{2\gamma^2} \right)$.

L'ordre de grandeur des fluctuations (terme en \cos^2) est $\Delta V_x \approx c \frac{K^2}{4\gamma^2}$ qui introduit, sur la durée $\frac{\lambda_0}{c}$ de parcours

d'une période un écart de position de l'ordre de $\Delta V_x \frac{\lambda_0}{c} \approx \lambda_0 \frac{K^2}{4\gamma^2}$ extrêmement petit devant λ_0 car $\frac{K}{\gamma} \ll 1$.

5.b. La démonstration de cette question (effet Doppler) est un « grand classique » qu'il faut maîtriser.

5.d. La question est « Quelle est la durée du train d'onde que reçoit le récepteur ? ». Il s'agit donc de la durée de réception (en un point fixe) et non pas de l'émission (au long du trajet de l'électron dans l'onduleur). La réponse correcte est $20 T_1$ et non pas $20 T_0$. C'est la durée « utile » (dans le référentiel du laboratoire).

Étude de bobines

2. Il ne suffit pas de donner la réponse sous la forme : « On propose $B_0 = \mu_0 I / R$ ». Il faut justifier que cette expression a la bonne dimension. On peut, par exemple, invoquer le théorème d'Ampère qui montre que $[B]_L = [\mu_0][I]$.
3. L'énoncé ne donne une expression de $B_z(z)$ sur l'axe que pour $z > 0$. Ne sachant pas si cette expression peut s'appliquer pour $z < 0$, on ne peut pas l'utiliser pour montrer que $B_z(z) = B_z(-z)$. Ici il faut avoir recours à la symétrie des courants par rapport au plan Oxy .

8. La relation $B_{\text{Terc}} = B_0 \cotan\theta$ ne peut être validée que si figure dans la réponse l'argument clé : « À l'équilibre, l'aiguille aimantée indique la direction du champs magnétique car le dipôle est alors colinéaire à la composante horizontale du champ ».

Si on ne donne pas cette raison, l'angle θ n'a aucun lien avec le champ magnétique.

Le calcul d'incertitude peut être fait numériquement (voir le corrigé), c'est le plus rapide, ou bien formellement en

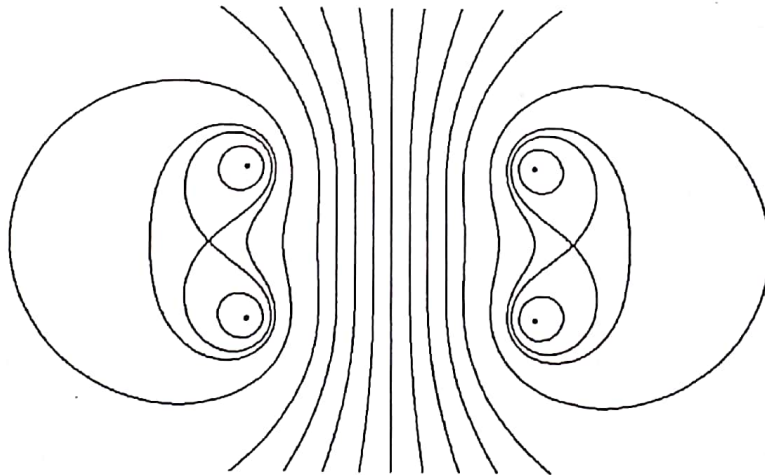
différentiant l'expression du champ : $B_T = B_0 \cotan\theta \Rightarrow dB_T = B_0 \frac{d}{d\theta}(\cotan\theta) d\theta = -\frac{B_0}{\sin^2\theta} d\theta$ d'où

$\delta B_T = \frac{B_0}{\sin^2\theta} \delta\theta$. Attention alors, pour le calcul numérique, $\delta\theta$ doit être converti en radians (condition pour que le

calcul de dérivée fait auparavant soit correct).

16. Complément au corrigé. $f(z)$ est constante à des termes d'ordre 4 près : $f(z) = B_z(0) + O(z^4)$. Par dérivations successives, $F(z) = O(z^3)$ puis $g(z) = O(z^2)$ et $G(z) = O(z)$. Alors $B_z(z, r) = B_z(0, 0) + r^2 O(z^2) + O(r^4)$ c'est-à-dire $B_z(M) = B_z(O) + O(OM^4)$. En faisant de même avec B_r , on obtient $\vec{B}(M) = \vec{B}(O) + O(OM^4)$.

Le caractère presque uniforme du champ près de O se traduit par des lignes de champ presque rectilignes et parallèles (dans une très grande partie de la zone entre les deux bobines) sur la carte de champ ci-dessous.



17. Certains ont utilisé le fait que le champ créé par une spire est plus intense sur son axe que dans d'autres directions. C'est a priori faux. Par exemple, tout près du fil, c'est-à-dire à angle droit par rapport à l'axe, le champ tend vers l'infini (comme pour un fil rectiligne).