

PHYSQ 126 LEC B1 - Fluides, champs et radiation
Examen final - Hiver 2011

Nom **SOLUTIONS**

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date et heure Mardi, 26 avril 2011, de 9h00 à midi
Lieu Gymnase de la Faculté Saint-Jean, rangée 1

Instructions

- Ce cahier contient **16 pages**, dont une page vide à la fin pour vos calculs. Répondez directement sur ce cahier d'examen.
- L'examen vaut **40%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **15 questions courtes** (10 points) et **9 problèmes** (30 points). Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée. Expliquez de façon claire et précise, et encadrez votre réponse.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire, que vous aurez complété avec d'autres formules. Vous perdrez 10/40 si vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen, ou si vous y avez inclus des solutions.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (*PDA*s en anglais) et tout autre système de communication sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

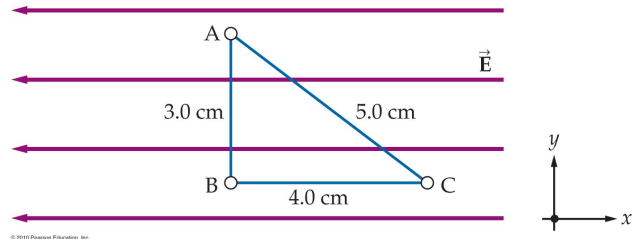
Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à le demander !

Question 1. Potentiel électrique [0.8 point]

La figure ci-dessous illustre un champ électrique de grandeur 850 N/C , qui pointe dans la direction $-x$. Si le potentiel au point A est $V_A = 12 \text{ V}$, calculez :

(A) $V_B = 12 \text{ V}$

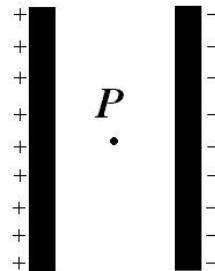
(B) $V_C = 12 + 850 \times 0.04 = 46 \text{ V}$



Question 2. Énergie potentielle électrique [0.8 point]

La figure montre une paire de plaques chargées de signes opposés. Le point P se trouve exactement à égale distance des deux plaques. On lâche un électron du point P , de sorte qu'il atteindra la plaque positive avec une certaine énergie cinétique. Nous répétons cette procédure avec un proton, qui atteindra la plaque négative. Quelle affirmation ci-dessous décrit le mieux l'énergie cinétique finale des deux particules?

- $K_{\text{finale, électron}} > K_{\text{finale, proton}}$
- $K_{\text{finale, électron}} = K_{\text{finale, proton}}$
- $K_{\text{finale, électron}} < K_{\text{finale, proton}}$
- Information insuffisante



Car $\Delta K + q\Delta V = 0$ et on a mêmes $|q|$ et ΔV .

Question 3. Matériau diélectrique [0.6 point]

Si l'espace vide entre deux plaques contient un champ électrique uniforme de 1500 V/m , que vaudra ce champ électrique si on remplit l'espace entre les plaques par du mica (constante diélectrique = 5.4) ?

$$E = \frac{E_0}{\kappa} = 280 \text{ V/m}$$

Question 4. Puissance électrique [0.5 point]

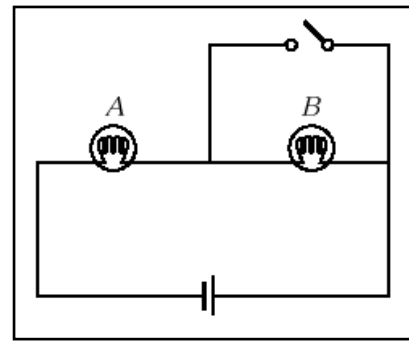
Combien de courant circule dans une ampoule de 60 W quand elle est branchée à une source de tension de 120 V ?

$$I = \frac{P}{V} = 0.5 \text{ A}$$

Question 5. Circuits électriques [0.6 point]

