

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. כל 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 raisonnable de chiffres significatifs après la virgule ainsi que les unités de mesure qui conviennent.
- (3) Pour les questions dont les réponses sont verbales (avec des mots), répondez brièvement en vous limitant uniquement à ce qui vous est demandé.
- (4) Pour les graphiques, tracez les lignes droites à l'aide d'une règle.
- (5) 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.
- (6) Dans vos calculs, utilisez la valeur de 10 m/s^2 pour l'accélération de la pesanteur (à proximité de la surface de la Terre).
- (7) Écrivez vos réponses au stylo. Il ne sera pas possible de faire appel pour des réponses écrites au crayon ou effacées au Tipp-Ex.
Il est autorisé d'utiliser un crayon uniquement pour tracer des figures ou des graphiques.

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 סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
- (3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.
- (4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
- (5) כאשר אתם 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 .
- (6) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
- (7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים וגרפים בלבד.

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 !

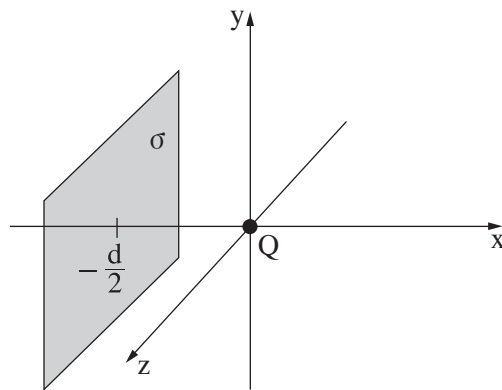
בהצלחה!

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. Soit un système constitué d'une charge ponctuelle positive de charge Q , et d'une très grande plaque plane ("plaque infinie") dont la densité de charge surfacique σ est positive et uniforme .
La charge ponctuelle est maintenue au repos à l'origine du repère, et la plaque est placée au point $x = -\frac{d}{2}$ et est orthogonale à l'axe des abscisses (la plaque est parallèle au plan yz). Le système est représenté dans la schéma ci-dessous.



Le système se trouve dans le vide. L'influence de la charge ponctuelle sur la densité de charge surfacique σ sera négligeable pour toute cette question.

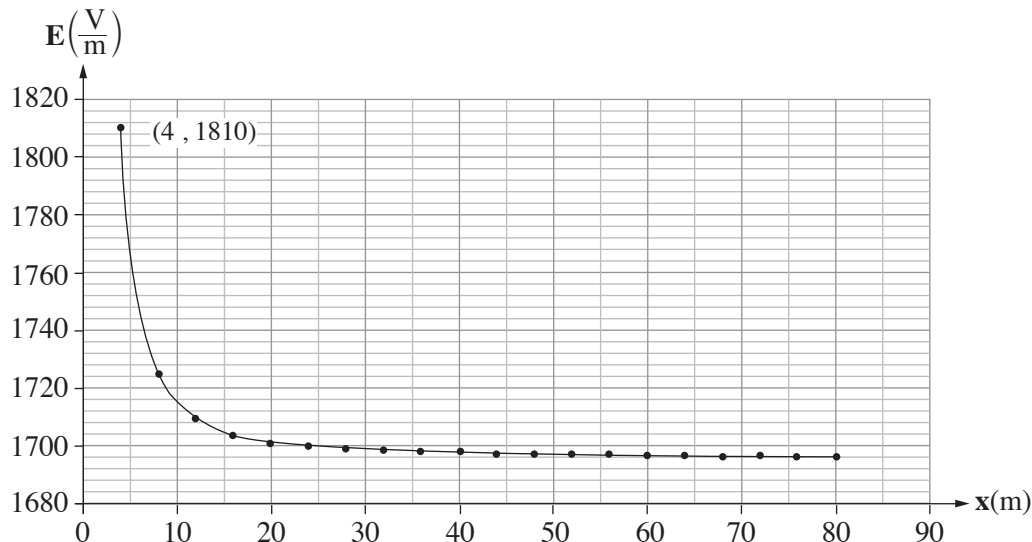
- ⌘. Exprimez l'intensité du champ électrique, $E(x)$, le long de l'axe des abscisses pour $x > 0$.
Utilisez les paramètres σ , Q ainsi que les constantes fondamentales. (6 points)

(Attention : la suite de la question se trouve à la page suivante)

Voici un graphique représentant l'intensité du champ électrique E en plusieurs points le long de l'axe des abscisses, en partant du point $x = d$.

