

Figure – Force de Laplace sur un dispositif commercial (Equascience ©).

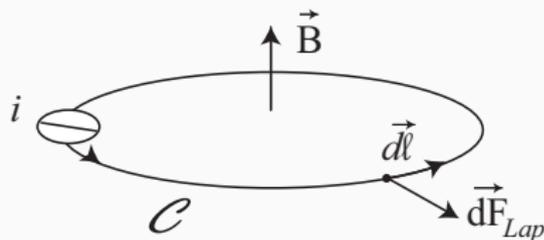


## Définition :

Considérons un circuit filiforme  $\mathcal{C}$  parcouru par un courant  $i$  et plongé dans un champ magnétique  $\vec{B}$ . Sur chaque morceau  $d\vec{\ell}$  du circuit apparaît une force de Laplace définie par

$$d\vec{F}_{Lap} = i d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$$

où l'élément  $d\vec{\ell}$  est orienté dans le sens du courant  $i$ .



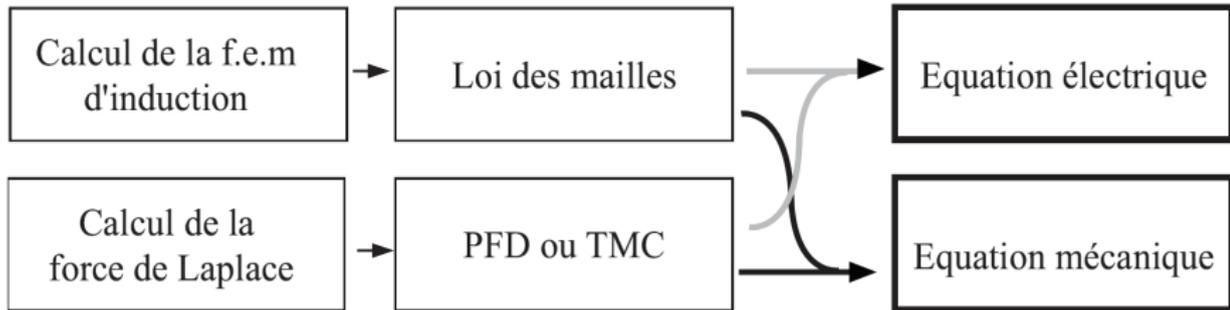
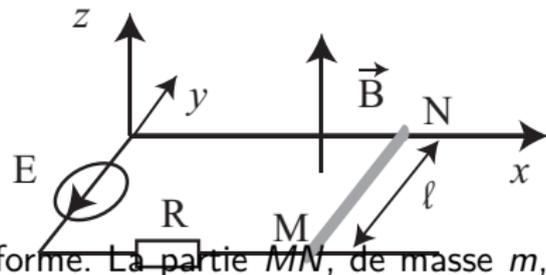


Figure – Schéma de résolution.

## Exemple 1

On branche en série un générateur de tension  $E$  et une résistance  $R$  à l'aide de deux rails écartés de  $\ell$ . Le tout baigne dans un champ magnétique  $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$  vertical et uniforme. La partie  $MN$ , de masse  $m$ , est mobile sur les rails.



- 1 - Déterminer l'équation mécanique reliant l'accélération de la barre au courant  $i$  circulant dans le circuit.
- 2 - Justifier l'apparition d'une f.e.m induite et l'exprimer en fonction de  $B_0$ ,  $L$  et la vitesse  $v(t)$ .
- 3 - En déduire que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse  $v$  de la barre peut se mettre sous la forme suivante et tracer l'allure de  $v(t)$  :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau} v = \frac{v_{lim}}{\tau}$$

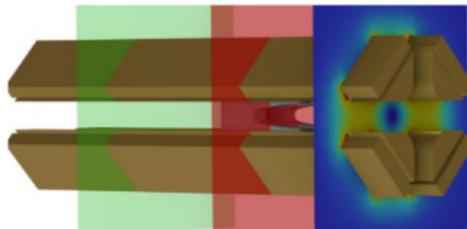
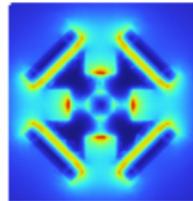
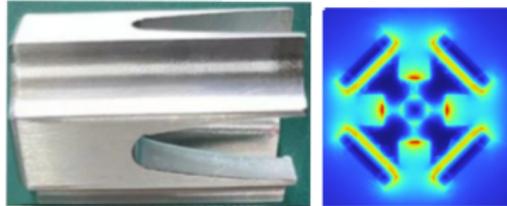


Figure – (Gauche) Canon électromagnétique de l'US Navy (U.S. Navy photo by John F. Williams, 2012). (Droite) Projectile et simulation du champ magnétique dans des rails quadrupolaires. D'après *Design and Experimental Study of a Curved Contact Quadrupole Railgun, Electronics, 2022*.



## Définition :

La puissance de la force de Laplace exercée sur un morceau de conducteur indéformable est définie par :

$$\mathcal{P}(\vec{F}_{Lap}) = \vec{F}_{Lap} \cdot \vec{v}$$

où  $\vec{v}$  est la vitesse du conducteur.

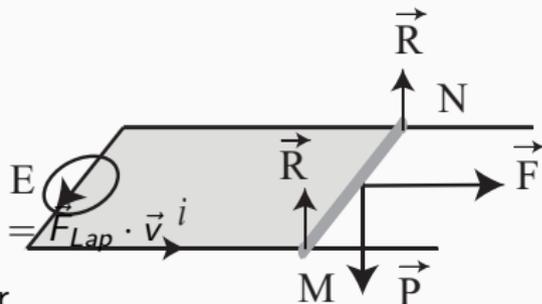




Figure – Ralentisseurs électromagnétiques. Vidéo d'illustration (EPFL)



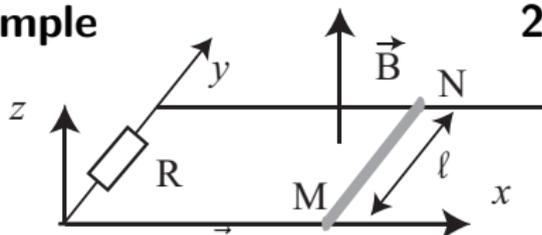
## Exemple

2

On lance avec une vitesse initiale  $\vec{V}_0 = V_0 \vec{e}_x$ , une barre  $MN$  sur deux rails écartés de  $\ell$  et reliés à une résistance  $R$ .

Le tout baigne dans un champ magnétique  $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$  vertical et uniforme.

- 1 - Justifier l'apparition d'une f.e.m induite et donc d'un courant induit tel qu'indiqué sur la figure ci-contre. Exprimer le courant  $i$  circulant dans le circuit.
- 2 - Exprimer la force de Laplace en fonction de  $B_0$ ,  $\ell$  et  $i(t)$ .
- 3 - L'action de cette force est elle motrice ou résistante ?



### Exemple 3

Reprenons l'exemple précédent où la partie mobile possède une vitesse initiale  $\vec{V}_0 = V_0 \vec{e}_x$  et se déplace sans frottement dans un champ magnétique  $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$  vertical et uniforme.

- 1 - Déterminer l'équation reliant la f.e.m induite et le courant  $i(t)$ .
- 2 - Donner une relation entre le courant  $i(t)$  et la vitesse de la barre  $v(t)$ .
- 3 - En faisant apparaître la puissance de la force de Laplace et celle de la f.e.m induite, expliquer ce que devient l'énergie cinétique de la barre.