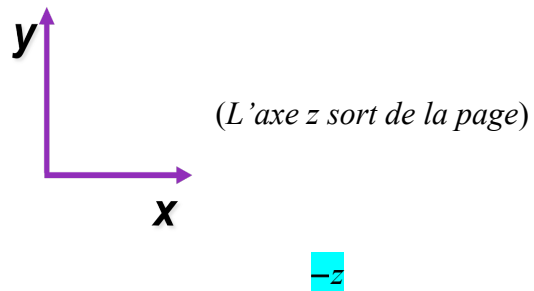
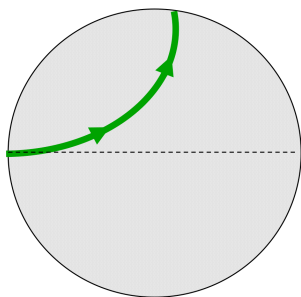
Deux ampoules A et B sont branchées en série avec une source de tension constante. Si nous *fermons l'interrupteur* aux bornes de B , indiquez si chacune des ampoules deviendra plus brillante, moins brillante, fermée, ou explosera :

- (A) l'ampoule A sera plus brillante
- (B) l'ampoule B sera fermée



Question 6. Force magnétique [0.5 point]

Un faisceau de protons pénètre dans une région où il y a un champ magnétique uniforme (figure de gauche). Quelle est la direction du champ magnétique \mathbf{B} ?

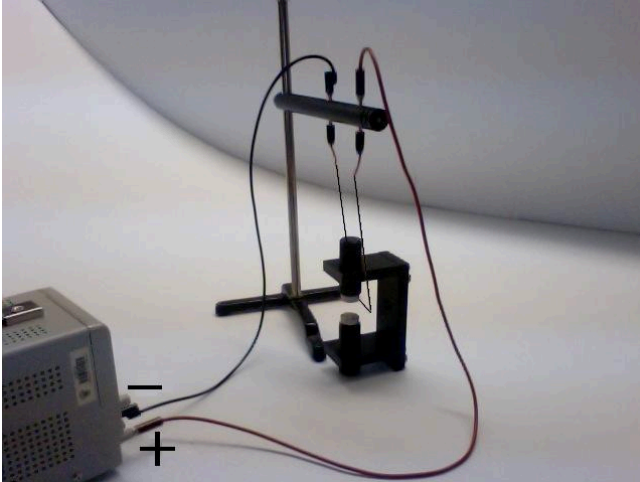


On applique $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

Vitesse vers la droite, Force vers le haut ; de la main droite B entre dans la page

Question 7. Force magnétique sur un courant [0.7 point]

À la figure ci-dessous, le fil de gauche est branché à la borne négative et le fil de droite est branché à la borne positive. Dans quelle direction le champ magnétique entre les aimants pointe-t-il, si la force magnétique pousse le fil vers la droite ?



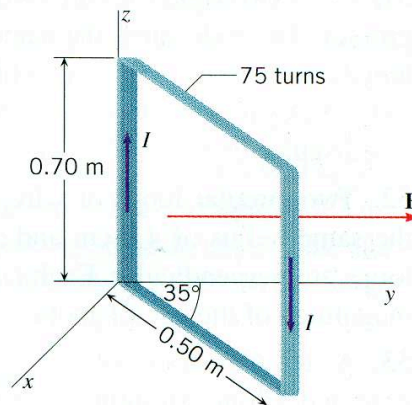
$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$$

Le courant entre, Force vers la droite. Donc **B vers le haut.**

Question 8. Boucle de courant dans un champ magnétique [0.8 point]

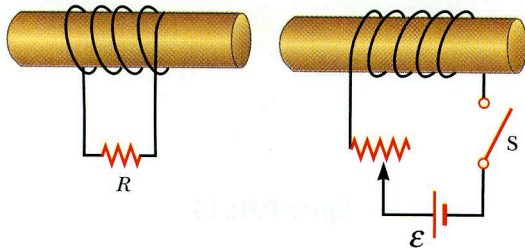
La boucle rectangulaire ci-dessous est plongée dans un champ magnétique uniforme qui pointe dans la direction $+y$. Le courant (charges positives) circule dans le sens horaire, c.-à-d. il monte dans la direction $+z$. Quand on regarde ce système du haut (avec l'axe $+z$ qui pointe vers nous), dans quelle *direction* le champ magnétique fera-t-il tourner la boucle : horaire ou anti-horaire ?

