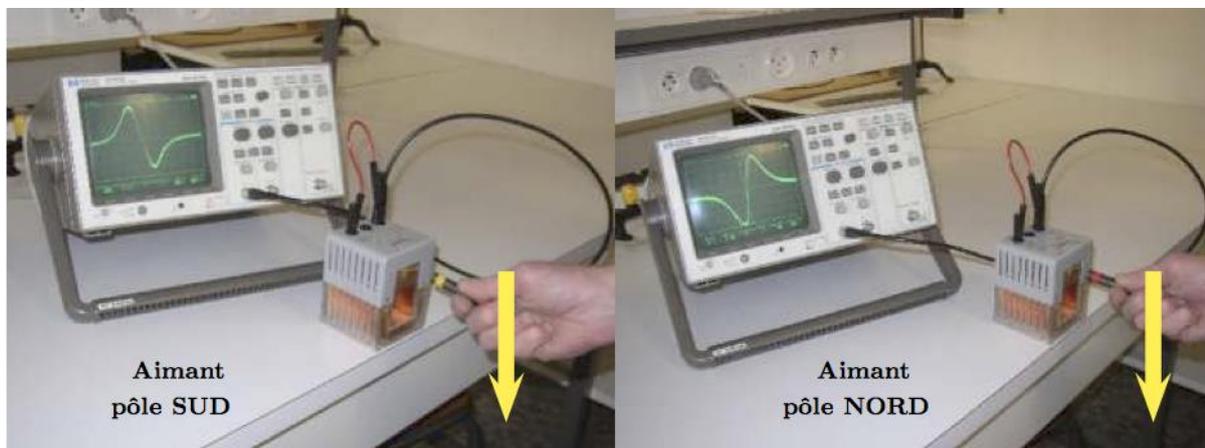


ELECTROMAGNETISME - TRAVAUX DIRIGES n° 2

L'induction électromagnétique

Exercice n° 1 : Mouvement d'un aimant

Un petit aimant est déplacé de haut en bas devant un bobinage relié à un oscilloscope. La manipulation est représentée sur les photos ci-dessous. Commenter les courbes obtenues.

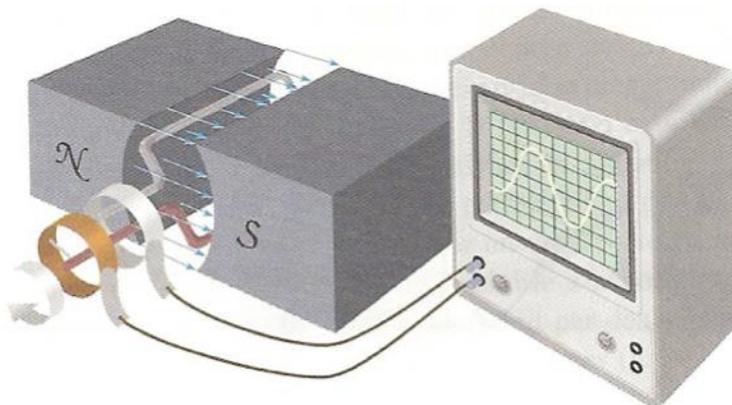


Exercice n° 2 : Principe d'un alternateur

Un alternateur est constitué d'un cadre carré, de côté $a = 10 \text{ cm}$, plongé dans un champ magnétique uniforme et constant créé par un aimant permanent.

Ce cadre, qu'un opérateur extérieur fait tourner à une vitesse angulaire ω constante, est relié électriquement (grâce à un système appelé balais) à un oscilloscope qui permet de visualiser la tension aux bornes de l'alternateur.

