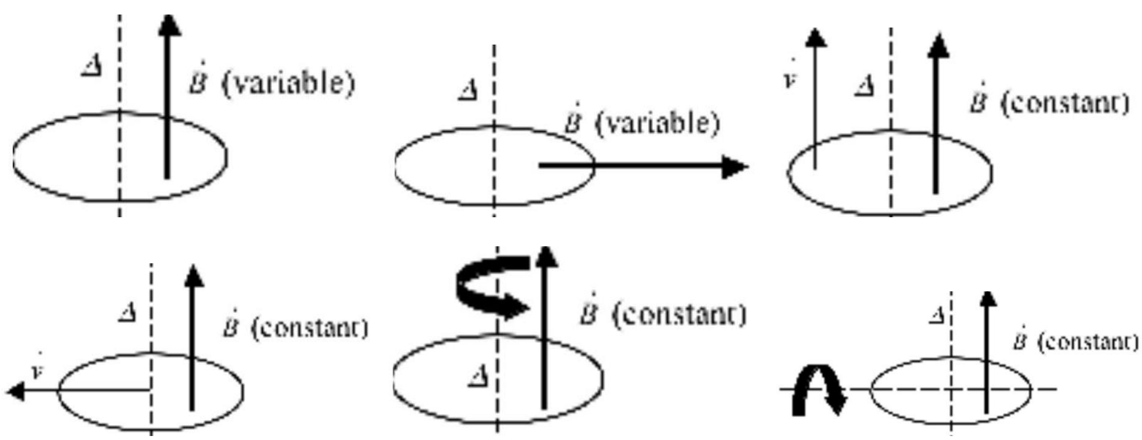
TD physique 13

Révisions induction

Exercice 1

Dans chacun des six cas suivants, calculer la valeur efficace du courant induit dans la spire d'axe (Δ) de surface 10 cm ^{2} et de résistance $0,5\Omega$.

- Cas 1 : la spire est immobile dans un champ magnétique uniforme parallèle à son axe, d'amplitude $0,1$ T et de fréquence 50 Hz.
- Cas 2 : la spire est immobile dans un champ magnétique uniforme orthogonal à son axe, d'amplitude $0,1$ T et de fréquence 50 Hz.
- Cas 3 : la spire se déplace sans changer d'orientation avec une vitesse de 2 $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ parallèle à son axe dans un champ magnétique constant et uniforme de $0,1$ T.
- Cas 4 : la spire se déplace sans changer d'orientation avec une vitesse 2 $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ orthogonale à son axe dans un champ magnétique constant et uniforme de $0,1$ T.
- Cas 5 : la spire tourne avec une vitesse angulaire de $5\mathrm{rad} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ autour de son axe dans un champ magnétique constant et uniforme parallèle à son axe de $0,1$ T.
- Cas 6 : la spire tourne avec une vitesse angulaire de $5\mathrm{rad} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ autour d'un de ses diamètres dans un champ magnétique constant et uniforme parallèle à son axe de $0,1$ T.

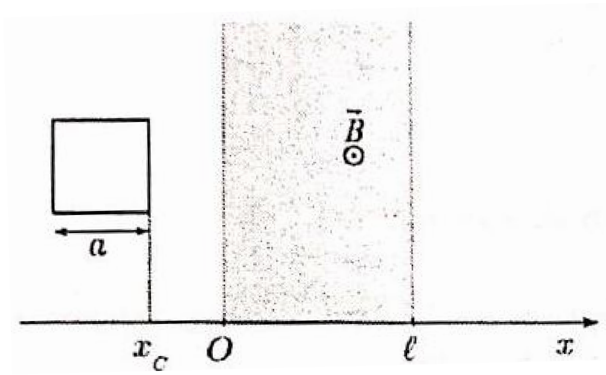


Exercice 2

1. On considère un solénoïde de 2000 spires de rayon 5 cm de longueur 80 cm. Calculer son inductance (on se place dans l'approximation du solénoïde infini).
2. Un champ uniforme traverse une bobine de 500 spires de rayon 10 cm (le champ est orthogonal aux spires). Ce champ varie au cours du temps selon $B = B_0 + at$ avec $B_0 = 0,6T$ et $a = 0,03T \cdot s^{-1}$. Calculer la fém induite.
3. Un barreau cylindrique se déplace sur des rails de Laplace distants de 10 cm avec une vitesse de $0,5$ m/s. L'ensemble est soumis à un champ magnétique uniforme d'intensité 30mT. Calculer la fém induite.

