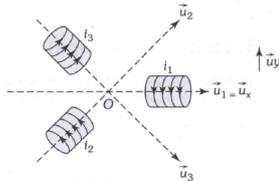


TD : Conversion électromécanique

1 Applications directes du cours

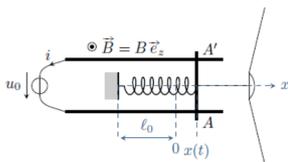
App1 : Création d'un champ magnétique tournant

Trois bobines identiques sont placées à égale distance du point O . Leurs axes \vec{u}_1 , \vec{u}_2 , \vec{u}_3 , font les uns avec les autres des angles de $\pm \frac{2\pi}{3}$.



1. Comment est dirigé le champ magnétique créé par une bobine en un point de son axe ?
2. Les trois bobines sont parcourues par le même courant $i_1(t) = i_0 \cos \omega t$ (i_0 et ω sont des constantes). Que vaut le champ magnétique en O ?
3. La première bobine est alimentée par le courant $i_1(t)$ précédent, la deuxième par $i_2(t) = i_0 \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3})$ et la troisième par $i_3(t) = i_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3})$. Montrer que le champ magnétique en O tourne à la pulsation ω .

App2 : Haut-parleur de Laplace

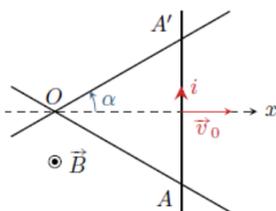


On s'intéresse dans cet exercice à un modèle très simplifié de haut-parleur, dans une configuration proche des rails de Laplace où la membrane du haut-parleur est fixée solidairement à la tige mobile, qui est également reliée élastiquement à un bâti.

La tige mobile a pour longueur $AA' = a$, et sa position est repérée par son abscisse x , dont l'origine correspond à la position de repos. Les frottements de l'air sur la membrane se traduisent par une force de frottement linéaire $\vec{f} = -\alpha \vec{v}$. Le système est forcé électriquement par la tension de commande u_0 . On note R la résistance électrique de l'ensemble, et on néglige l'auto-induction.

1. Exprimer en fonction de \dot{x} la f.é.m. induite.
2. Écrire les équations électrique et mécanique.
3. Découpler ces équations pour aboutir à une unique équation différentielle portant sur la position \dot{x} de la tige mobile.
Quel type d'équation obtient-on ? L'analyser physiquement : comment se traduisent les phénomènes d'induction ? Commenter leur signe.
4. Procéder à un bilan de puissance du système et interpréter physiquement chaque terme.

App3 : Rails de Laplace croisés

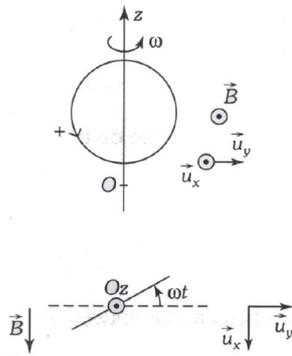


On considère deux rails de Laplace horizontaux qui se croisent en un point fixe O placés dans un champ uniforme. Une tige mobile est entraînée à vitesse imposée sur ces rails en conservant une direction fixe, perpendiculaire à l'axe x . On note A et A' les points d'intersection de la tige avec les rails (le triangle OAA' forme un circuit conducteur parcouru par un courant d'intensité i).

1. Établir l'expression de la f.é.m. induite dans le circuit.
2. La résistance électrique du circuit OAA' est proportionnelle à sa longueur totale l , $R = \rho l$. Prévoir le signe de l'intensité du courant dans le circuit puis la déterminer explicitement.
3. Établir l'expression de la force \vec{F} qu'un opérateur doit exercer sur la tige mobile pour lui permettre de garder une vitesse constante.
4. Comparer la puissance électrique dissipée par effet Joule à la puissance mécanique fournie par l'opérateur.