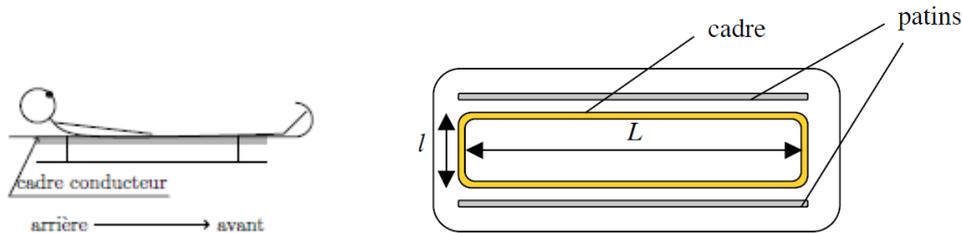
- 1) Expliquer le fonctionnement du dispositif
- 2) Etablir l'expression du flux du champ magnétique à travers le cadre et en déduire la fem induite.
- 3) On double la vitesse angulaire. Que devient l'oscillogramme ?
- 4) Les calibres de l'oscilloscope sont 1V/div et 5 ms/div . Estimer la norme du champ magnétique créé par l'aimant.



Exercice n° 3 : Freinage magnétique d'une luge

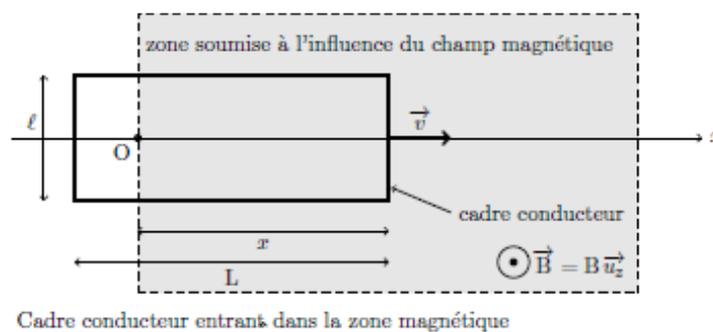
La luge et son passager, ensemble de masse totale 100 kg, arrivent en fin de piste à une vitesse $v_0 = 30 \text{ m.s}^{-1}$.

Afin de freiner la luge, on imagine le dispositif suivant : on fixe un cadre métallique sous la luge et installe, en bout de piste (horizontale), un dispositif qui crée un champ magnétique stationnaire et perpendiculaire à la piste. Pour simplifier l'étude, on supposera le champ magnétique uniforme dans une zone de largeur d et d'intensité $B = 1,0 \text{ T}$.



Le cadre métallique est supposé rigide, conducteur, rectangulaire et de résistance totale $R = 10^{-3} \Omega$ et de côtés $l \times L$ ($l = 50,0 \text{ cm}$ et $L = 100 \text{ cm}$).

La piste est horizontale et le long de l'axe Ox , dont l'origine O est fixée sur la ligne d'arrivée, avant la zone de freinage. L'origine des temps est également fixée au passage de la ligne d'arrivée. L'axe Oz désigne la verticale ascendante.



- 1) Décrire (sans calcul) les différentes phases du mouvement de la luge depuis la ligne d'arrivée jusqu'à ce qu'elle ait franchi complètement la zone soumise au champ magnétique, supposée ici d'une longueur supérieure à L .

Dans la suite, on s'intéresse au mouvement du cadre lorsqu'il n'a pas entièrement pénétré dans la zone soumise à l'influence du champ magnétique.

- 2) En utilisant la loi de Lenz-Faraday, exprimer la force électromotrice e qui apparaît dans le cadre en fonction de la vitesse v du cadre, de sa largeur l et du champ magnétique B .
- 3) Exprimer l'intensité i induite dans le cadre en fonction de B , l , v et R .
- 4) En déduire la force de Laplace s'exerçant sur le cadre. Commenter le sens de cette force.
- 5) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse v de la luge.
- 6) Exprimer la position $x(t)$ de la luge.
- 7) Calculer la durée T que met le cadre de longueur L pour pénétrer entièrement dans la zone magnétique et la vitesse de la luge correspondante
- 8) La zone soumise au champ magnétique n'occupe pas toute la piste de décélération. On installe une alternance de zones magnétiques et non magnétiques de longueur d . Expliquer. En déduire la longueur idéale de la zone soumise au champ magnétique.