Exercice 3

On considère une spire carrée de côté a, en translation rectiligne selon l'axe Ox (la spire est guidée dans un plan horizontal. sans frottement sur la fiqure). Le champ magnétique $\vec{B}$ est uniforme et constant dans la zone de l'espace compris entre $x = 0$ et $x = \ell$ et nul ailleurs.



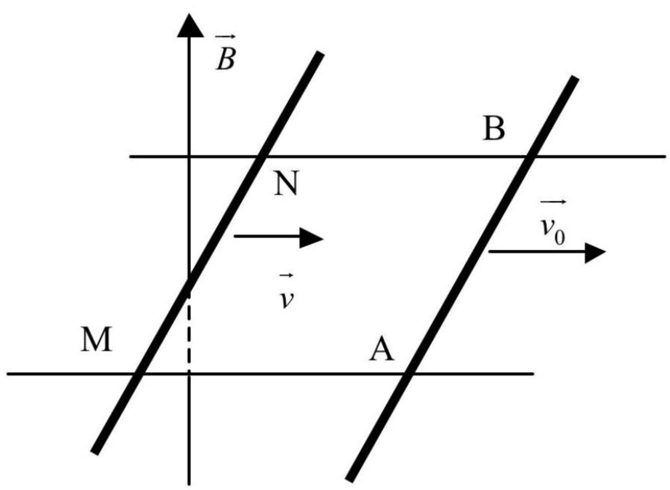
On lance le cadre avec une vitesse $v_0\vec{u}_x$ depuis la partie de champ magnétique nul correspondant à $x < 0$. Le cadre pénètre dans la zone de champ magnétique non nul à $t = 0$ et on étudie ensuite la dynamique du cadre. Le circuit défini par le cadre a une masse m et présente une résistance R. Son inductance propre est supposée négligeable.

1. En faisant une analyse des phénomènes physiques intervenant au cours du déplacement du circuit, décrire qualitativement des différentes phases de son mouvement.
2. Etablir l'expression de la vitesse du cadre en distinguant les différentes phases du mouvement.

Exercice 4

Deux barreaux mobiles cylindriques de masse m peuvent rouler sur des rails « infinis » conducteurs parallèles, écartés d'une distance a. Le barreau (AB) se déplace à vitesse constante vo, sous l'effet d'une force $\mathbf{f_{op}}$. Le barreau (MN) est initialement immobile. Les deux barreaux sont plongés dans un champ magnétique constant et uniforme, orthogonal au plan des rails.

On note R la résistance des barreaux (résistance entre les points de contact avec les rails) et on néglige la résistance des rails.



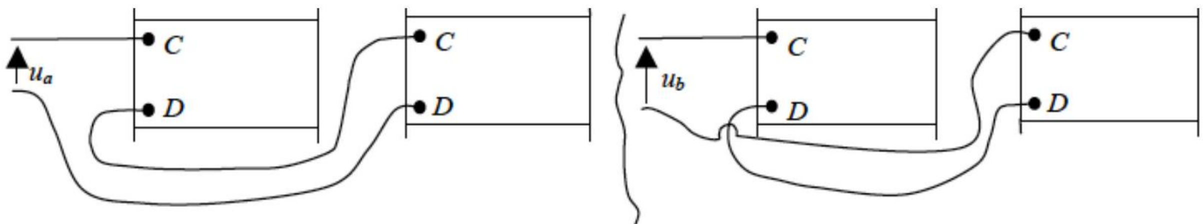
1. Justifier qualitativement la mise en mouvement du barreau (MN), préciser le sens.
2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la vitesse de (MN).
3. Résoudre cette équation. Identifier en particulier la vitesse limite et la constante de temps associée à ce régime transitoire.
4. Faire un bilan énergétique. Commenter en distinguant le régime transitoire et le régime permanent.