2 Exercices

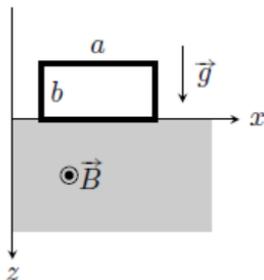
EX1 : Principe d'un Alternateur



Une spire circulaire de rayon a et de résistance interne R tourne autour de l'axe Oz à vitesse angulaire ω constante, entraînée par un couple moteur \vec{m} . À l'instant $t = 0$, la spire est dans le plan yOz . Elle est de plus placée dans un champ magnétique uniforme et permanent, horizontal $\vec{B} = B\vec{u}_x$.

1. Expliquer les phénomènes ayant lieu.
2. Calculer la f.e.m. e induite dans la spire. En déduire l'intensité i la parcourant.
3. Quel est le couple \vec{T}_{Lapl} exercé par le champ sur la spire ? Celle-ci pourra être assimilée à un dipôle magnétique.
4. Appliquer le théorème du moment cinétique scalaire à la spire. Que devient-il dans le cas d'un régime stationnaire ?
5. Comparer la puissance dissipée par effet Joule et la puissance fournie par le moteur qui entraîne la spire. Quel est le rendement de la transformation énergie mécanique en énergie électrique ?

EX2 : Freinage par induction



La plupart des manèges des parcs d'attraction utilisent des dispositifs de freinage inductif en plus du freinage par friction. On modélise dans cet exercice une attraction proposant aux passagers d'une cabine d'ascenseur de tomber en chute quasi-libre pendant quelques secondes avant d'être brutalement freinés. La première étape du freinage est magnétique.

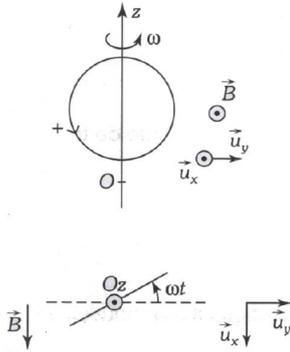
Dans le châssis de la cabine d'ascenseur est placée une spire conductrice modélisée par un rectangle de côtés a et b , de masse m et de résistance R . Sa position est repérée par la cote z du bas de la spire. Dans le demi-espace $z > 0$ règne un champ magnétique uniforme et permanent.

À l'instant $t = 0$, la cabine se trouve dans la situation représentée sur la figure ci-contre où $z = 0$, sa vitesse valant alors $\vec{v} = v_0\vec{u}_z$. Pour simplifier, les frottements de l'air seront négligés dans tout l'exercice.

1. Montrer que le mouvement ultérieur de la cabine reste une translation verticale selon l'axe (Oz) , en particulier qu'elle ne se met pas à tourner sur elle-même.
2. Établir les équations mécanique et électrique.
3. En déduire une équation différentielle portant sur la vitesse v de la cabine. Résoudre cette équation. Que se passe-t-il lorsque $z = b$?
4. Justifier qu'un freinage magnétique ne peut pas suffire à arrêter la cabine d'ascenseur.

EX3 : Moteur synchrone

Un aimant de moment dipolaire \vec{m} peut tourner sans frottement dans le plan xOy autour de l'axe Oz . Cette aimant est soumis à un champ magnétique tournant $\vec{B} = B\vec{u}(t)$, où le vecteur $\vec{u}(t)$ fait un angle $\theta(t) = \Omega t + \theta_0$ avec l'axe Ox , et où $\Omega \geq 0$ et θ_0 sont des constantes. L'aimant est supposé tourner à la vitesse angulaire constante ω positive.



1. Quel est l'angle $\alpha(t)$ entre \vec{m} et l'axe Ox , en supposant sa valeur initiale nulle ?
2. Quel est le couple C_{Lapl} exercé par le champ magnétique sur le dipôle ?
3. À quelle condition sa valeur moyenne est-elle non nulle ? On se placera désormais dans ce cas. Quelles sont les valeurs possibles de θ_0 pour que ce couple soit moteur ?
4. L'aimant entraîne une charge en rotation. Le couple exercé par la charge sur l'aimant est supposé constant et noté $-C_u$, avec $C_u \geq 0$. À quelle condition sur C_u le moteur peut-il entraîner cette charge ?
5. Dans ce dernier cas, quelles sont les valeurs de θ_0 possibles ? Discuter de la stabilité de fonctionnement du moteur dans chacun de ces cas.