Données : $d = 4 \text{ m}$, $E(4) = 1810 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.

Intensité du champ électrique le long de l'axe des abscisses



2. (1) À l'aide du graphique, calculez la densité de charge surfacique σ .
 - (2) Calculez la grandeur Q de la charge ponctuelle.
- (9 points)

Une particule de charge positive est libérée du repos à partir d'un point situé sur la partie positive de l'axe des abscisses. Cette particule se déplace le long de l'axe des abscisses dans le sens positif.

3. Déterminez laquelle des affirmations 1-4 ci-dessous est correcte, puis justifiez votre choix.
- (6 points)
1. Lorsqu'une particule se situe à une très grande distance de ce système, son mouvement est approximativement à accélération constante.
 2. Lorsqu'une particule se situe à une très grande distance de ce système, son mouvement est approximativement à vitesse constante.
 3. Lorsqu'une particule se situe à une très grande distance de ce système, sa vitesse s'annule.
 4. Il est impossible de connaître le type de mouvement sans connaître la masse de la particule.
7. Calculez $V_{d,2d}$, la différence de potentiels entre le point $x = d$ et le point $x = 2d$ (les deux points se situent sur l'axe des abscisses). (7 points)
 7. Si la plaque chargée était située au point $x = \frac{d}{2}$, la différence de potentiels entre le point $x = d$ et le point $x = 2d$ aurait-elle augmenté, diminué ou n'aurait pas varié ? Justifiez votre choix.
- ($5\frac{1}{3}$ points)

2. La figure 1 représente un circuit électrique composé d'une pile de f.é.m ε et de résistance interne r , d'une résistance constante $R_1 = 4\Omega$, d'une résistance variable MN dont le curseur est P, et de fils idéaux.

On sait que la résistance par unité de longueur de la résistance variable est $\lambda = 0,8 \frac{\Omega}{\text{cm}}$ et sa longueur totale est $\ell = 30 \text{ cm}$.

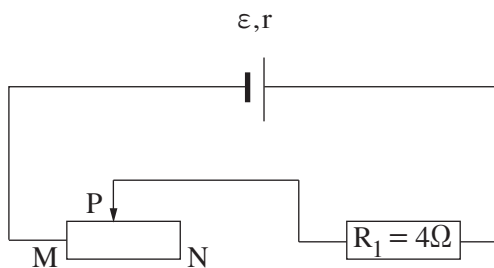


Figure 1

- ⌘. Voici cinq affirmations 1-5. Recopiez dans votre cahier d'examen uniquement les affirmations correctes. (6 points)

1. La valeur de la tension aux bornes dépend de la résistance interne de la pile.
2. La valeur de la tension aux bornes diminue lorsque la résistance externe du circuit augmente.
3. Plus l'intensité du courant dans le circuit augmente, plus la tension aux bornes augmente.
4. La valeur de la f.é.m ne dépend pas de l'intensité du courant.
5. Le $\frac{J}{C}$ est une unité exprimant la f.é.m.

Données :

Lorsque l'intensité du courant dans le circuit est $I = 1,5 \text{ A}$, la tension aux bornes est $V = 18 \text{ V}$.

Lorsque l'intensité du courant dans le circuit est $I = 2,5 \text{ A}$, la tension aux bornes est $V = 16 \text{ V}$.

- ⌘. Calculez la f.é.m ε de la pile, ainsi que sa résistance interne r . (8 points)
- ⌘. Calculez la distance qui sépare le curseur P de l'extrémité N de la résistance variable, lorsque l'intensité du courant dans le circuit est $I = 1,5 \text{ A}$. (7 points)

(Attention : la suite de la question se trouve à la page suivante)

On a démonté le circuit représenté dans la figure 1, puis on a monté un autre circuit à partir des mêmes composants, représenté dans la figure 2. Le curseur P se situe à l'emplacement que vous avez calculé à l'article λ .

