

## Physique

## Électricité

### Instructions

## פיזיקה

## חשמל

### הוראות

א. Durée de l'examen : deux heures.

א. משך הבחינה: שתיים.

ב. Structure du questionnaire et barème de notation :

Ce questionnaire comporte six questions, répondez à trois questions uniquement.

$33\frac{1}{3}$  points par question ;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  points.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש בלבד.

לכל שאלה —  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  נקודות

ג. Matériel auxiliaire autorisé :

- (1) Calculatrice non graphique. Il est interdit d'utiliser les fonctionnalités de programmation d'une calculatrice qui en comporte.
- (2) Pages de formules et données (jointes au questionnaire).
- (3) Dictionnaire hébreu-langue étrangère / langue étrangère-hébreu.

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

- (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
- (2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).
- (3) מילון עברי-לועזי / לועזי-עברי.

ד. Instructions supplémentaires :

- (1) Répondez à trois questions seulement. Si vous répondez à plus de trois questions, seules les trois premières réponses figurant dans le cahier d'examen seront corrigées.  
Indiquez clairement le numéro de la question et l'article que vous avez choisis.
- (2) Pour les questions nécessitant un calcul, suivez les étapes suivantes :  
l'écriture de l'expression mathématique telle qu'elle figure dans les pages de formules et de données jointes au questionnaire, le développement mathématique ainsi que la substitution dans la formule d'après le problème donné, la présentation explicite des données dans l'expression obtenue, la présentation des résultats du calcul en donnant un nombre convenable de chiffres significatifs après la virgule ainsi que les unités de mesure qui conviennent.
- (3) Les graphiques que vous tracez devront être de la taille d'une demi page au moins. Utilisez une règle pour tracer des lignes droites.
- (4) Lorsque vous devez exprimer une grandeur à l'aide des données de la question, donnez une expression mathématique incluant les données de la question, ou une partie d'entre elles ; si cela est nécessaire, il est possible d'utiliser également des constantes fondamentales figurant dans le tableau des pages de formules et données, ou de la grandeur  $g$  de l'accélération de la pesanteur.
- (5) Dans vos calculs, utilisez la valeur de  $10 \text{ m/s}^2$  pour la grandeur de  $g$ , l'accélération de la pesanteur (à proximité de la surface de la Terre).
- (6) Écrivez vos réponses au stylo. Il est autorisé d'utiliser un crayon uniquement pour tracer des figures ou des graphiques.
- (7) En cas d'erreur, vous pourrez tracer un double trait sur les mots ou les phrases fausses.

ד. הוראות מיוחדות:

- (1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת.  
יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
- (2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה: רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המדידה.
- (3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.
- (4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית  $g$ .
- (5) בחישובים יש להשתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל של  $g$  — תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
- (6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.
- (7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

Écrivez dans le cahier d'examen uniquement. Inscrivez "טייטה" en haut de chaque page de brouillon.

Écrire des notes de brouillon sur d'autres feuilles que celles du cahier d'examen, risque d'entraîner votre disqualification.

יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טייטה" בראש כל עמוד המשמש טייטה.  
כתיבת טייטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

Bonne chance !

בהצלחה!

## Questions

Répondez à trois des questions 1–6.

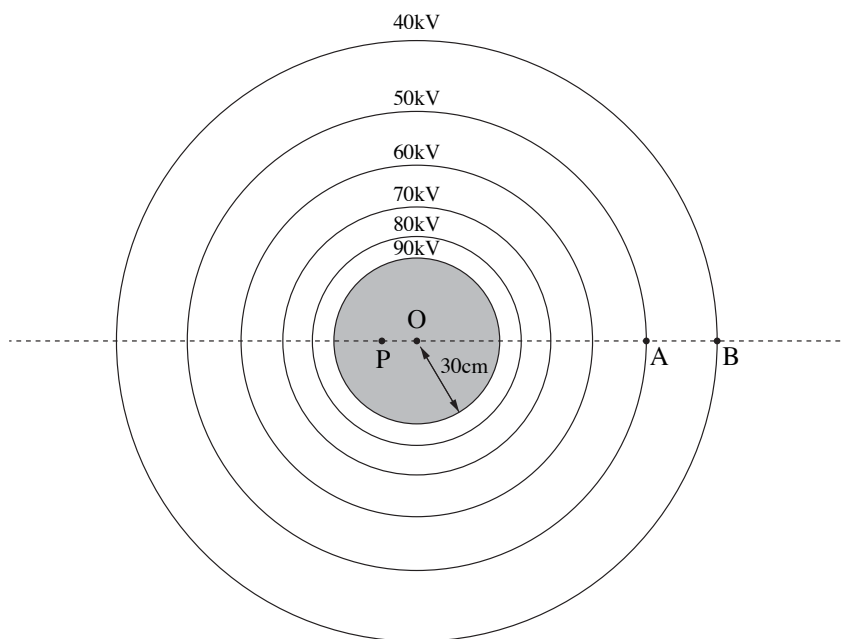
( $33\frac{1}{3}$  points par question ; le nombre de points pour chaque article est inscrit en fin d'énoncé).

