

(écrire lisiblement s.v.p.)

Nom :

Prénom :

Groupe : ...

Question	Barème	Points
1	7	
2	6	
3	7	
Total	20	

Note :

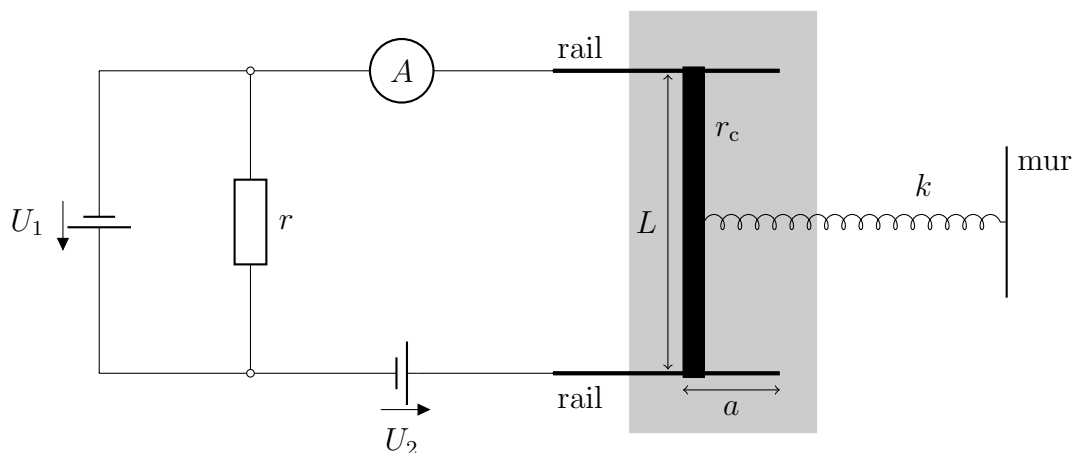
Indications

- Durée de l'examen : **105 minutes**.
- Posez votre **carte d'étudiant** sur la table.
- La réponse à chaque question doit être rédigée **à l'encre** sur la place réservée à cet effet à la suite de la question.
Si la place prévue ne suffit pas, vous pouvez demander des feuilles supplémentaires aux surveillants ; chaque feuille supplémentaire doit porter **nom, prénom, n° du contrôle, branche, groupe, ID et date**. Elle ne peut être utilisée que pour **une seule question**.
- Les feuilles de brouillon ne sont pas à rendre : elles **ne seront pas** corrigées ; des feuilles de brouillon supplémentaires peuvent être demandées en cas de besoin auprès des surveillants.
- Les feuilles d'examen doivent être rendues **agrafées**.

Question 1 (à 7 points)

Points obtenus: (laisser vide)

On considère le circuit électrique ci-dessous. Il est situé dans un plan horizontal et comprend une ampoule A , deux générateurs (de tensions respectives U_1 et U_2 et de résistances internes négligeables), une résistance r , et deux rails parfaitement conducteurs, parallèles et distants d'une longueur L . Une barre cylindrique en carbone de résistance r_c pouvant glisser sur les rails permet de mettre ces derniers en contact, fermant ainsi la partie droite du circuit. La barre est reliée à un ressort non conducteur de constante k fixé à un mur.



- (a) Déterminer le diamètre de la barre cylindrique.

Réponse : $d \cong 1.6 \text{ mm}$.

En fonctionnement normal du circuit, on observe que l'ampoule consomme 40 Watts.

- (b) Déterminer entièrement (intensité et sens) les courants dans chaque branche du circuit (le champ magnétique produit par les fils étant négligeable).

Réponse : $I_1 = 2.5 \text{ A}$, $I_2 = 0.5 \text{ A}$ et $I_3 = 2 \text{ A}$.

Pour protéger l'ampoule, on impose un champ magnétique vertical uniforme de norme B_0 dans la zone grisée. Ce champ permet de déconnecter la barre cylindrique si le courant devient trop important (par exemple suite à un problème avec les générateurs).

- (c) Expliquer le principe de cette sécurité en précisant en particulier le sens du champ magnétique dans la zone grisée.

Réponse : Le champ magnétique doit être entrant.

- (d) Déterminer le courant maximal pouvant circuler à travers l'ampoule si, en absence de courant, la distance entre la barre et le bout des rails est a .