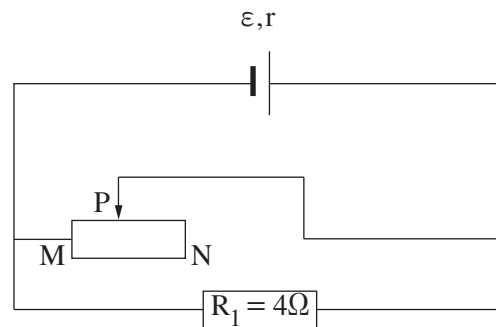
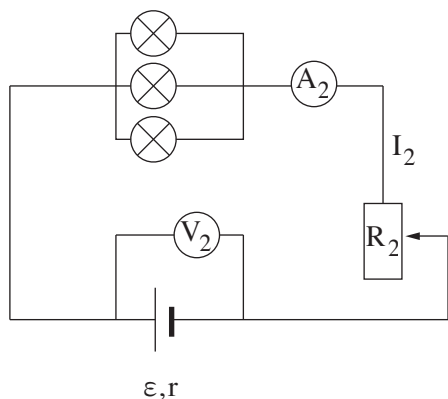
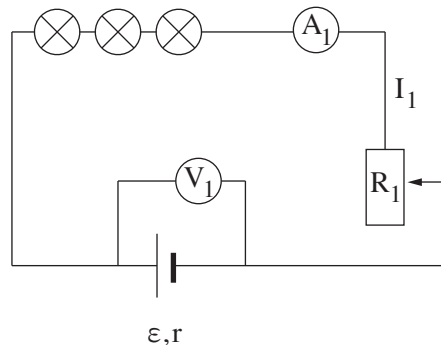


Figure 2

Répondez aux articles τ – η concernant le circuit représenté dans la figure 2.

- τ .** La tension aux bornes est-elle égale, supérieure ou inférieure à 18 V ? Justifiez votre choix.
(7 points)
- η .** (1) Est-il possible de mesurer une tension aux bornes de valeur $V = \varepsilon$ dans ce circuit ?
Si oui, expliquez de quelle manière. Si non, justifiez votre réponse.
- (2) Est-il possible de mesurer une tension aux bornes de valeur $V = 0$ dans ce circuit ?
Si oui, expliquez de quelle manière. Si non, justifiez votre réponse.
($5\frac{1}{3}$ points)

3. Les schémas ci-dessous représentent deux circuits électriques différents, le circuit 1 et le circuit 2, montés à partir des mêmes composants :
- une source de tension de f.é.m ε et de résistance interne r , trois ampoules sur lesquelles il est inscrit $3V$ et $2W$, une résistance variable, des fils et des instruments de mesure idéaux.

**Circuit 2****Circuit 1**

Dans chacun des deux circuits on déplace le curseur de la résistance variable jusqu'à ce que toutes les ampoules éclairent pleinement, conformément aux inscriptions qu'elles portent. Cet état ne varie pas tout au long des articles de cette question.

- א. Calculez I_1 , l'intensité indiquée par l'ampèremètre dans le circuit 1, ainsi que I_2 , l'intensité indiquée par l'ampèremètre dans le circuit 2. (7 points)

Donnée : la tension indiquée par le voltmètre dans le circuit 1 est $V_1 = 9\frac{1}{3}V$, et la tension indiquée par le voltmètre dans le circuit 2 est $V_2 = 4V$.

- ב. Calculez R_1 , la valeur de la résistance variable dans le circuit 1, ainsi que R_2 , la valeur de la résistance variable dans le circuit 2. (7 points)
- ג. Déterminez dans lequel des deux circuits, le circuit 1 ou le circuit 2, la puissance fournie par la source de tension est la plus grande, puis calculez combien de fois cette puissance fournie est plus grande. (6 points)
- ד. Déterminez dans lequel des deux circuits, le circuit 1 ou le circuit 2, la puissance dissipée dans la source de tension est la plus grande, puis calculez combien de fois cette puissance dissipée est plus grande. (5 points)

Le rendement du circuit est défini ainsi : le rapport entre la puissance utilisée par l'ensemble du circuit (ampoules et résistance variable) et la puissance fournie par la source de tension.