1. La figure ci-dessous représente une sphère conductrice portant une charge positive  $Q$ , ainsi que plusieurs lignes équipotentielles sur chacune desquelles est inscrite la valeur du potentiel qui lui correspond.

Données : le rayon de la sphère est  $R = 30 \text{ cm}$ , et le potentiel à sa surface est de  $90\,000 \text{ V}$ .

Le potentiel en l'infini est fixé comme valant zéro.

Tout au long de la question, supposez que l'influence de la force de gravitation est négligeable et que la répartition de la charge à la surface de la sphère reste uniforme.



Le point  $O$  est le centre de la sphère, le point  $P$  se trouve à une distance de  $12 \text{ cm}$  à gauche du centre de la sphère, le point  $A$  se trouve sur la ligne valant  $50\,000 \text{ V}$ , et le point  $B$  se trouve sur la ligne valant  $40\,000 \text{ V}$  (voir figure).

- א. Calculez la distance  $AO$ . (9 points)
- ב. Calculez le champ électrique au point  $A$  (intensité et direction). (7 points)
- ג. (1) Quelle est l'intensité du champ électrique au point  $P$  ?  
(2) Quel est le potentiel au point  $P$  ?  
(5 points)

Un petit corps 1 de masse  $m_1$  et de charge  $q_1$  est maintenu au repos au point  $A$ . On fournit à ce corps une vitesse de grandeur  $v = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  et dirigée vers la droite.

Au cours de son déplacement vers la droite, le corps 1 passe par le point  $B$ .

Données :  $m_1 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ ,  $q_1 = -1,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ .

- ד. Calculez la grandeur de la vitesse du corps 1 au point  $B$ . (8 points)

Un petit corps 2 de masse  $m_2$  et de charge  $q_2$  est maintenu au repos au point  $A$ . On fournit à ce corps 2 une vitesse de grandeur  $v = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  mais cette fois dirigée vers la gauche.

Au cours de son déplacement vers la gauche, le corps 2 passe par le point  $C$  (qui n'est pas représenté dans la figure) à une vitesse égale à celle que vous avez calculée à l'article ד.

Données :  $m_2 = m_1$ ,  $q_2 = -q_1$ .

- ה. Déterminez si la distance  $AC$  est égale, inférieure ou supérieure à la distance  $AB$ . Justifiez votre réponse. ( $4\frac{1}{3}$  points)

2. Des élèves ont monté un circuit électrique à partir des composants suivants : une source de tension non idéale de f.é.m  $\varepsilon$  et de résistance interne  $r$ , une résistance constante  $R$ , une résistance variable  $R_{MK}$  et dont le point de contact mobile est  $P$ , des instruments de mesure idéaux – un voltmètre  $V_1$ , un voltmètre  $V_2$  et un ampèremètre  $A$ , et des fils idéaux (voir figure 1).