horaire



Question 9. Loi de Lenz [0.8 point]

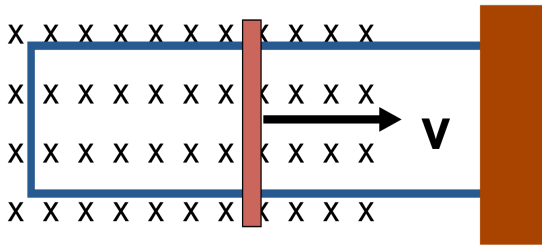
Immédiatement après avoir fermé l'interrupteur S de la figure ci-dessous, dans quelle direction le courant induit dans la résistance R (bobine de gauche) circulera-t-il : vers la gauche ou vers la droite ?



vers la gauche

Question 10. Fém de mouvement [0.5 point]

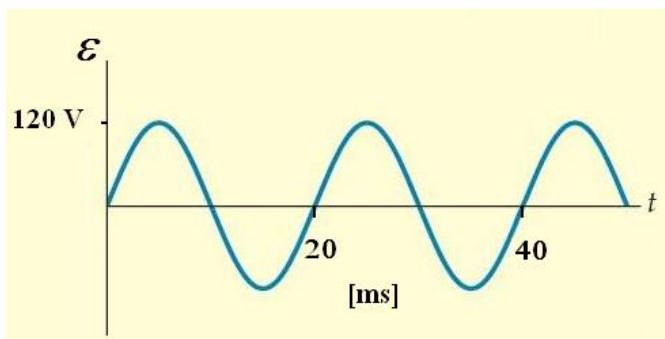
Une tige glisse sur deux rails conducteurs dans un champ uniforme \mathbf{B} qui entre dans la page. Dans quelle direction le courant induit circule-t-il dans la tige : vers le haut ou vers le bas ?



Le courant circule dans le sens anti-horaire, donc vers le haut.

Question 11. Générateur électrique [0.8 point]

On construit un générateur en plaçant une boucle de 8 enroulements de fil et de surface 0.090 m^2 dans un champ magnétique. Le graphique de la fém ainsi générée est donné ci-dessous. Quelle est la grandeur du champ magnétique ?



De $\epsilon_{\max} = NBA\omega$ on trouve

$B = 0.53 \text{ T}$

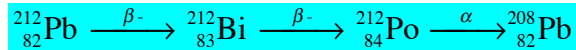
Question 12. Transformateurs [0.7 point]

Un transformateur contient 550 enroulements dans sa bobine primaire et 30 enroulements dans la bobine secondaire. Quel courant devra circuler dans la bobine primaire pour que le courant dans le secteur secondaire soit égal à 11 A ?

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = 0.6 \text{ A}$$

Question 13. Désintégration nucléaire [0.6 point]

Au-dessus de chaque flèche, indiquez si la désintégration est de type alpha (α), bêta positive (β^+) ou bêta négative (β^-).



Question 14. Dosimétrie [0.6 point]

Un tissu biologique est exposé à une dose radioactive de 216 rad. Si la dose biologique est de 2910 rem, de quel type de radiation s'agit-il ? Utilisez le tableau ci-contre.

$$\text{RBE} = \text{dose}(\text{rem})/\text{dose}(\text{rad}) = 13.5$$

Rayons alpha

TABLE 32–3 Relative Biological Effectiveness, RBE, for Different Types of Radiation

Type of radiation	RBE
Heavy ions	20
α rays	10–20
Protons	10
Fast neutrons	10
Slow neutrons	4–5
β rays	1.0–1.7
γ rays	1
200-keV X-Rays	1

© 2010 Pearson Education, Inc.