Exercice 5

On dispose de deux bobines identiques (S_1) et (S_2) chacune d'inductance propre L et de résistance Ohmique $r = 8\Omega$. On repère les bornes de chaque bobine par les lettres C et D. Les deux bobines sont placées à proximité l'une de l'autre. On les connecte en série sans les déplacer de manière à créer un nouveau dipôle. La connexion se fait selon les deux possibilités suivantes :

On alimente successivement chacun des dipôles (a) et (b) par un courant sinusoïdal de fréquence $f = 2$KHz. La mesure du module de l'impédance donne $Z_a = 375\Omega$ et $Z_b = 225\Omega$.

En déduire les valeurs de l'inductance propre L de chaque bobine et de l'inductance mutuelle M des deux bobines (on précisera les orientations choisies).



Dipôle (a) : la borne D de (S_1) est reliée à la borne C de (S_2)

Dipôle (b) : la borne D de (S_1) est reliée à la borne D de (S_2)

Exercice 6

Lorsque l'on considère une spire unique, on peut généralement négliger la fém induite devant celle qui est due à un champ « extérieur », c'est-à-dire créé par une autre bobine, variable.

On considère ici une spire de rayon $R = 5$ cm et de résistance interne $r = 1\Omega$. Le champ « extérieur » variable est uniforme, orthogonal au plan des spires, sinusoïdal de fréquence $f = 50$ Hz et d'amplitude $B_0 = 50$mT.

1. Calculer l'amplitude de la fém induite dans la bobine du fait du champ extérieur.
2. En déduire (en négligeant l'auto-induction) l'amplitude du courant induit.
3. Expliquer pourquoi en négligeant ainsi l'auto-induction on sous estime le courant induit.
4. L'expression de l'inductance d'une spire est délicate à établir car on ne peut utiliser une modélisation filiforme des conducteurs (car dans une telle modélisation le champ diverge au voisinage des conducteurs) et il faut donc prendre en compte le rayon du fil, que l'on note a.

On donne l'expression : $L = \mu_0 R \left(\ln\left(\frac{8R}{a}\right) - 2\right)$. Calculer L pour cette spire, avec $a = 0,1$ mm.

5. Calculer l'amplitude E'_{ind} de la fém associé à l'auto-induction et conclure.

Exercice 7

Une bobine plate comportant N spires rectangulaires de surface S tourne à une vitesse angulaire constante ω dans un champ magnétique constant et uniforme d'intensité B. Ses bornes sont reliées à une résistance R, et la résistance interne de la bobine est r. Pour les calculs, on assimilera la bobine plate à N spires confondues. On néglige le phénomène d'auto-induction.

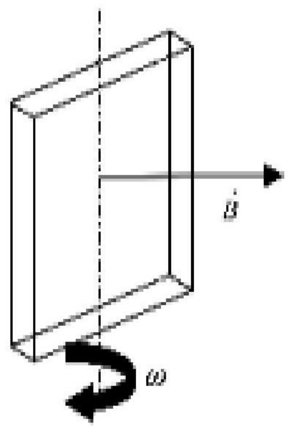
1. Faire un schéma en indiquant notamment les directions du champ magnétique et du vecteur rotation de la bobine, de manière à ce que le courant induit soit le plus élevé possible.
2. Donner (relativement au sens de la rotation) la direction et le sens du couple nécessaire pour maintenir la vitesse angulaire constante de la spire (on le notera $\vec{M}_{\text{op}}$).
3. Donner le schéma électrique équivalent de l'ensemble et expliciter l'expression de la fém induite.
4. Établir l'expression du courant induit et en déduire la puissance dissipée par effet joule.
5. À partir d'un bilan d'énergie, en déduire l'expression du couple $\vec{M}_{\text{op}}$.
6. Retrouver cette expression en calculant le moment des forces de Laplace.

Exercice 8

On considère une bobine plate comportant $N = 500$ spires rectangulaires de surface $S = 25$ cm^2, d'inductance $L = 54$mH et de résistance interne $r = 15\Omega$. Elle est refermée sur une résistance $R = 100\Omega$ et tourne avec une vitesse angulaire constante $\omega = 100$ rad $^{-1}$ s^{-1} dans un champ magnétique constant et uniforme d'intensité $B = 300$mT.

On s'intéresse à l'évolution du courant dans la bobine à partir d'un instant initial où il est nul (par exemple, la bobine est connectée à un interrupteur, et à $t = 0$ on ferme l'interrupteur).

1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par le courant qui circule dans la bobine.