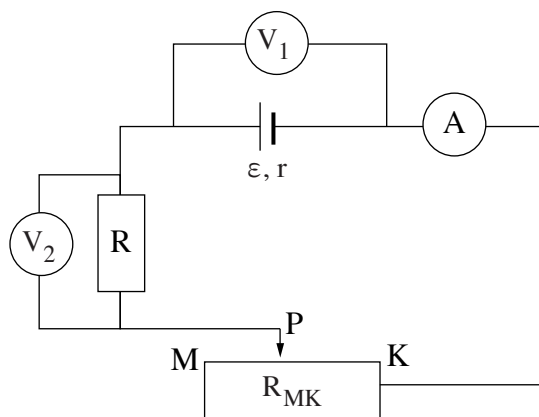


Figure 1

Au cours d'une expérience, les élèves ont fait varier la position du contact mobile  $P$  puis ont noté à chaque fois l'indication de l'ampèremètre ainsi que l'indication de chaque voltmètre. D'après ces résultats, ils ont tracé la courbe  $\alpha$  et la courbe  $\beta$  dans un même repère, comme représenté dans la figure 2 ci-dessous.

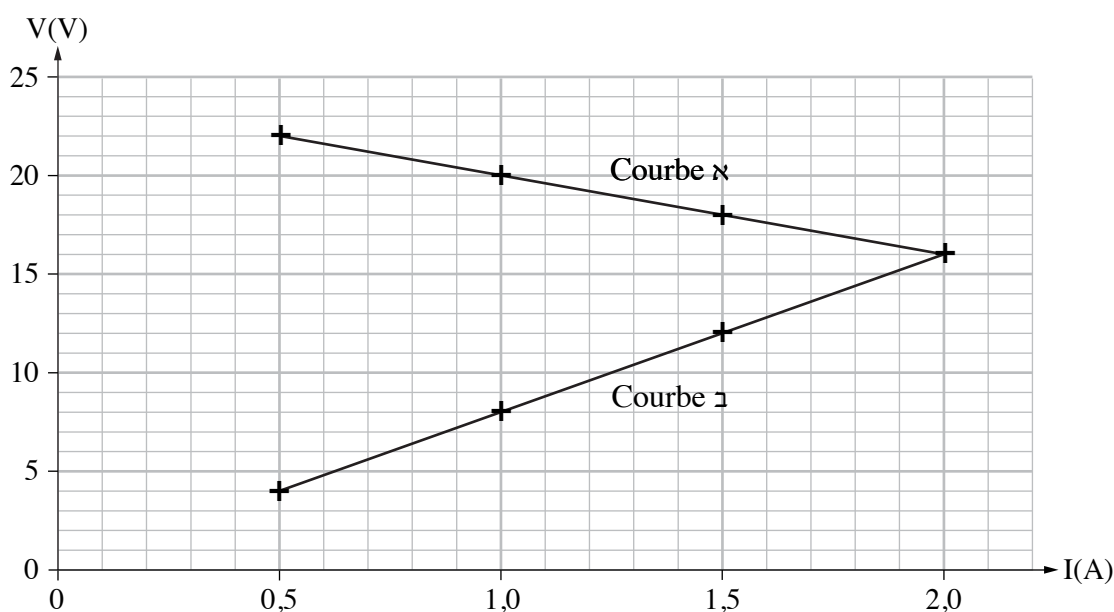


Figure 2

- α. Déterminez laquelle des courbes  $\alpha$ - $\beta$  a été obtenue d'après les résultats mesurés par le voltmètre  $V_1$ , et laquelle d'après le voltmètre  $V_2$ . Justifiez vos réponses. (6 points)
- β. Déterminez ou calculez la f.é.m  $\varepsilon$  et la résistance interne  $r$  de la source de tension. (7 points)
- γ. Calculez la résistance de  $R$ . (5 points)

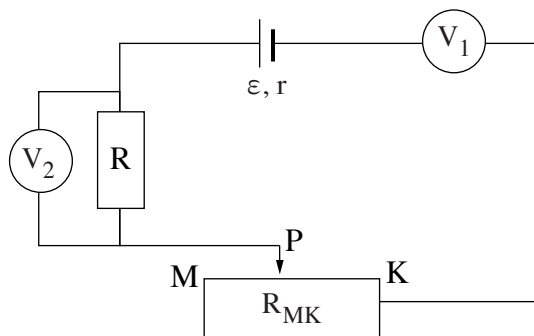
L'une des valeurs d'intensité pour laquelle ont été mesurées les tensions de la figure 2, a été mesurée lorsque la résistance de la résistance variable était maximale.