Un élève affirme que la puissance totale des ampoules dans le circuit 1 est égale à la puissance totale des ampoules dans le circuit 2, et par conséquent le circuit dont la puissance de la résistance variable est la plus grande, est le circuit dont le rendement est le plus élevé.

- ה. Déterminez si cette affirmation est vraie ou fausse. Justifiez votre réponse. (4 points)
- ו. Déterminez dans lequel des deux circuits, le circuit 1 ou le circuit 2, le rendement est le plus élevé. Justifiez votre réponse. ($4\frac{1}{3}$ points)

4. La figure 1 représente un accélérateur de particules chargées, appelé cyclotron. Ce dispositif est constitué de deux demi-disques, M et N, séparés l'un de l'autre par une zone rectangulaire C. Dans chacun des demi-disques, les particules se déplacent sous l'influence d'un champ magnétique $\vec{B}$ d'intensité constante. La direction du champ entre dans la feuille, et il est orthogonal à la trajectoire des particules. Dans la zone rectangulaire C, il n'y a pas de champ magnétique, mais il y a un champ électrique $\vec{E}$ d'intensité constante. Le champ électrique a une direction parallèle à celle du déplacement des particules dans la zone rectangulaire C, et change de sens à chaque fois que les particules effectuent un demi-tour. Ainsi le champ électrique accélère les particules à chacun de leurs passages entre les deux demi-disques M et N. La figure représente une particule ainsi qu'une portion de sa trajectoire.

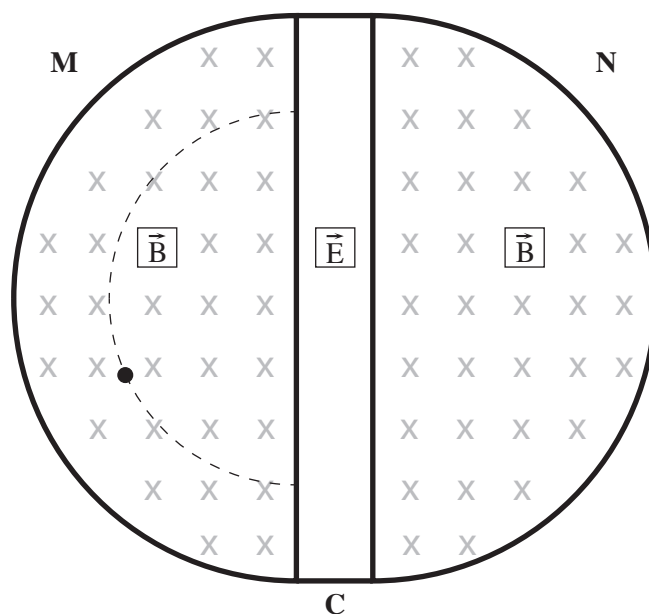


Figure 1

- ⌘. (1) Expliquez pourquoi le mouvement des particules dans les deux demi-disques est (approximativement) circulaire, et pourquoi son rayon de giration va en s'allongeant.
- (2) Déterminez si un proton se déplaçant dans le champ magnétique décrit, se déplace dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- (8 points)
- ⌘. Démontrez que le temps durant lequel un proton se déplace dans le demi-disque M est égal au temps durant lequel il se déplace dans le demi-disque N. (6 points)

(Attention : la suite de la question se trouve à la page suivante)

Lors d'une expérience effectuée dans l'accélérateur de particules décrit, des chercheurs ont mesuré la vitesse d'un proton en fonction du temps, depuis l'instant de son entrée dans le demi-disque M, durant son déplacement dans la zone C du champ électrique, et jusqu'à sa sortie du demi-disque N. À partir des données obtenues lors de ces mesures, les chercheurs ont tracé une courbe représentant la vitesse du proton en fonction du temps, tel que cela est représenté dans la figure 2 (prêtez attention aux unités de mesure des deux axes).