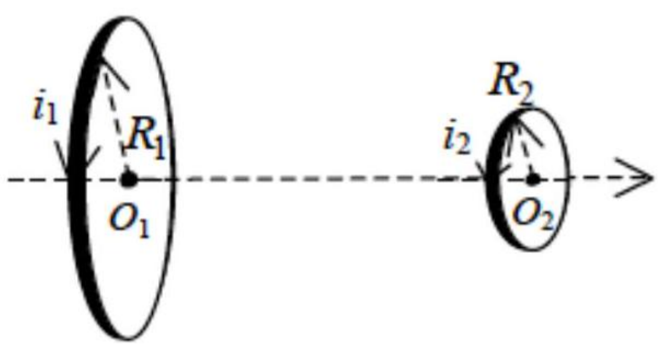
2. Donner l'expression la plus générale de la solution (sans chercher à calculer les constantes), et interpréter les différents termes. Après combien de temps le régime permanent est-il atteint ?

3. Calculer la valeur efficace du courant une fois le régime permanent atteint.

Exercice 9

On considère deux spires circulaires coaxiales (C_1) et (C_2) de centres O_1 et O_2 et de rayons R_1 et R_2. On suppose que la distance O_1O_2 est grande devant R_1 et R_2. On se propose de calculer

l'inductance mutuelle de ces deux spires en adoptant les deux points de vue (on calcule M_{12} ou M_{21}).



On rappelle l'expression du champ créé par une spire de rayon R sur son axe, à une distance z de son centre : $B = \frac{\mu_0 I R^2}{2}\left(R^2 + z^2\right)^{-\frac{3}{2}}$.

1. On admettra que le champ magnétique créé par (C_1) au niveau de (C_2) est pratiquement $\overrightarrow{B_1}(O_2)$. En déduire le flux Φ_{12} puis le coefficient d'inductance mutuelle M_{12}.

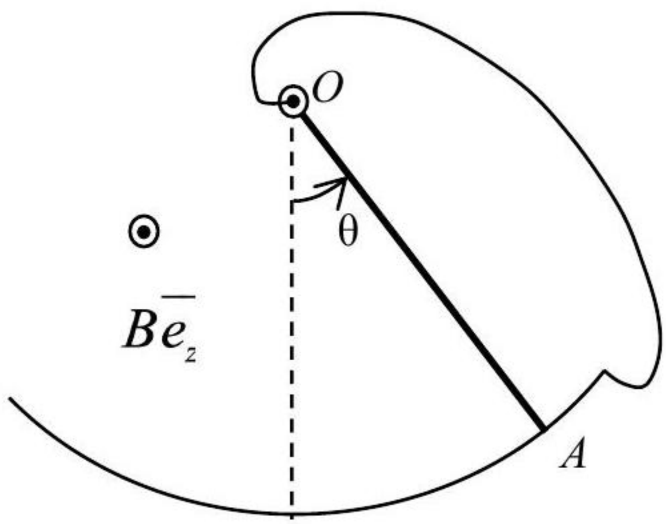
2. De la même manière, calculer Φ_{21} et en déduire M_{21}.

3. Vérifier qu'on retrouve bien $M_{12} \simeq M_{21}$ dans la mesure où $O_1O_2 \gg R_1$ et R_2.

Exercice 10

Une tige métallique OA de masse m, de résistance R et de longueur a oscille sans frottement (liaison pivot parfaite) autour d'un axe fixe (Oz), perpendiculaire au plan de la feuille. Le moment d'inertie de la tige autour de (Oz) est $J = \frac{1}{3}ma^2$. La tige est en contact en A avec un rail métallique formant ainsi un circuit électrique dont le seul élément résistant est la tige OA. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme $B\overrightarrow{e_z}$ normal au plan du système.

1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'angle $\theta(t)$ avec la



2. On se limite à de petites oscillations autour de la position d'équilibre. Linéariser l'équation différentielle précédente. Déterminer la valeur minimale $B_{\min}$ de B pour que la tige atteigne sa position d'équilibre sans oscillation.

3. Écrire sans calcul l'expression du taux de variation de l'énergie mécanique du pendule $\frac{\mathrm{d}E_m}{\mathrm{d}t}$ en fonction de l'intensité $i(t)$ qui circule dans la tige. Retrouver la relation précédente à partir des deux équations électromécaniques couplées utilisées à la question 1 .