Question 15. Circuits AC [0.7 point]

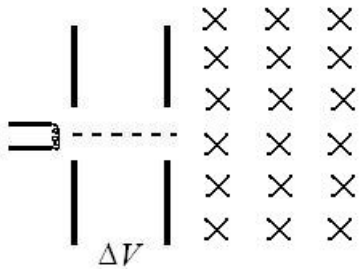
Un circuit RLC est branché à une source de courant alternatif (AC). Si $R = 9.8 \text{ k}\Omega$, $C = 1.9 \mu\text{F}$, $L = 240 \text{ mH}$, et que la source a un voltage efficace de 115 V et oscille à une fréquence de 60 Hz, le circuit est-il résistif, capacitif ou inductif ?

$$X_L = \omega L = 90.5 \Omega \text{ et } X_C = \frac{1}{\omega C} = 1.4 \times 10^3 \Omega. \text{ Circuit capacitif.}$$

Problème 1. Champs électrique et magnétique [3.0 points]

Un électron (masse 9.11×10^{-31} kg, charge -1.60×10^{-19} C) est émis d'un filament chauffé (partie gauche de la figure ci-dessous) à vitesse négligeable. Il est ensuite accéléré par une différence de potentiel de $\Delta V = 19.5$ kV entre deux plaques, pour aboutir dans la région de droite, où il y a un champ magnétique de 18 mT qui entre dans la page.

- A. Quelle plaque a un potentiel plus élevé? [0.4 point]
 B. À quelle vitesse l'électron passe-t-il la plaque de droite? [1.0 point]
 C. Une fois dans la région de champ magnétique, dans quelle direction l'électron se déplace-t-il : horaire ou anti-horaire? [0.6 point]
 D. Quel est le rayon de courbure de l'électron dans le champ B? [1.0 point]



Solution

A. La plaque de droite.

B. $\frac{1}{2}mv^2 - e\Delta V = 0$ donne $v = \sqrt{\frac{2e\Delta V}{m}} = 8.2762 \times 10^7 \approx 8.28 \times 10^7$ m/s

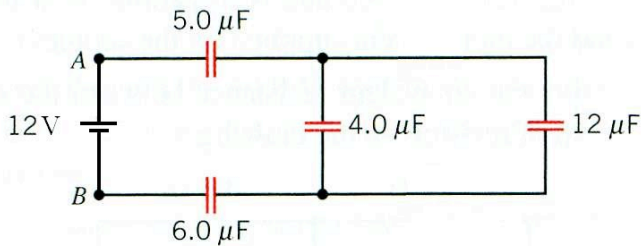
C. Vitesse vers la droite, champ entrant, donc la *main gauche* (électron !) donne une force vers le bas. Donc le sens horaire.

D. $mv = qBr$ donne $r = \frac{mv}{eB} = 2.62$ cm

Problème 2. Combinaison de condensateurs**[3.8 points]**

Considérez les quatre condensateurs ci-dessous, branchés à une pile de 12 V.

- A. Quelle est la capacité équivalente de cet ensemble? **[0.7 point]**
B. Calculez la charge aux bornes de chaque condensateur. **[1.7 points]**
C. Calculez la différence de potentiel aux bornes de chaque condensateur. **[1.4 points]**

**Solution**

A. C équivalent à 4 et 12 = 16 μF, qui est en série avec 5 et 6 : $C_{eq} = 2.3 \mu\text{F}$

B. La charge aux bornes de C_{eq} est $Q = C_{eq}V = 2.3 \times 12 = 28 \mu\text{C}$. C'est la charge aux bornes de 5 et 6, car ils sont en série (même charge). Cette charge est partagée entre 4 et 12, dans la proportion $Q_{12} = 3Q_4$ (car $Q = CV$ donc Q proportionnelle à C). On trouve donc

$$Q_5 = Q_6 = 28 \mu\text{C}, Q_4 = 7 \mu\text{C}, Q_{12} = 21 \mu\text{C}$$

C. Pour les différences de potentiel, il n'y a qu'à utiliser $V = Q/C$ pour chaque charge.

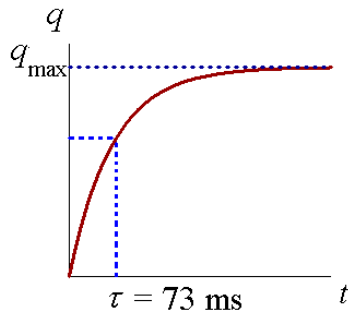
$$V_4 = V_{12} = 1.7 \text{ V}, V_5 = 5.6 \text{ V}, V_6 = 4.7 \text{ V}$$

Naturellement, la somme est égale à 12 V.