7. Calculez la résistance de la résistance variable dans ce cas. (6 points)

Un élève a déplacé le contact mobile de la résistance variable vers le point M .

8. Déterminez si au cours du déplacement du contact mobile vers le point M , la tension sur la résistance variable a augmenté, a diminué ou bien n'a pas varié pas. Justifiez votre réponse. (5 points)

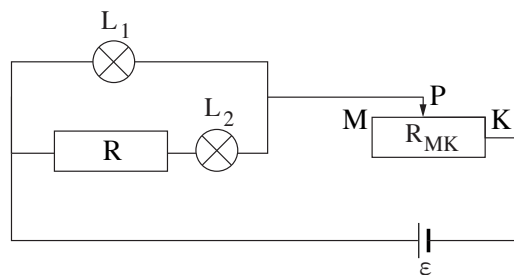
Une élève a branché le voltmètre  $V_1$  à la place de l'ampèremètre A , comme représenté dans la figure 3 ci-dessous.



**Figure 3**

9. Dans ce cas, qu'indiquera  $V_1$  et qu'indiquera  $V_2$  ? Justifiez votre réponse. ( $4\frac{1}{3}$  points)

3. La figure ci-dessous représente un circuit électrique. Les composants du circuit sont : une source de tension idéale de f.é.m  $\varepsilon = 24\text{V}$ , une résistance constante  $R$ , une résistance variable  $R_{MK}$ , une lampe  $L_1$  sur laquelle est inscrit  $24\text{V}$  et  $20\text{W}$ , et une lampe  $L_2$  sur laquelle est inscrit  $12\text{V}$  et dont la valeur de la puissance s'est effacée, et des fils idéaux.

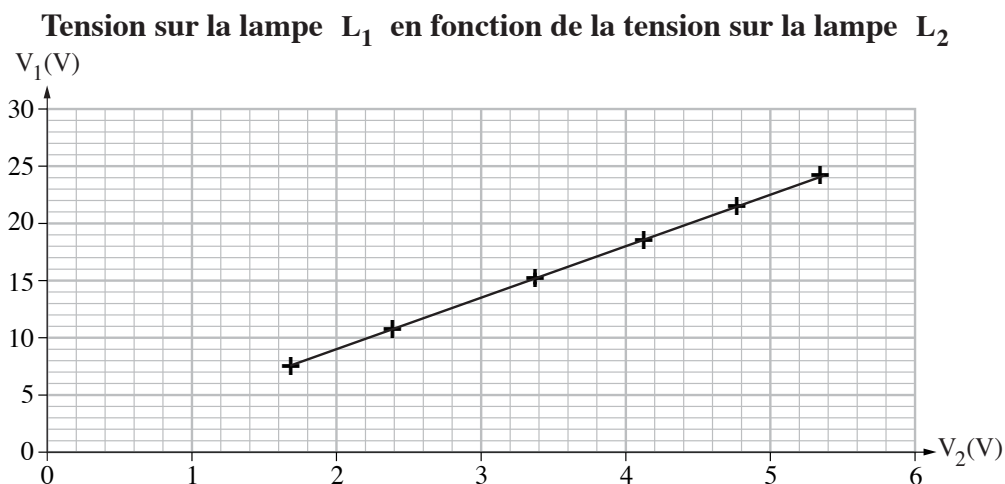


Donnée : pour l'ensemble de cette question, l'intensité du courant qui traverse les deux lampes est de grandeur égale.

Les résistances des lampes  $L_1$  et  $L_2$  sont respectivement  $R_{L1}$  et  $R_{L2}$ .

- א. Calculez  $R_{L1}$ . (5 points)
- ב. Calculez l'intensité du courant qui traverse la résistance constante  $R$  lorsque la lampe  $L_1$  éclaire pleinement. (6 points)
- ג. Lorsque la lampe  $L_1$  éclaire pleinement, déterminez si le contact mobile de la résistance variable se trouve au point M, au point K ou à un point quelconque entre eux. Justifiez votre réponse. (4 points)
- ד. Exprimez  $V_1$  (la tension sur la lampe  $L_1$ ) en fonction de  $V_2$  (la tension sur la lampe  $L_2$ ) et des paramètres  $R_{L1}$ ,  $R_{L2}$ . (7 points)

Des élèves en physique d'un lycée ont monté le circuit électrique décrit. Ils ont changé plusieurs fois la position du contact mobile de la résistance variable, et ont mesuré à chaque fois la tension sur chacune des lampes avec un voltmètre. Ils ont tracé la courbe ci-dessous d'après les mesures obtenues.