Réponse : $I_{\max} = 4 \text{ A}$.

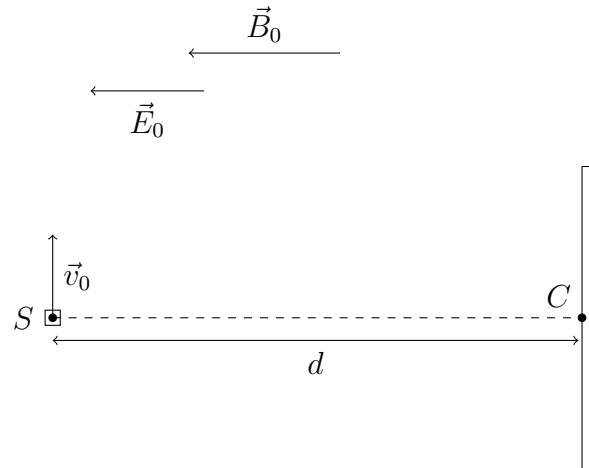
Application numérique : $U_1 = 30 \text{ V}$, $U_2 = 10 \text{ V}$, $r = 60 \Omega$, $\rho_{\text{carbone}} = 40 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m}$, $L = 50 \text{ cm}$, $r_c = 10 \Omega$, $k = 40 \text{ N m}^{-1}$, $B_0 = 0.2 \text{ T}$ et $a = 1 \text{ cm}$.

Question 2 (à 6 points)

Points obtenus: (laisser vide)

Une source radioactive S émet un électron verticalement avec une vitesse \vec{v}_0 . Le centre C d'une cible est placé à la même hauteur que la source à une certaine distance d de cette dernière. On cherche à faire en sorte que l'électron atteigne la cible en maintenant dans la zone de l'expérience un champ électrique \vec{E}_0 et un champ magnétique \vec{B}_0 uniformes, parallèles, et dont la direction est donnée par celle du segment SC .

Dans le plan vertical contenant le segment horizontal SC , la situation est la suivante :



On néglige l'effet de la gravitation.

- Sans faire de calculs, décrire la trajectoire de l'électron dans l'espace jusqu'au centre de la cible.
- Déterminer la distance minimale à laquelle doit se trouver la cible.

$$\text{Réponse : } d_{\min} = \frac{2\pi^2 m E_0}{e B_0^2}.$$

- En notant d_{\min} la distance minimale calculée en (b), déterminer la vitesse de l'électron au moment de l'impact.

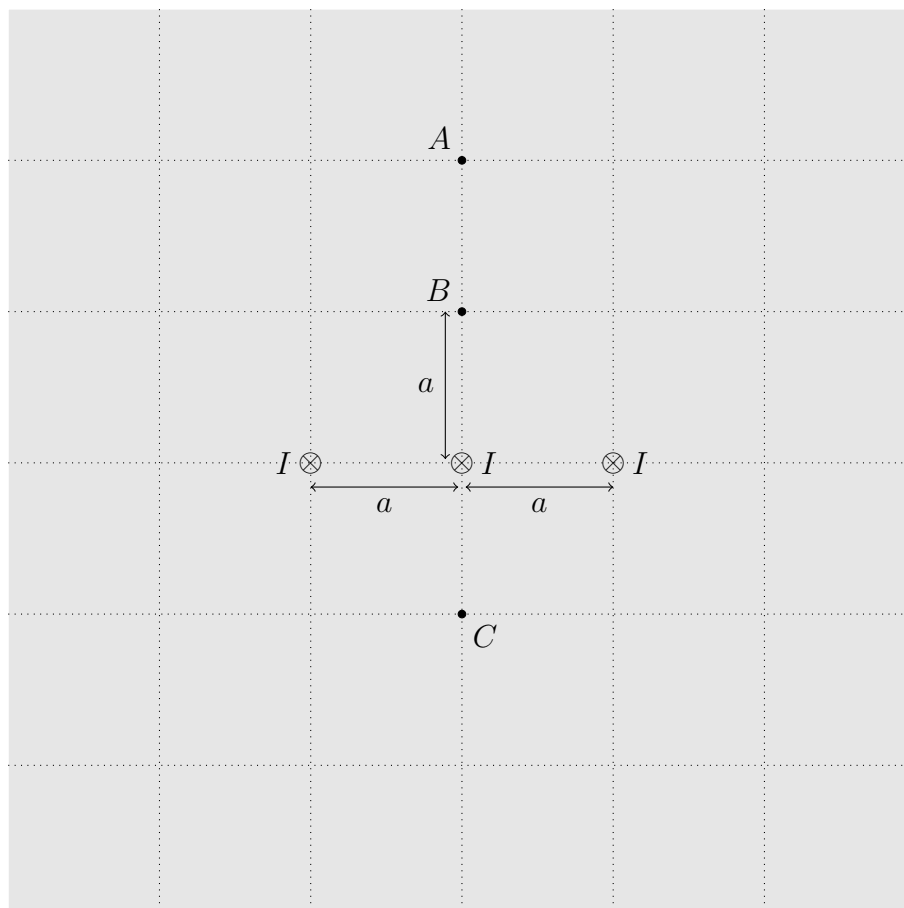
$$\text{Réponse : } v_{\text{impact}} = \sqrt{v_0^2 + \frac{2eE_0}{m}d_{\min}} = \sqrt{v_0^2 + \frac{4\pi^2 E_0^2}{B_0^2}}.$$