Problème 3. Circuits RC [2.5 points]

On construit un circuit RC en branchant une pile de 3.0 V en série avec une résistance et un condensateur. Le graphique ci-dessous donne la charge aux bornes du condensateur en fonction du temps. On mesure la charge finale $q_{\max} = 546 \mu\text{C}$.

- A. Quelle est la capacité C du condensateur ? [0.6 point]
B. Quelle est la résistance R de ce circuit ? [0.4 point]
C. À quel instant la charge vaut-elle $400 \mu\text{C}$? [1.5 points]



Solution

A. $C = \frac{q_{\max}}{\varepsilon} = 182 \mu\text{F}$

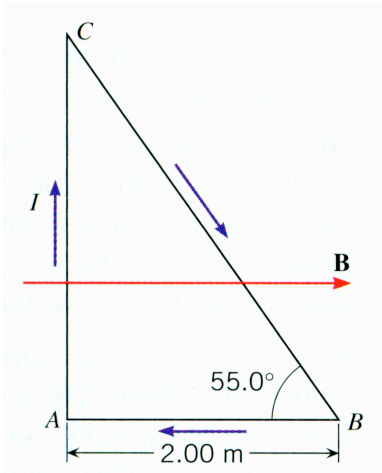
B. $R = \frac{\tau}{C} = 401 \Omega$

C. En isolant t dans $q(t) = q_{\max}(1 - e^{-t/\tau})$, on trouve $t = \tau \ln \frac{q_{\max}}{q_{\max} - q} = 96 \text{ ms}$

Problème 4. Force magnétique sur un courant [3.7 points]

La boucle triangulaire ci-dessous est parcourue par un courant $I = 4.70 \text{ A}$. Un champ magnétique \mathbf{B} uniforme de 1.80 T est dirigé vers la droite.

- A. Calculez la grandeur et la direction de la force magnétique exercée sur chaque côté du triangle. **[3.2 points]**
 B. Quelle est la force nette exercée sur le triangle ? **[0.5 point]**



Solution

On utilise la relation $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$. Soit 1 le bas, 2 la gauche et 3 la droite. On a $\tan(55) = \frac{L_2}{L_1}$ et $\cos(55) = \frac{L_1}{L_3}$

A. Pour \vec{F}_1 , on a $\theta = 180$, donc $\vec{F}_1 = 0 \text{ N}$.

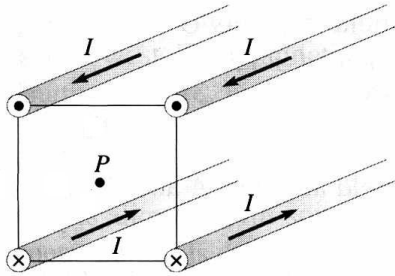
Pour \vec{F}_2 , on a $\theta = 55$, donc $\vec{F}_2 = (4.7)(2 \tan(55))(1.8) \sin(90) = 24.2 \text{ N}$ dans la page.

Pour \vec{F}_3 , on a $\theta = 55$, donc $\vec{F}_3 = (4.7) \left(\frac{2}{\cos(55)} \right) (1.8) \sin(55) = 24.2 \text{ N}$ sort de la page.

B. $\vec{F}_{\text{nette}} = \vec{0} \text{ N}$

Problème 5. Champ créé par un courant**[3.3 points]**

La figure ci-dessous illustre quatre longs fils conducteurs placés aux coins d'un carré de côté égal à 9.5 cm. Un même courant de 5.4 A passe par les quatre fils, dans les directions indiquées ci-dessous. Calculez la *grandeur* et la *direction* du champ magnétique induit par les courants au centre P du carré.