Vitesse du proton en fonction du temps

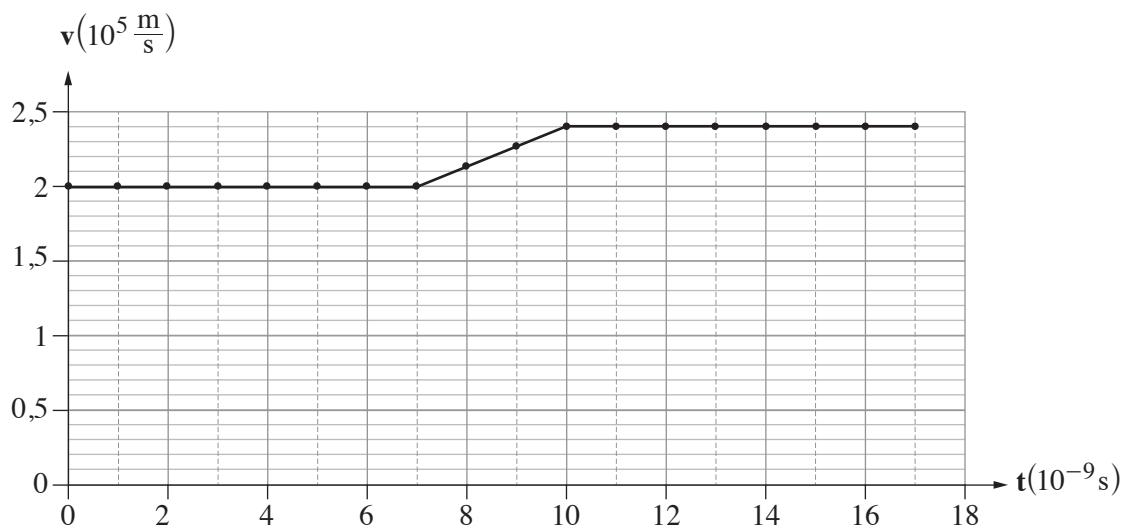


Figure 2

Donnée : la masse du proton est $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg .

- א. Calculez l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ à l'aide du graphique . (6 points)
- ב. Calculez l'intensité du champ électrique $\vec{E}$ à l'aide du graphique . (7 points)
- ג. F_1 est la grandeur de la force radiale s'exerçant sur le proton au moment de son entrée dans le demi-disque M .
 F_2 est la grandeur de la force radiale s'exerçant sur le proton au moment de son entrée dans le demi-disque M la fois qui suit.
 Déterminez si F_1 est supérieure, inférieure ou égale à F_2 . Justifiez votre réponse.
 ($6\frac{1}{3}$ points)

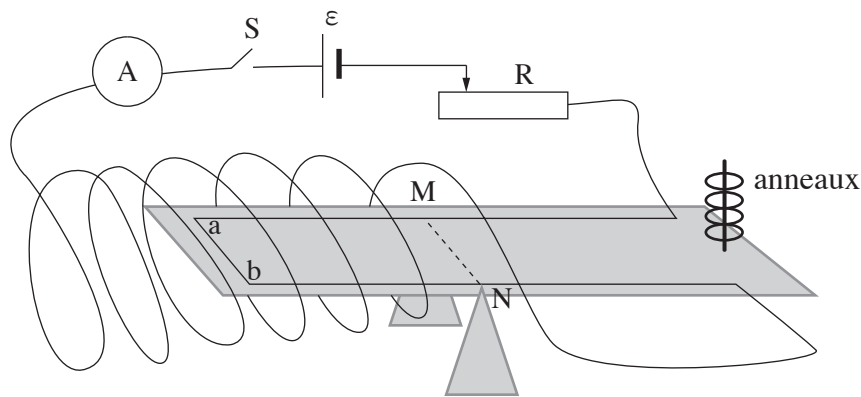
5. Soit un dispositif permettant de mesurer la masse de petits corps (balance de courant). Ce dispositif est constitué d'une bobine de longueur L et dont le nombre de spires est N , d'une plaque isolante rectangulaire ayant trois côtés le long desquels est fixé un fil conducteur, d'une source de tension idéale ε , d'une résistance variable R , d'un interrupteur S , d'un ampèremètre idéal, de fils conducteurs idéaux et de plusieurs anneaux identiques faits d'un matériau isolant.