- ה. En vous aidant du coefficient directeur de la courbe, calculez la valeur de la puissance de la lampe  $L_2$  (dont l'inscription a été effacée de sur la lampe). (7 points)

Les élèves ont fixé la position du contact mobile de la résistance variable au point K, puis ont remplacé la source de tension par une source de tension non idéale de f.é.m  $\varepsilon_1$  et de résistance interne  $r$ . Dans ce cas, la lampe  $L_1$  éclaire pleinement et l'efficacité du circuit est de 80 %.

Dans ce circuit, l'efficacité est définie ainsi : le rapport entre la puissance utilisée par les composants du circuit (les lampes et la résistance  $R$ ) et la puissance fournie par la source de tension.

- ו. Calculez la f.é.m  $\varepsilon_1$  de la source de tension. ( $4\frac{1}{3}$  points)

4. Un groupe d'élèves a effectué des mesures afin de déterminer la composante horizontale  $B_{E\parallel}$  du champ magnétique terrestre dans la zone où ils vivent.
- Ils ont déposé une petite boussole sur une table puis ont tendu un fil conducteur droit et long, le fil 1, perpendiculairement au plan de la table. La distance entre la boussole et le fil est notée  $x$ . Les élèves ont déplacé la boussole le long d'une ligne dirigée vers le nord de la position du fil. La figure 1 décrit, vu d'en haut, le fil perpendiculaire à la table ainsi que la déviation de l'aiguille de la boussole lorsque un courant  $I_1$  quelconque traverse le fil.

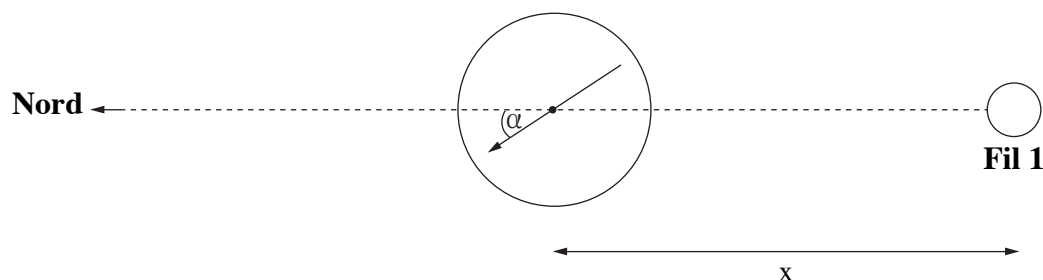


Figure 1

Au cours de l'expérience, l'aiguille de la boussole a dévié d'un angle  $\alpha$  dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, comme représenté sur la figure 1.

- א. Déterminez si le sens du courant  $I_1$  qui traverse le fil 1, est vers l'intérieur de la feuille ou vers l'extérieur de la feuille. Justifiez votre réponse. (4 points)
- ב. Exprimez  $\tan \alpha$  en fonction de la distance  $x$  et des paramètres  $B_{E\parallel}$ ,  $I_1$ ,  $\mu_0$ . (6 points)

Les élèves ont fait passer un courant d'intensité  $I_1 = 8A$  dans le fil, puis ont fait varier plusieurs fois la distance  $x$  entre la boussole et le fil. À chaque fois, ils ont mesuré l'angle de déviation  $\alpha$  et ont calculé  $\tan \alpha$ .

Les résultats des mesures et des calculs figurent dans le tableau ci-dessous.

|                |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|
| $x(m)$         | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| $\alpha^\circ$ | 29   | 20   | 16   | 13   | 9    |
| $\tan \alpha$  | 0,55 | 0,36 | 0,29 | 0,23 | 0,16 |

Afin de calculer  $B_{E\parallel}$ , les élèves ont tracé une courbe représentant  $\tan \alpha$  en fonction d'une nouvelle variable, de sorte qu'ils ont obtenu une courbe linéaire.