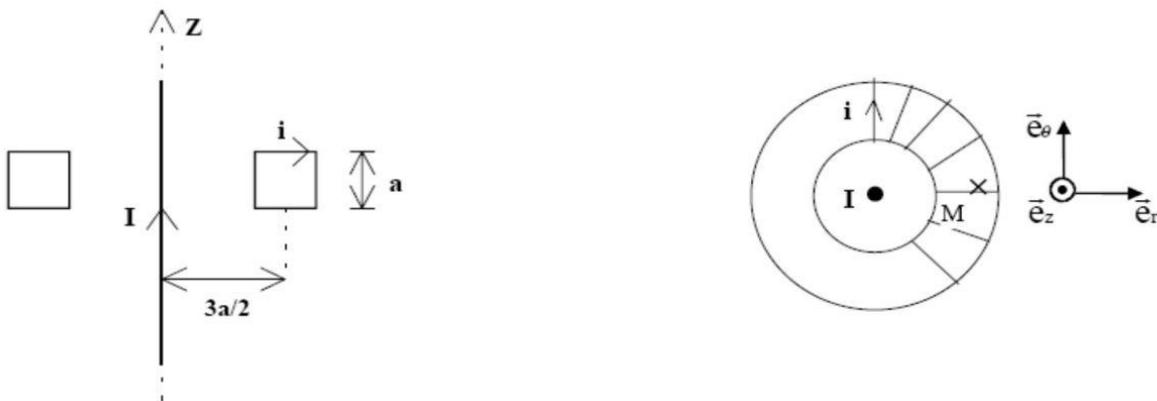
Exercice n° 4 : Pince ampèremétrique

Pour mesurer l'intensité efficace d'un courant alternatif dans une installation électrique, les électriciens utilisent couramment une pince ampèremétrique (voir photographie ci-dessous).

On cherche à mesurer l'intensité du courant alternatif qui circule dans un fil rectiligne très long, supposé infini, confondu avec l'axe (Oz). L'intensité, qui circule dans le sens des z croissant, est de la forme $I(t) = I_m \cos(\omega t)$.



On dispose un circuit constitué d'un enroulement torique de N spires carré de côté a autour du fil (voir figure ci-dessous, ce circuit correspond au circuit interne de la pince). Ce bobinage est fermé sur un ampèremètre, le circuit ainsi réalisé a une résistance totale R et est parcouru par induction par un courant $i(t) = i_m \cos(\omega t + \varphi)$ qui crée un champ magnétique $\vec{B}_{Tore}(M) = \frac{\mu_0 N i}{2\pi r} \vec{e}_\theta$ à l'intérieur du tore.



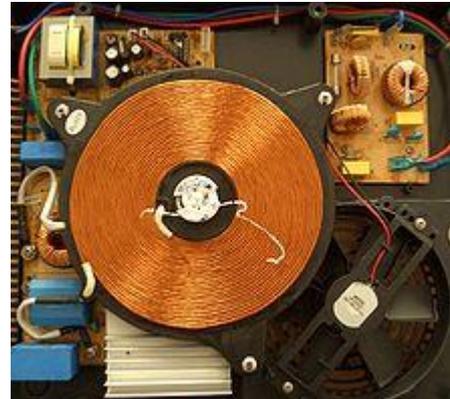
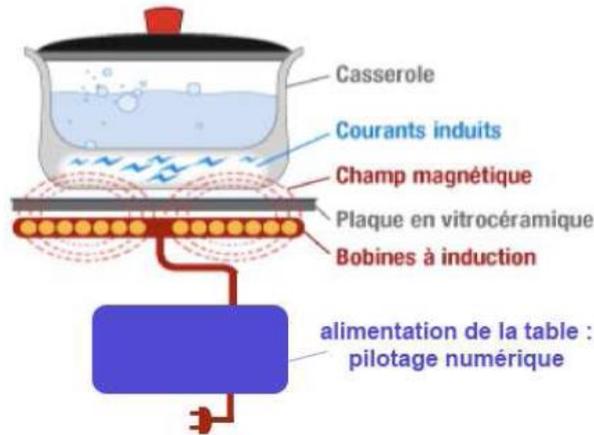
- 1) Exprimer le champ magnétique total en un point M situé à l'intérieur du tore.
- 2) Ce champ est-il uniforme sur le contour délimité par chaque spire ?

