Feuille de physique numéro 23 **PCSI2** **2025-2026**
Induction.

Exercice 1 : Comparaison entre induction par un champ extérieur et autoinduction.

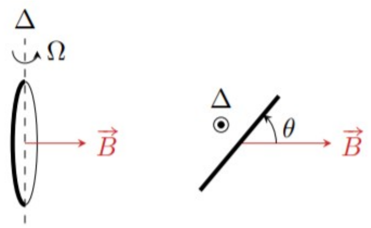
Dans de nombreuses études, on néglige la fem d'autoinduction devant celle due au champ magnétique extérieur. On s'intéresse ici au cas d'une spire circulaire de rayon R = 5 cm et de résistance interne r = 1 Ω.
Elle est plongée dans un champ magnétique extérieur uniforme, orthogonal au plan de la spire, dont l'intensité varie sinusoïdalement à une fréquence de 50Hz et présentant une amplitude B_O = 50mT.

1. Exprimer la fem induite dans la spire par ce champ extérieur.
2. Modéliser le circuit sans tenir compte de l'autoinduction et en déduire l'expression de l'intensité du courant électrique dans la spire.

Pour une spire de rayon R constitué d'un fil de rayon a, l'inductance propre de la bobine est donnée par l'expression suivante : $L=\mu_O R\left(\ln\left(\frac{8R}{a}\right)-2\right)$.

3. Evaluer numériquement l'inductance propre de cette spire lorsque a = 0,1mm.
4. Exprimer la fem d'autoinduction et la comparer à la fem induite par le champ extérieur. Conclure.

Exercice 2 : Spire en rotation.

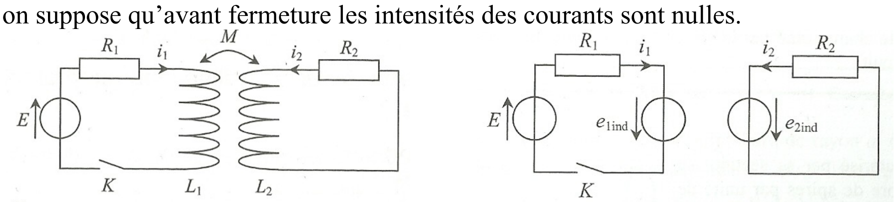


Considérons une bobine constituée de N spires conductrices circulaires de surface S et de résistance électrique totale r. Cette bobine est mise en rotation à la vitesse angulaire Ω constante autour d'un de ses diamètres, qui définit l'axe Δ, voir les figures en perspective et vue de dessus ci-contre. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme et stationnaire $\vec{B}$ orthogonal à Δ.

1. Établir l'expression de la f.é.m. induite dans la bobine. En déduire celle du courant induit.
2. Déterminer le moment magnétique instantané de la bobine.
3. En déduire le couple de Laplace instantané puis moyen qui s'exerce sur la bobine. Quel est qualitativement son effet sur le mouvement de la bobine ? Aurait-on pu le prévoir sans calcul ?

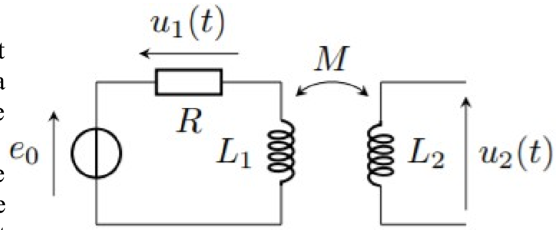
Exercice 3 : Régime transitoire dans deux circuits couplés par induction mutuelle.

Dans le circuit suivant, on suppose que $L = L_1 = L_2$ et que $R = R_1 = R_2$. On ferme l'interrupteur K à l'instant initial t = 0, et on suppose qu'avant fermeture les intensités des courants sont nulles.



1. Déterminer le système d'équations couplées vérifié par $i_1(t)$ et $i_2(t)$.
2. Découpler ce système en introduisant deux nouvelles variables judicieusement choisies.
3. Résoudre les équations différentielles découplées puis en déduire les expressions de $i_1(t)$ et $i_2(t)$. Représenter graphiquement ces intensités.

Exercice 4 : Mesure d'inductance mutuelle.



Le montage ci-contre permet de mesurer le coefficient d'inductance mutuelle entre deux bobines. On supposera que géométriquement les deux bobines sont alignées sur le même axe et orientées dans le même sens.
La première bobine est montée en série avec une résistance R = 100 Ω et un générateur de tension e_O harmonique de fréquence f = 2,0 kHz. Les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont mesurées grâce à un oscilloscope supposé idéal, c'est-à-dire de résistance d'entrée infinie.

1. Quelle est l'intensité circulant dans la bobine 2 ? D'après la loi de comportement habituelle de la bobine, que vaudrait alors la tension u_2 ? Pourquoi cette loi n'est-elle pas applicable telle quelle ici ?
2. Exprimer la tension u_2 en fonction de M et u_1.
3. Calculer M sachant que les tensions lues à l'oscilloscope ont des amplitudes U_1 = 3,00 V et U_2 = 0,50 V.

On fait tourner la bobine 2 sur elle-même dans le plan de la paillasse.

4. Indiquer sans calcul comment est modifiée la valeur de M lorsque l'angle de rotation vaut 180° ? 90° ?

Exercice 5 : Plaque de cuisson à induction.

Le chauffage du fond métallique des casseroles et autres poêles de cuisson peut être réalisé par effet Joule des courants induits directement dans le fond de la casserole par un champ magnétique variable, les courants de Foucault. Logé dans une table support en céramique, un bobinage alimenté en courant sinusoïdal, appelé inducteur, génère ce champ. L'inducteur a un rayon de 5 cm et compte vingt spires de cuivre de résistance électrique totale R_1=18mΩ et d'auto-inductance L_1. Il est alimenté par une tension harmonique $v_1(t)$ de pulsation ω.

Du point de vue électromagnétique, on modélise le fond de casserole par une spire circulaire unique, fermée sur elle-même, appelée induit. L'induit a une résistance R_2 = 8,3 mΩ et une auto-inductance L_2=0,24 µH. Le transfert d'énergie électrique s'effectue par couplage inductif entre l'inducteur et l'induit d'inductance mutuelle M=2,0µH.

L'inducteur, alimenté en l'absence d'induit, sous une tension efficace de 24V, à la fréquence de 25kHz est traversé par un courant de valeur efficace égale à 5,1A.

1. Déterminer l'expression de l'inductance propre L_1 de l'inducteur en fonction des valeurs efficaces fournies puis faire l'application numérique.
2. Vérifier alors que $L_1\omega \gg R_1$ et $L_2\omega \gg R_2$.
3. En s'appuyant sur un schéma électrique équivalent, établir les équations électriques relatives aux deux circuits.
4. En déduire l'expression littérale de $\underline{I}_2/\underline{I}_1$ puis son module.

Pour des raisons de sécurité, on se fixe comme objectif de limiter les pertes par effet Joule dans l'inducteur à 50W (en moyenne).

5. Quelle est alors la valeur efficace du courant maximal admissible dans l'inducteur ?
6. En déduire la valeur efficace maximale de la tension d'alimentation, l'intensité efficace du courant dans le circuit induit et la puissance (moyenne) de chauffe développée dans celui-ci.