**Solution**

La règle de la main droite nous montre qu'au point P , les champs produits par deux fils pointent vers le bas à droite et les champs produits par les deux autres fils pointent vers le haut à droite. Donc, par symétrie le champ total pointe vers la droite, c.-à-d. $B_y = 0$.

Chaque fil produit un champ d'intensité $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$. Chaque contribution fait 45° avec

l'horizontale au point P . La distance entre P et chaque fil est

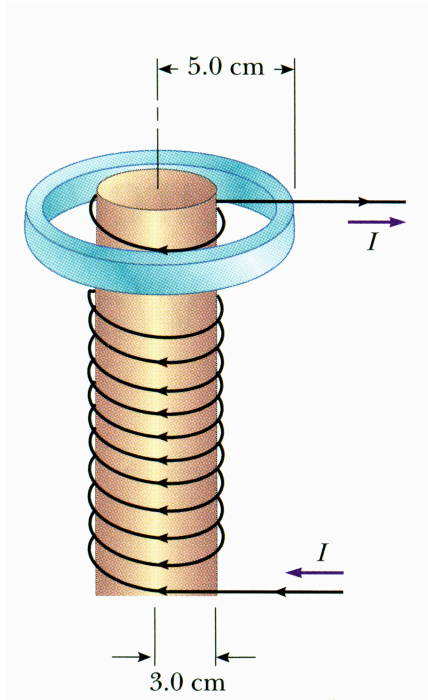
$r = \frac{1}{2}\sqrt{0.095^2 + 0.095^2} = \frac{0.095}{\sqrt{2}}$. Ce qui donne $B = 1.6077 \times 10^{-5}$ T. Il y a quatre

contributions, chacune à 45° , de sorte que $B_x = 4B \cos(45) = 4.547 \times 10^{-5}$ T

 $B = 45 \mu\text{T}$ vers la droite

Problème 6. Induction électromagnétique**[3.0 points]**

Un anneau d'aluminium de rayon 5.0 cm et de résistance $3.0 \times 10^{-4} \Omega$ est placé au-dessus de la tige d'un solénoïde qui contient 1000 enroulements par mètre et un rayon de 3.0 cm. L'anneau est à une position où le champ magnétique vaut la *moitié* du champ magnétique au centre du solénoïde. Si le courant dans le solénoïde *décroit* à un taux de 270 A/s, quel sera le courant induit dans l'anneau ? Vu du haut, le courant induit dans l'anneau circule-t-il en sens horaire ou anti-horaire ?

**Solution**

$I_{ind} = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1}{R} N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ où $\Phi_B = BA = \left(\frac{1}{2} \mu_0 n I \right) (\pi r^2)$. Attention: $N = 1$ et $n = 1000$. Aussi le facteur 1/2 à cause de la moitié du champ, et $r = 3.0$ cm (et non 5.0 cm). Seul I dépend du temps, donc

$$I_{ind} = \frac{1}{R} N \left(\frac{1}{2} \mu_0 n \right) (\pi r^2) \frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathbf{1.6 \text{ A}}$$

Le champ est vers le bas et décroît, donc le champ induit est vers le bas. Le courant induit dans l'anneau est donc dans le **sens horaire**.

Problème 7. Inductance d'une bobine [4.0 points]

Une bobine d'induction est constituée de 380 enroulements d'aire A distribués uniformément sur une longueur 15 cm. Si on augmente le courant dans la bobine au taux de 1.8 A/s, on mesure une fém induite de 82 mV.

- A. Quelle est l'inductance L de cette bobine ? [1.0 point]
- B. Quelle est l'aire A des enroulements ? [1.0 point]
- C. Supposez que l'on comprime les enroulements de sorte que nous avons encore 380 enroulements (et la même aire A), mais la longueur est réduite à 5.0 cm. Quelle sera l'inductance L de cette bobine ? [1.0 point]
- D. Pour maintenir une fém induite de 82 mV avec la nouvelle inductance, à quel taux (en A/s), le courant doit-il varier ? [1.0 point]

Solution

A. $L = \frac{\varepsilon}{\Delta I / \Delta t} = 0.045555... \approx 46 \text{ mH}$

B. $L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A$ donne $A = \frac{\ell L}{\mu_0 N^2} \approx 0.038 \text{ m}^2$