- א. Déterminez quelle est cette nouvelle variable, et quelles sont ses unités. Recopiez dans votre cahier la rangée de  $\tan \alpha$  du tableau, ajoutez au dessous une rangée dans laquelle vous inscrirez les valeurs et les unités de la nouvelle variable. (4 points)
- ב. (1) Tracez dans votre cahier le diagramme de dispersion (des points dans un repère) de  $\tan \alpha$  en fonction de la nouvelle variable.
- (2) Ajoutez au diagramme de dispersion la droite qui lui correspond le mieux (droite de régression).
- (8 points)
- ג. Calculez  $B_{E\parallel}$ . (7 points)

(Attention : la question continue à la page suivante)

Les élèves ont tendu un autre fil conducteur droit et long perpendiculairement au plan de la table, le fil 2. Ils ont placé la boussole sur la ligne droite qui relie les deux fils, à une distance égale des deux fils.

Les élèves ont fait passer dans le fil 1 un courant d'intensité  $I_1 = 5\text{A}$ .

Lorsqu'aucun courant ne traversait le fil 2, l'aiguille de la boussole a dévié d'un angle  $\alpha$  relativement à l'axe sud-nord dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (voir la figure 2א, vu d'en haut).

Lorsqu'un courant d'intensité  $I_2$  traversait le fil 2, l'aiguille de la boussole a dévié du même angle  $\alpha$  dans le sens des aiguilles d'une montre (voir la figure 2ב, vu d'en haut).

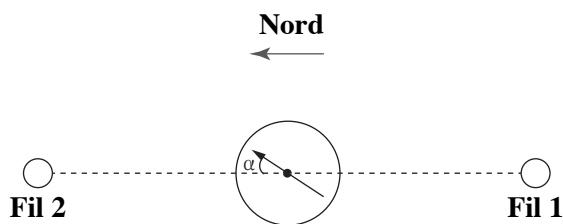


Figure 2א

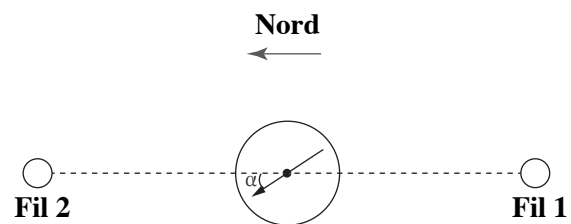
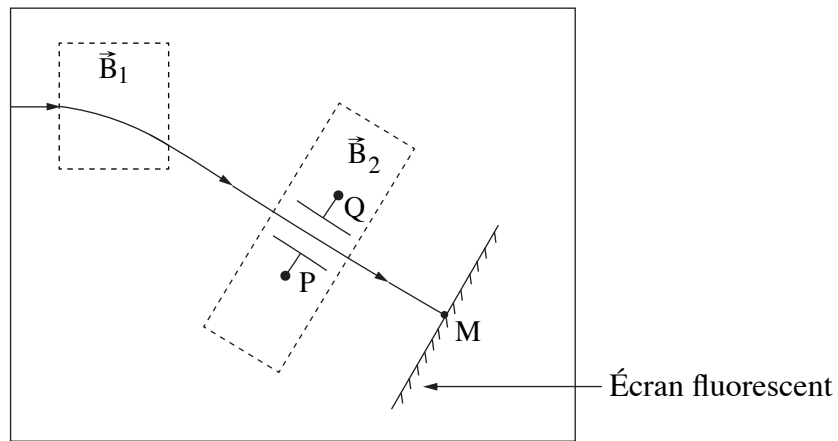


Figure 2ב

- א. Déterminez le sens du courant dans le fil 2, ainsi que son intensité  $I_2$ . ( $4\frac{1}{3}$  points)