On se propose de mesurer la masse m_0 d'un anneau à l'aide de ce dispositif.

À l'intérieur de la bobine, on introduit une portion de la plaque sur laquelle a été fixé le fil le long de ses côtés, celle-ci étant en équilibre horizontal.

Les extrémités du fil qui est fixé sur la plaque sont branchées en série à la bobine.

La plaque est libre de se mouvoir autour de l'axe MN qui passe en son centre, tel que cela est représenté dans la figure.



À l'état initial, l'interrupteur S est ouvert, aucun courant ne traverse le dispositif, et la plaque est en équilibre horizontal.

On ferme l'interrupteur, et sur une portion du fil conducteur fixé sur la largeur de la plaque, dont la longueur est ℓ_{ab} (voir figure), s'exerce une force F_B qui fait sortir la plaque de son état d'équilibre horizontal. On dépose un anneau sur l'extrémité de la plaque qui est en dehors de la bobine, puis à l'aide de la résistance variable, on fait varier l'intensité du courant dans le circuit jusqu'à ce que la force magnétique équilibre la force que l'anneau exerce sur la plaque, ramenant ainsi la plaque à l'état d'équilibre horizontal.

- ⌘. Déterminez le sens du champ magnétique créé dans la bobine suite à la fermeture de l'interrupteur : de gauche à droite ou bien de droite à gauche. (4 points)

(Attention : la suite de la question se trouve à la page suivante)

On répète les mesures plusieurs fois, et à chaque fois on dépose un anneau supplémentaire sur la plaque, on fait varier l'intensité du courant jusqu'à ce que la plaque revienne à l'état horizontal, puis on inscrit l'intensité du courant ainsi que le carré de l'intensité du courant.

Les résultats de l'expérience figurent dans le tableau ci-dessous.

Nombre d'anneaux K	I(A)	I²(A²)
1	4,0	16,0
2	5,0	25,0
3	6,5	42,3
4	7,5	56,3
5	8,5	72,3

- א. Exprimez la grandeur de la force magnétique F_B qui s'exerce sur la portion ab du fil, en fonction de l'intensité I du courant (utilisez les paramètres μ_0 , ℓ_{ab} , L , N , I). (6 points)
- ב. Exprimez le carré de l'intensité du courant (I^2) en fonction du nombre d'anneaux (K) déposés sur la plaque. (6 points)
- ג. D'après les résultats figurant dans le tableau :
 - (1) Tracez un diagramme de dispersion (des points dans un repère) du carré de l'intensité du courant (I^2) en fonction du nombre d'anneaux (K).
 - (2) Ajoutez à ce diagramme de dispersion, la droite qui lui correspond le mieux (droite de régression).
 (7 points)

Données : $\ell_{ab} = 2,8 \text{ cm}$, $L = 25 \text{ cm}$, $N = 2500$.

- ד. Déterminez la masse m_0 d'un anneau d'après la valeur du coefficient directeur de cette droite. (5 points)

On inverse les pôles de la source de tension.

- ה. Dans ce cas de figure, est-il possible d'utiliser ce dispositif afin de mesurer la masse de petits corps ? Justifiez votre réponse. ($5\frac{1}{3}$ points)

Induction

6. Soit un fil conducteur KLM formant un triangle rectangle isocèle, tel que cela est représenté dans la figure 1. Le fil se trouve dans un champ magnétique uniforme qui règne dans une zone rectangulaire EFGH. L'intensité de ce champ magnétique varie en fonction du temps, et sa direction est orthogonale au plan du triangle KLM.

Données : la résistance du fil est $R = 1,2 \, \Omega$. L'aire du triangle formé par le fil est $S_{KLM} = 100 \, \text{cm}^2$.

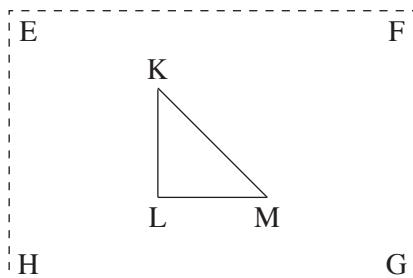


Figure 1

Le graphique de la figure 2 représente le champ magnétique en fonction du temps (prêtez attention aux unités de mesure).

