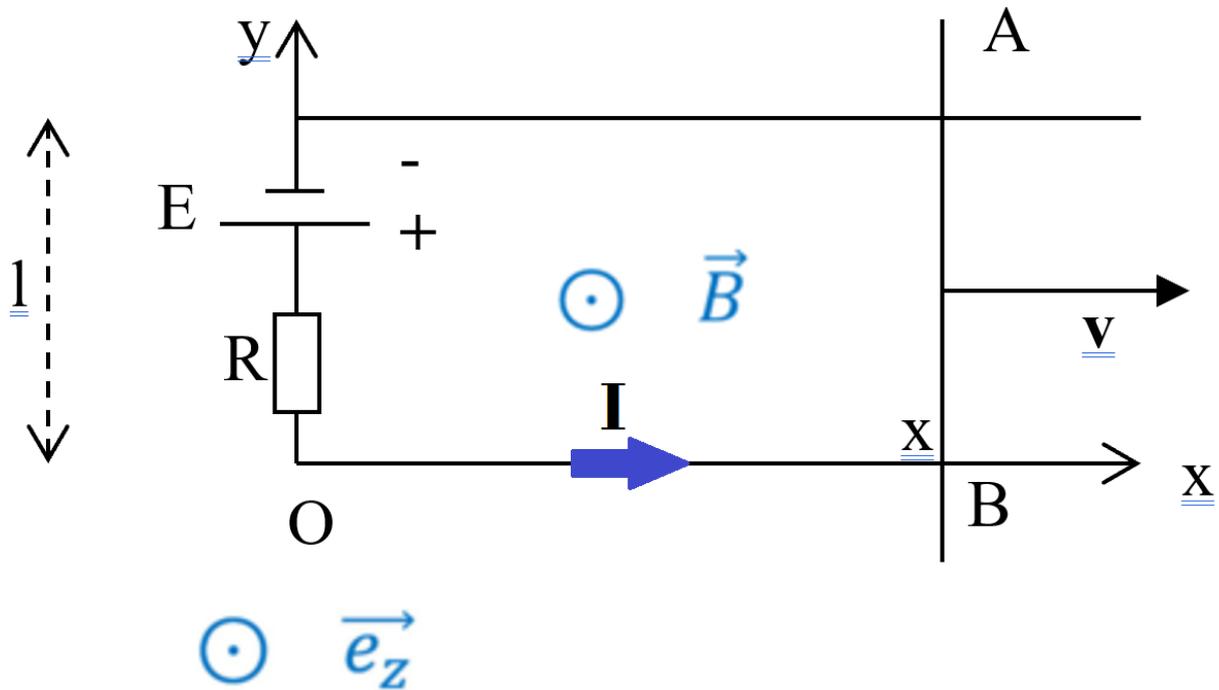


Exercice d'induction magnétique : rails de Laplace, circuit déformable dans un champ magnétique constant, mise en mouvement par un courant induit, vitesse limite



On considère un circuit fermé de résistance globale  $R$ , alimenté par un générateur de courant continu délivrant une tension constante  $E$ , et constitué de rails conducteurs. Sur ces rails, un barreau conducteur  $AB$  est immobile en  $t = 0$  à la position initiale  $x_0$ , et peut glisser sans frottement selon l'axe  $Ox$ . On désigne par  $l$  la largeur du circuit et par  $x = OB$  la position du barreau. Ainsi, la vitesse du barreau selon  $Ox$  sera  $v = dx/dt$ .

Le circuit est plongé dans un champ magnétique  $\vec{B}$  orthogonal au plan du circuit, il est uniforme et constant. Un courant  $I$  est imposé dans le circuit par le générateur et ce courant applique une force de Laplace au barreau.

- 1) Quel est le sens de la force de Laplace appliquée au barreau ? Exprimer la force de Laplace  $\vec{F}$  appliquée au barreau en fonction de  $I$ ,  $l$ ,  $B$ , et placer le vecteur  $\vec{F}$  sur le schéma. Dans quel sens le barreau va-t-il se déplacer ? La force de Laplace est-elle motrice ou résistante ?
- 2) Orienter le circuit dans le sens du courant  $I$ . Son vecteur surface  $\vec{S}$  (de valeur  $S = x l$ ) est-il dirigé vers l'avant de la figure ( $\vec{e}_z$ ) ou vers l'arrière ( $-\vec{e}_z$ ) ?
- 3) Exprimer le flux magnétique  $\Phi$  au travers du circuit en fonction de  $B$ ,  $x$  et  $l$ .
- 4) En déduire la force électromotrice  $e$  en fonction de  $B$ ,  $v$  et  $l$  par la loi de Faraday.
- 5) Ecrire l'équation électrique du circuit sur  $I(t)$ .
- 6) Ecrire le PFD appliqué au barreau de masse  $m$  en projection selon  $Ox$ .
- 7) Déduire des deux questions précédentes l'équation différentielle sur  $v(t)$ , vitesse instantanée selon  $Ox$ , et l'intégrer pour obtenir une expression de  $v(t)$  dépendant de  $t$  et d'une constante de temps  $\tau$  qu'on explicitera en fonction de  $B$ ,  $l$ ,  $R$  et  $m$ . Quelle est la vitesse limite du barreau ?
- 8) En déduire l'expression de  $I(t)$ .  $I(t)$  est la somme du courant  $E/R$  délivré par le générateur (positif) et du courant induit (négatif) ; constater que lorsque  $t \rightarrow \infty$ , le courant induit s'oppose totalement au courant  $E/R$  délivré par le générateur.
- 9 Dessiner l'allure de  $v(t)$  et de  $I(t)$
- 10 Bilan énergétique : en combinant l'équation électrique et l'équation du mouvement, obtenir une équation unique dans laquelle apparaît la puissance Joule, la puissance cinétique (dérivée de l'énergie cinétique par rapport au temps) et la puissance électrique délivrée par le générateur.