5. La figure ci-dessous représente la trajectoire d'un faisceau de protons jusqu'à ce qu'il atteigne un écran fluorescent, sur lequel se forme un point lumineux.
- Lors de son trajet vers l'écran, le faisceau traverse deux zones soumises à des champs différents.
- Au début de sa trajectoire, le faisceau pénètre à une vitesse de grandeur  $v = 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  dans une zone soumise à un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_1$  dont l'intensité vaut 0,12T et dont la direction est perpendiculaire au plan de la feuille. La direction de la vitesse est orthogonale à la direction du champ magnétique. Le faisceau de protons sort de la zone soumise au champ magnétique selon un certain angle par rapport à la direction selon laquelle il y est entré (voir figure).
- Lors de son trajet vers l'écran, le faisceau passe entre deux plaques métalliques parallèles P et Q reliées à une source de tension. Un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  et un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_2$  règnent entre les deux plaques. Le faisceau passe entre les deux plaques sans changer sa direction, puis il poursuit son déplacement en ligne droite jusqu'à ce qu'il atteigne l'écran en un point M. L'écran est perpendiculaire à la direction de la trajectoire du faisceau de protons lorsqu'il sort du champ magnétique  $\vec{B}_1$ . Le système entier se trouve dans une chambre vidée d'air. Tout au long de la question, négligez la force de gravitation.



- ⌘. (1) Déterminez la direction du champ électrique  $\vec{E}$  : vers l'intérieur de la feuille ou vers l'extérieur de la feuille.
- (2) Calculez le rayon de la trajectoire des protons dans la zone soumise au champ  $\vec{B}_1$ . (8 points)

Données : la différence des potentiels entre les plaques parallèles P et Q est  $\Delta V = 800\text{V}$ , et la distance entre les plaques est  $\Delta x = 5\text{cm}$ .

La direction du champ magnétique  $\vec{B}_2$  est identique à la direction du champ magnétique  $\vec{B}_1$ .

- ⌘. Calculez l'intensité du champ électrique  $\vec{E}$  entre les deux plaques, puis indiquez quelle est sa direction : de la plaque P vers la plaque Q ou l'inverse. (8 points)
- ⌘. Calculez l'intensité du champ magnétique  $\vec{B}_2$ . (8 points)

On interrompt l'activité du champ magnétique  $\vec{B}_2$ , suite à quoi le faisceau de protons modifie la direction de sa trajectoire. Il sort d'entre les plaques sans les atteindre, puis atteint l'écran en un autre point que le point M.

- ⌘. Déterminez si à présent, la grandeur de la vitesse des protons au moment où ils atteignent l'écran, est inférieure, supérieure ou égale à la grandeur de la vitesse des protons au moment où ils atteignaient l'écran au point M. Justifiez votre réponse. (5 points)
- ⌘. Déterminez si suite à l'interruption de l'activité du champ magnétique  $\vec{B}_2$ , le temps de trajet des protons est inférieur, supérieur ou égal au temps de trajet des protons lorsque le champ était actif. Justifiez votre réponse. ( $4\frac{1}{3}$  points)

## Induction

6. Un cadre carré formé d'un fil est soumis à un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  dont la direction entre dans la feuille perpendiculairement au plan du cadre (voir figure 1).

Données : la longueur du côté du cadre est  $a = 50\text{cm}$ .

La résistance du cadre filaire carré est  $R = 2\Omega$ .

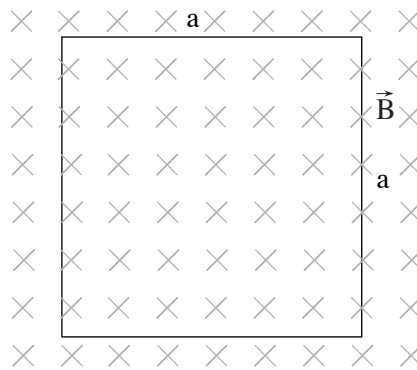


Figure 1

L'intensité du champ  $\vec{B}$  est donnée pour trois intervalles de temps I-III dans le tableau ci-dessous, et est représentée dans la figure 2.

|     | Intervalle de temps                | B(T)                 |
|-----|------------------------------------|----------------------|
| I   | $0 \leq t < 0,2\text{s}$           | 0,09                 |
| II  | $0,2\text{s} \leq t < 1,0\text{s}$ | $-t^2 + 1,2t - 0,11$ |
| III | $1,0\text{s} \leq t < 1,2\text{s}$ | 0,09                 |