Dans la suite, on supposera ce champ uniforme, d'intensité égale à l'intensité au centre de chaque spire.

- 3) Exprimer la force électromotrice e développée aux bornes du circuit constitué par les N spires en fonction des données de l'énoncé.
- 4) On pourra négliger R devant $\mu_0 \omega a N^2 / (3\pi)$. En déduire l'expression du rapport i_m / I_m . Commenter. Ce dispositif peut-il être utilisé pour mesurer un courant continu ?

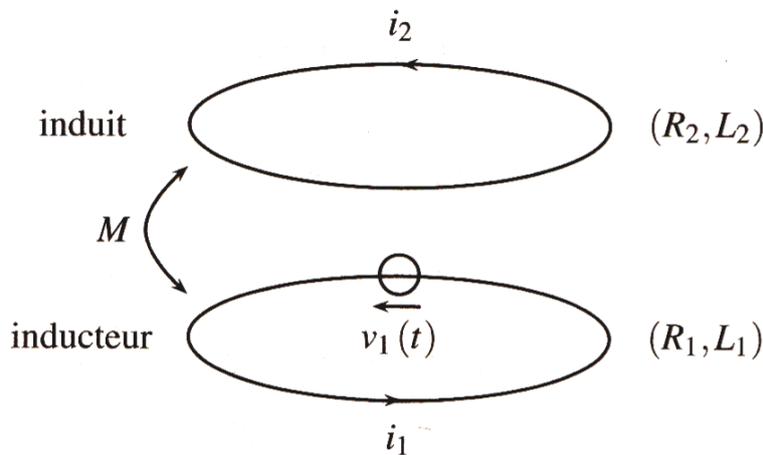
Exercice n° 5 : Plaque à induction

Le chauffage du fond métallique des récipients de cuisson peut être directement réalisé au moyen de courants de FOUCAULT induits par un champ magnétique variable. Logé dans une table en céramique, un bobinage appelé *inducteur*, alimenté en courant sinusoïdal génère ce champ. Le transfert d'énergie électrique s'effectue par induction mutuelle entre ce bobinage et le fond de casserole circulaire assimilé, pour simplifier, à une spire unique fermée sur elle-même.



L'inducteur comporte 20 spires de cuivre de résistance électrique $R_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \Omega$ et d'auto-inductance $L_1 = 30 \mu\text{H}$.

Le fond de casserole, de résistance $R_2 = 8,3 \text{ m}\Omega$ et d'auto-inductance $L_2 = 0,24 \mu\text{H}$ est appelée *induit* ; elle est assimilable à une spire unique refermée sur elle-même. L'inducteur est alimenté par une tension $v_1(t)$ de valeur efficace 130 V. L'ensemble induit - inducteur se comporte comme deux circuits couplés par une inductance mutuelle M estimée à $2 \mu\text{H}$.



- 1) Écrire les équations électriques relatives aux deux circuits.
- 2) En déduire l'expression littérale du rapport des grandeurs complexes $\underline{i}_2/\underline{i}_1$.
- 3) En déduire l'expression littérale de l'impédance d'entrée complexe du système : $\underline{Z}_e = \underline{v}_1/\underline{i}_1$
- 4) On choisit une fréquence de 25 kHz. Simplifier les relations précédentes.
- 5) Déterminer la puissance moyenne dissipée par effet Joule.
- 6) On soulève la casserole à chauffer ; on demande un raisonnement purement qualitatif. Pour une tension d'alimentation donnée, l'amplitude du courant i_1 appelé par l'inducteur augmente-t-il ou décroît-il ?