Question 3 (à 7 points)

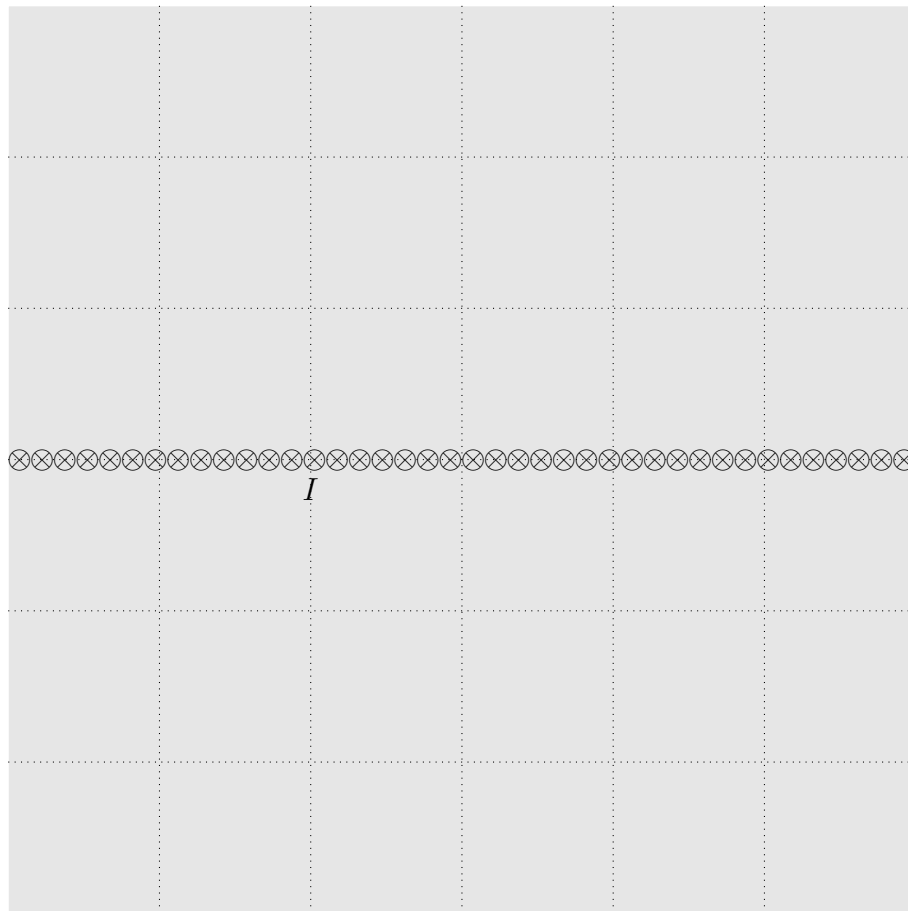
Points obtenus: (laisser vide)

Dans un plan horizontal, on dispose côte à côte plusieurs fils rectilignes très longs parcourus chacun par un même courant I .