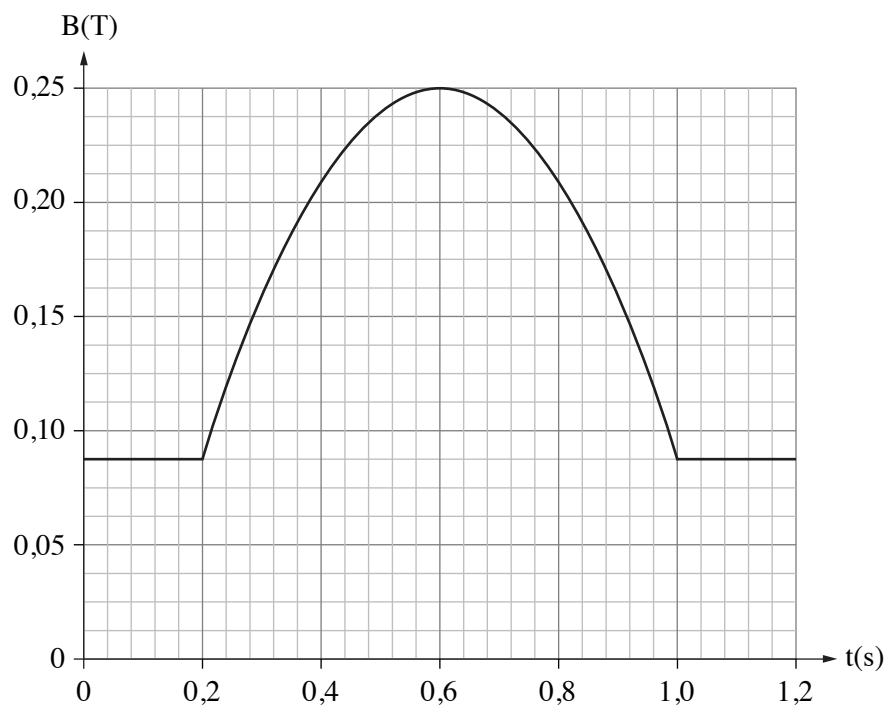


Figure 2

(Attention : la question continue à la page suivante)

- ⌘. Pour chacun des trois intervalles de temps I-III, exprimez en fonction de  $t$  ou calculez les grandeurs suivantes :
- (1) Le flux magnétique  $\phi_B$  qui traverse le cadre.
  - (2) La f.é.m  $\varepsilon$  dans le cadre.
  - (3) L'intensité  $I$  du courant qui traverse le cadre.
- (12 points)
- Ⓜ. Déterminez si le sens du courant dans le cadre à l'instant  $t = 0,3s$ , est celui des aiguilles d'une montre ou inverse à celui des aiguilles d'une montre. (4 points)
- Ⓝ. Tracez la courbe représentant l'intensité  $I$  du courant en fonction du temps de l'instant  $t = 0$  à l'instant  $t = 1,2s$ . Déterminez dans cette courbe la valeur positive du courant lorsque le courant traverse le cadre dans le sens des aiguilles d'une montre. (7 points)
- Ⓢ. (1) Calculez la quantité de charge électrique ayant traversé le fil dans l'intervalle de temps entre l'instant  $t = 0$  et l'instant  $t = 0,6s$ .
- (2) Déterminez si la quantité de charge ayant traversé le fil dans l'intervalle de temps entre l'instant  $t = 0,6s$  et l'instant  $t = 1,2s$  est supérieure, inférieure ou égale à la quantité que vous avez calculée au sous-article  $\tau(1)$ . Justifiez votre réponse.
- (6 points)

Le cadre filaire est susceptible de se contracter ou de s'élargir légèrement du fait des forces magnétiques exercées par le champ  $\vec{B}$  sur le courant induit.

- Ⓢ. Déterminez dans lequel des intervalles de temps 1-4 suivants, ces forces ont exercé un élargissement du cadre. Justifiez votre réponse. ( $4\frac{1}{3}$  points)
1.  $0 < t < 0,2s$
  2.  $0,2s < t < 0,4s$
  3.  $0,8s < t < 1,0s$
  4.  $1,0s < t < 1,2s$

**Bonne chance!**

Tous droits réservés à l'État d'Israël.  
Toute copie ou publication est interdite sans l'autorisation du  
Ministère de l'Éducation.

**בהצלחה!**

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל  
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך