

## EM10-TD

## Induction électromagnétique

## EM10 – 01 Rails de Laplace

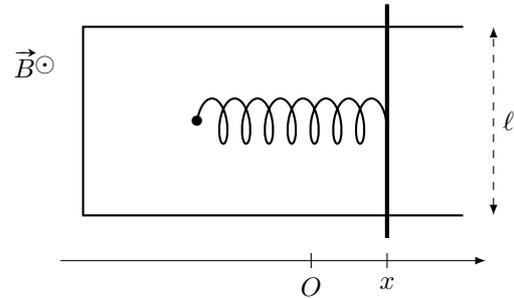
On considère un système de rails de Laplace avec un ressort fixé en un point et relié à la barre. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B} = B_0 \vec{u}_z$ . L'origine du repère est située à la position d'équilibre de la barre. Celle-ci est de masse  $m$  et glisse sans frottement sur les rails. À  $t = 0$ , on la place à la position  $x = x_0$  sans vitesse initiale.

- 1) Décrire qualitativement le mouvement.
- 2) Exprimer  $\dot{x}$  en fonction du courant  $i$ . On introduira la résistance du circuit  $R$ .
- 3) Établir l'équation du mouvement sous la forme

$$\ddot{x} + \frac{\dot{x}}{\tau} + \omega_0^2 x = 0$$

en précisant les valeurs des constantes.

- 4) Quelle est la condition sur  $\tau$  et  $\omega_0$  pour qu'il y ait un régime pseudo-périodique ? Résoudre l'équation dans ce cas.
- 5) Effectuer un bilan d'énergie sur le système.



## EM10 – 02 Chute d'un cadre

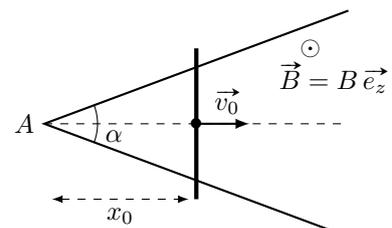
On souhaite étudier la chute verticale d'un cadre carré de côté  $a$ , de masse  $m$  et de résistance  $R$  dans le plan  $(0xz)$ . L'axe  $z$  est ascendant et il règne un champ magnétique  $\vec{B} = B \vec{u}_y$  pour  $z \leq 0$  et  $\vec{B} = \vec{0}$  pour  $z > 0$ .

- 1) Sans faire de calculs, expliciter les différentes phases du mouvement.
- 2) Déterminer  $v_C(t)$  la vitesse du centre du cadre et  $z_C(t)$  son ordonnée pendant la phase intermédiaire.
- 3) Faire un bilan d'énergie.

## EM10 – 03 Rails de Laplace triangulaires (Résolution de problème)

Un long fil conducteur est tordu de telle sorte à former un angle  $\alpha$  entre ses deux branches. Il est ensuite plongé dans un champ magnétique homogène et statique, orthogonal au plan qu'il forme. Une tige de masse  $m$ , de longueur suffisamment grande, est placée à cheval sur le fil tordu, à une distance  $x_0$  du point de torsion  $A$ , et perpendiculairement à la bissectrice de l'angle  $\alpha$ . On note  $R$  la résistance du circuit. On néglige tous les frottements.

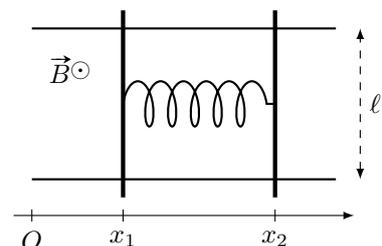
- 1) La tige est lancée avec une vitesse  $v_0$  le long de la bissectrice de l'angle  $\alpha$ . Où s'arrête-t-elle ?



## EM10 – 04 Doubles rails de Laplace (Résolution de problème)

Le dispositif ci-contre est constitué de deux barres conductrices de masse  $m$ , reliée par un ressort de longueur à vide  $\ell_0$  et de raideur  $k$ . Le circuit a une résistance électrique  $R$ , et est plongé dans un champ magnétique uniforme et stationnaire  $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$ .

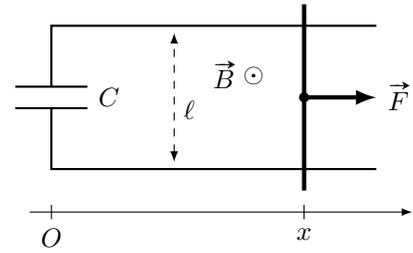
- 1) Les deux tiges sont écartées de telle sorte à avoir  $x_2 - x_1 > \ell_0$ , puis lâchées sans vitesse initiale. Trouver les équations du mouvement et discuter ce dernier.



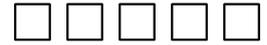
### EM10 – 05 Charge d'un condensateur par induction (Résolution de problème)

On étudie le dispositif des rails de Laplace ci-contre. Le circuit a une résistance électrique  $R$ , et est plongé dans un champ magnétique uniforme et stationnaire  $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$ . La tige est tirée par un opérateur avec une force  $\vec{F} = F \vec{e}_x$  constante pendant une durée  $t_f$ . Le condensateur de capacité  $C$  est initialement déchargé.

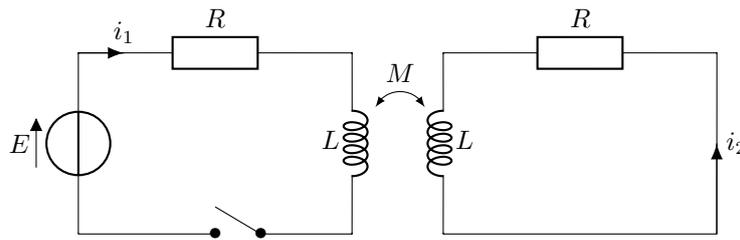
1) Obtenir l'expression littérale de la charge finale du condensateur à  $t = t_f$ .



### EM10 – 06 Inductance mutuelle

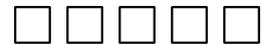


On étudie les deux circuits couplés suivants, avec  $E$  constant et  $M > 0$  avec les conventions du schéma.



- 1) Écrire les deux équations différentielles couplées vérifiées par  $i_1(t)$  et  $i_2(t)$  lorsque l'interrupteur est fermé.
- 2) En déduire deux équations différentielles découplées par un changement de variables simple.
- 3) L'interrupteur est fermé à  $t = 0$ . Déterminer explicitement  $i_1(t)$  et  $i_2(t)$ . On supposera  $M < L$ .
- 4) Effectuer un bilan d'énergie sur le système.

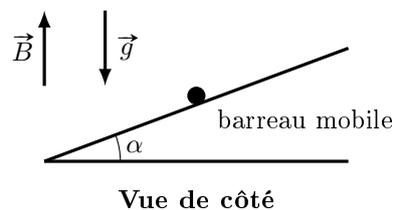
### EM10 – 07 Rails de Laplace (Questions de cours)



- 1) Faire le schéma des rails de Laplace. Écrire les équations électrique et mécanique en étant particulièrement attentif aux conventions de signe.
- 2) Effectuer un bilan énergétique. En considérant le système comme un moteur, quel est le rendement maximal ? En quoi cela diffère d'un moteur thermique ?

### EM10 – 08 Encore des rails de Laplace (Résolution de problème)

On considère des rails de Laplace faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale. Le champ magnétique est constant et uniforme, vertical, dirigé vers le haut. On donne  $\alpha = 40^\circ$ ,  $B = 100$  mT, la masse de la tige  $m = 9,0$  g et sa longueur  $\ell = 10$  cm.



- 1) Déterminer l'intensité du courant qui permet l'équilibre de la tige.