- (a) On considère trois fils maintenus de telle manière qu'ils soient séparés par une distance a (voir la vue en coupe présentée à la figure ci-dessous).
- Déterminer et représenter précisément le champ magnétique résultant aux points A , B et C . On prendra comme échelle du champ magnétique 1 cm pour l'intensité du champ magnétique produit par le fil central en A .
 - Déterminer le lieu des points de l'espace où le champ magnétique résultant est nul.
 - Esquisser avec soin l'allure des lignes du champ magnétique résultant dans la zone grisée.

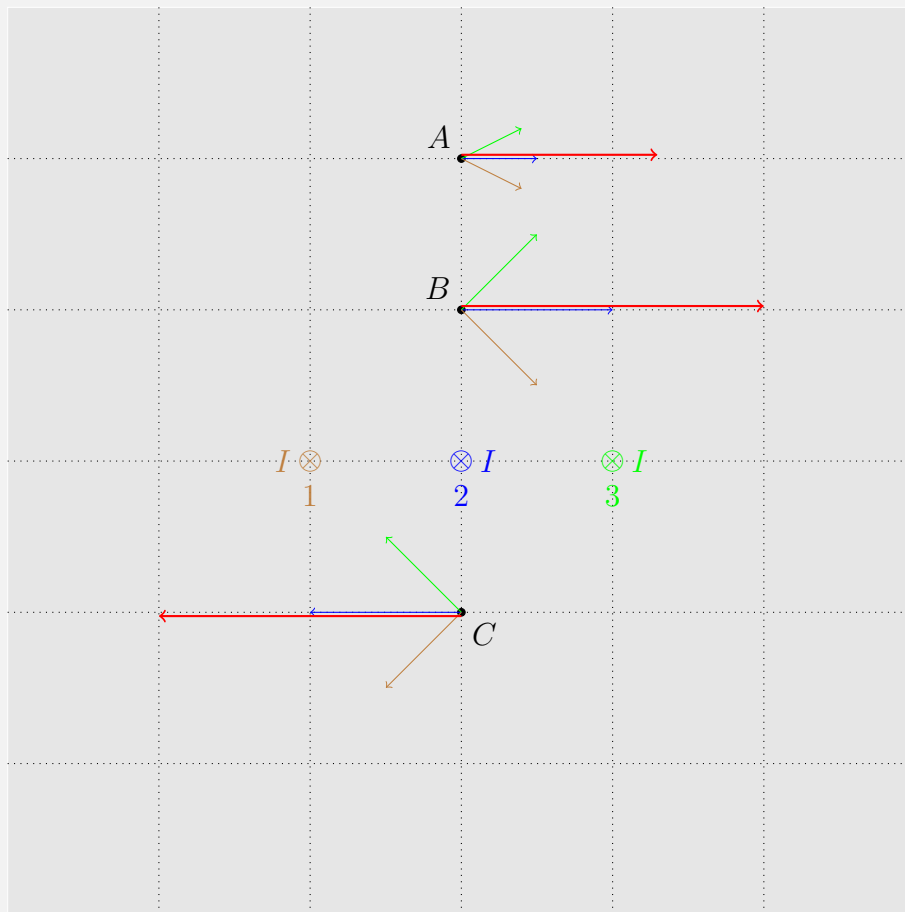


- (b) On considère un très grand nombre de fils avec une distance a les séparant tendant vers zéro. Esquisser alors l'allure des lignes du champ magnétique résultant et déterminer l'intensité de ce champ en exploitant la loi d'Ampère.



