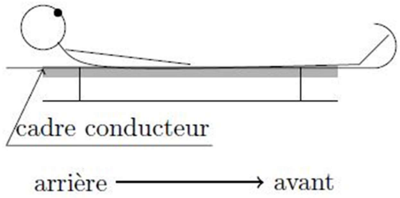
DM de physique-chimie n°7 pour le lundi 25 mai 2020

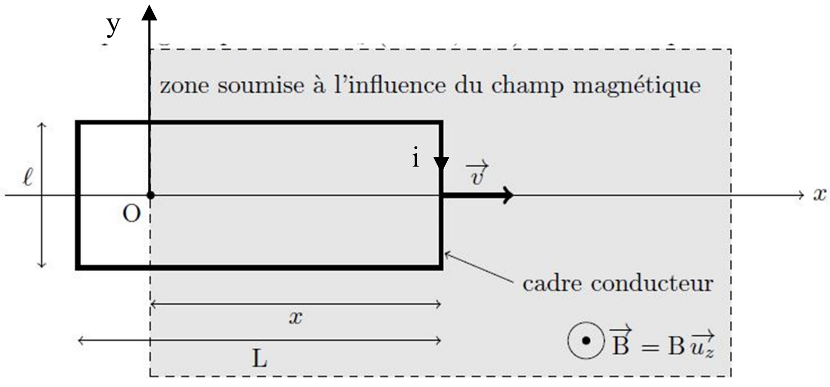
Freinage d'une luge de compétition par induction



Une solution communément adoptée pour réaliser un freinage efficace est le freinage par induction. On fixe sous la luge un cadre métallique rigide, conducteur, rectangulaire, de résistance totale $R_c = 10^{-3}$ Ω et de côtés ℓ×L (ℓ = 50,0 cm et L = 100 cm).

Pour la modélisation, on assimile l'ensemble {luge+lugeur} (désigné par la suite sous le terme simple de luge) à une masse m = 100 kg. La piste est considérée comme un référentiel galiléen. 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. Le schéma suivant est en vue de dessus.

Un dispositif crée un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{u_z}$ (B = 1,00 T) sur toute la piste de décélération.



Cadre conducteur entrant dans la zone magnétique

On s'intéresse au mouvement du cadre lorsqu'il n'a pas entièrement pénétré dans la zone soumise à l'influence du champ magnétique $\vec{B}$. Au-delà de cette situation, la luge n'est pas affectée par une variation de flux magnétique.

1) <u>Question qualitative</u> : en utilisant la <u>loi de Lenz</u> et en considérant la force de Laplace associée au courant induit, justifier que le sens du courant choisi est le sens réel du courant induit.
2) En utilisant l'orientation du courant pour obtenir l'orientation du vecteur surface $\vec{S}$, exprimer le <u>vecteur surface $\vec{S}$</u> du cadre en fonction de ℓ, x et $\vec{u_z}$. Attention on ne considère que la partie de cadre soumise à un champ magnétique.
3) En déduire l'expression du <u>flux magnétique Φ</u> qui traverse le cadre lorsqu'il est partiellement dans la zone magnétique (comme dans la figure ci-dessus).
4) En utilisant la <u>loi de Faraday</u>, 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.
5) On néglige l'inductance propre du cadre. Donner le schéma électrique équivalent à ce cadre mobile. Exprimer l'intensité i induite dans le cadre en fonction de B, ℓ, v et R_c.
6) Donner la résultante des <u>forces de Laplace $\vec{F_L}$</u> qui s'exerce sur le cadre, en fonction de l'intensité i, ℓ, B et d'un vecteur unitaire puis en fonction de R_c, v, ℓ, B et d'un vecteur unitaire.
7) Par application de la 2e loi de Newton en projection sur l'axe Ox, donner l'équation différentielle du 1e ordre qui porte sur la vitesse v de la luge.
8) La solution de cette équation différentielle s'écrit $v(t) = v_a.\exp(-t/\tau)$ où τ est le temps caractéristique du mouvement lorsque la luge pénètre dans la zone soumise au champ magnétique. Exprimer τ en fonction de B, m, ℓ et R_c. Faire l'application numérique.

Cette valeur donner l'ordre de grandeur du temps de freinage magnétique de la luge.

En fonction de la vitesse sur la ligne d'arrivée, le freinage sera efficace lorsqu'on multipliera le nombre de ces zones magnétiques.

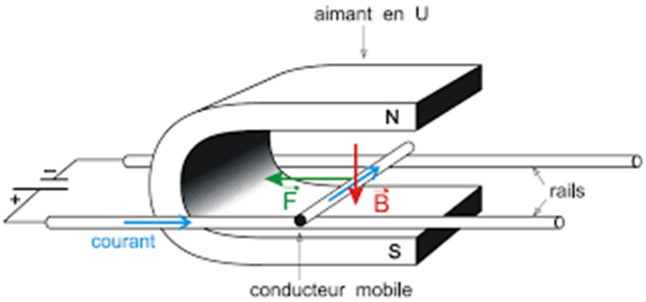
Rappel des formules utiles :

- Vecteur surface $\vec{S}$ d'un circuit plan : norme S = surface totale du circuit
direction orthogonale au plan
sens donné par la règle de la main droite

- Flux Φ du champ magnétique : $\Phi = \vec{B}.\vec{S}$

- Loi de Faraday : fém d'induction (= fém du générateur modélisant l'induction dans le circuit électrique équivalent) : e = $-\frac{d\Phi}{dt}$

- Force de Laplace s'exerçant sur un barreau conducteur : $\overrightarrow{F_L} = i\vec{L} \wedge \vec{B}$



Le vecteur $\vec{L}$ a pour caractéristique : Direction = celle du barreau
Sens = celui du courant dans le barreau
Norme = longueur du barreau