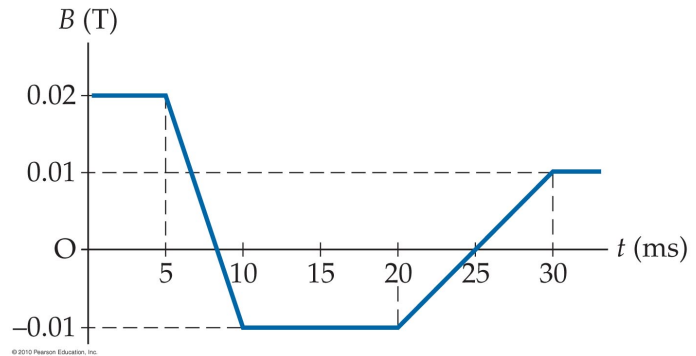
C. Comme $L \propto \frac{1}{\ell}$ si ℓ est divisé par 3 alors L est multiplié par 3: $L = 140 \text{ mH}$

D. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{L_{\text{nouveau}}} = \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{L_{\text{original}}} = 0.6 \text{ A/s}$

Problème 8. Fém dans une bobine d'induction [3.2 points]

Le graphique ci-dessous illustre la grandeur d'un champ magnétique variable, \mathbf{B} , en fonction du temps. Ce champ fait un angle de 45° avec une boucle circulaire de rayon 1.90 cm contenant 150 enroulements. Si la boucle a une résistance de $R = 260 \text{ m}\Omega$, quelle est la *grandeur* du courant induit dans la boucle à :

- A. $t = 1.50 \text{ ms}$
- B. $t = 8.50 \text{ ms}$
- C. $t = 16.0 \text{ ms}$
- D. $t = 24.0 \text{ ms}$



Solution

$$\Phi_B = BA \cos(45) = \frac{1}{\sqrt{2}} BA$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{N\pi r^2}{R\sqrt{2}} \frac{\Delta B}{\Delta t} = (0.4626579) \times \text{pente}$$

- A. C. Pente nulle, donc $I_{ind} = 0.00 \text{ A}$
- B. Pente = $0.03/0.005 = 6$, donc $I_{ind} = 2.78 \text{ A}$
- D. Pente = $0.02/0.01 = 2$, donc $I_{ind} = 0.925 \text{ A}$

Problème 9. Circuits à courant alternatif**[3.5 points]**

Dans un circuit en série, on branche une source de courant alternatif (de fréquence 1350 Hz et tension efficace $V_{rms}=15.0$ V) à une résistance de 16.0 ohms, un condensateur de 4.10 μ F et une bobine d'induction de 5.30 mH.

- A. Quelle est l'impédance Z de ce circuit ? **[1.2 point]**
B. Ce circuit AC est-il de type résistif, capacitif ou inductif ? Pourquoi ? **[0.4 point]**
C. Quelle est la valeur efficace du courant aux bornes de R ? **[0.6 point]**
D. Que vaut V_{rms} aux bornes du condensateur ? **[0.8 point]**
E. Quelle est la puissance moyenne fournie par la source ? **[0.5 point]**

Solution

A. $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \approx 22.8 \Omega$

Nous avons calculé $X_L = \omega L = 44.956 \Omega$ et $X_C = \frac{1}{\omega C} = 28.754 \Omega$

B. Vu que $X_C < X_L$, le circuit est inductif.

C. $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{15}{16} \approx 0.938$ A

D. $(V_C)_{rms} = X_C I_{rms} \approx 27.0$ V

E. $P_{av} = V_{rms} I_{rms} \frac{\cos \theta}{R/Z} = (15) \left(\frac{15}{16} \right) \left(\frac{16}{22.8} \right) \approx 9.87$ W

Remarque : Ceux et celles qui ont répondu à la Partie E ont eu 0.5 point, même si la réponse n'est pas bonne, car nous n'avons pas vu d'exemples de ce type dans le cours.

Passez un bel été !