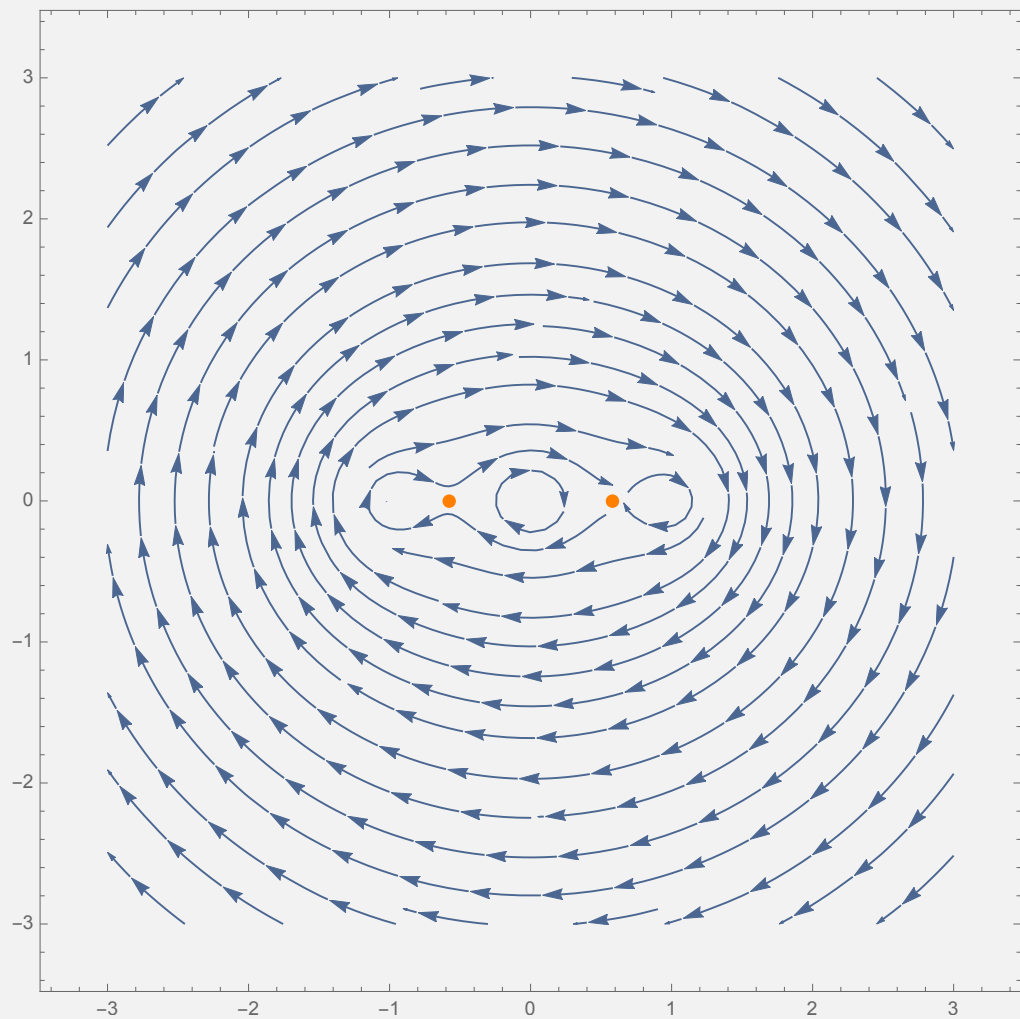
Solution:

(a) i) Représentation précise (avec le **champ résultant** en rouge) :



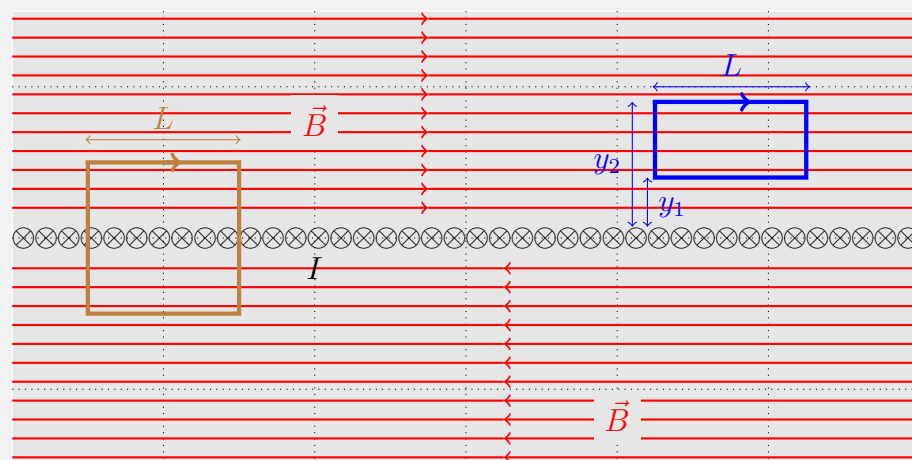
ii) Le champ magnétique résultant s'annule le long de deux droites situées dans le plan horizontal contenant les fils, parallèles aux fils, à une distance $\pm a/\sqrt{3}$ du fil central 2.

iii) Esquisse de l'allure des lignes du champ magnétique résultant :



Les points où le champ s'annule sont indiqués en orange.

(b)



$B = \frac{\mu_0 j}{2}$, où j est la densité linéaire de courant.