Champ magnétique en fonction du temps

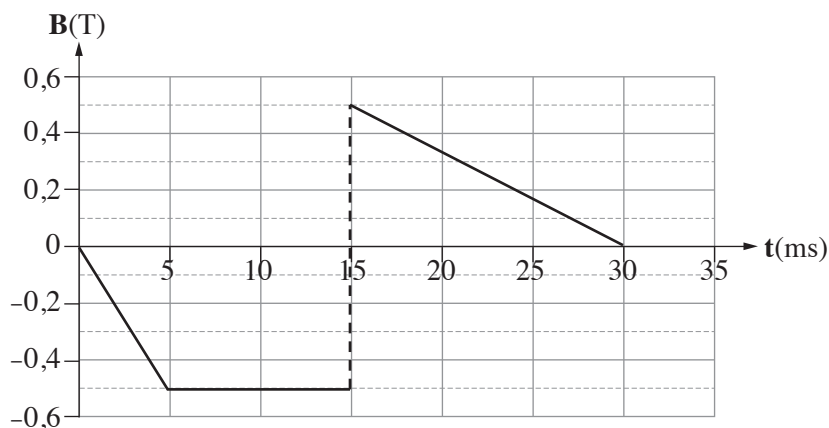


Figure 2

On sait que sur l'intervalle de temps $0 < t < 5 \, \text{ms}$, un courant électrique induit traverse le fil de L vers M.

- א. Quelle est la direction du champ magnétique induit à l'intérieur du triangle durant cet intervalle de temps : entrant ou sortant du plan de feuille ? (4 points)
- ב. Quelle est la direction du champ magnétique uniforme durant cet intervalle de temps ? Justifiez votre réponse. (6 points)
- ג. Calculez l'intensité du courant induit dans le fil, pour chacun des trois intervalles de temps définis aux sous-articles (1)-(3) ci-dessous.
Le sens positif du courant est défini de L vers M. (8 points)
 - (1) L'intervalle de temps $0 < t < 5 \, \text{ms}$
 - (2) L'intervalle de temps $5 \, \text{ms} < t < 15 \, \text{ms}$
 - (3) L'intervalle de temps $15 \, \text{ms} < t < 30 \, \text{ms}$
- ד. Calculez la puissance électrique dans le fil à l'instant $t = 20 \, \text{ms}$. (6 points)

Dans un autre cas, avec le même système, le champ magnétique est uniforme et constant au cours du temps, et sa direction sort du plan du triangle et est orthogonal à celui-ci. Le fil se déplace vers la droite à vitesse constante, puis sort de la zone où règne le champ magnétique.

- ה. Considérez l'intervalle de temps allant de l'instant où le fil commence à sortir du champ à sa sortie complète du champ, puis déterminez si l'intensité du courant induit durant cet intervalle de temps est constante ou variable. Justifiez votre réponse. (5 points)

Un autre système comporte une zone circulaire soumise à un champ magnétique uniforme qui varie en fonction du temps. Une première fois on entoure le champ avec un fil conducteur formant un carré (figure 3א), et une autre fois avec un fil conducteur dont la forme a une surface supérieure à celle du carré (figure 3ב).

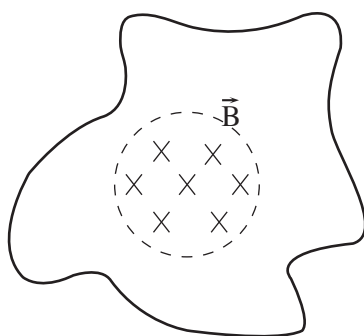


Figure 3א

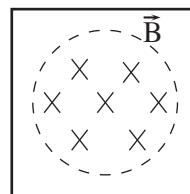


Figure 3ב

Figure 3

- ו. Voici une affirmation : la f.é.m induite dans le fil représenté dans la figure 3ב est supérieure à la f.é.m induite dans le fil représenté dans la figure 3א, car la surface de la zone qu'il délimite est plus grande.

Déterminez si cette affirmation est correcte ou erronée. Justifiez votre réponse. ($4\frac{1}{3}$ points)

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