

# Sujet bac C 2007: induction magnétique\*

## Sujet partiel bac C 2007

Deux rails conducteurs parallèles distants de  $L = 25 \text{ cm}$  sont placés dans un plan horizontal. Les deux rails sont réunis par un galvanomètre  $G$ . Une tige métallique  $MN$ , de masse négligeable, perpendiculaire aux rails, peut glisser sans frottement dans une direction parallèle aux rails (figure 1).

La résistance de l'ensemble est supposée constante de valeur  $R = 1 \Omega$ .

L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$ , perpendiculaire aux rails et d'intensité  $B = 1 \text{ T}$ . On déplace la tige  $MN$  vers la droite avec une vitesse constante  $V = 10 \text{ m.s}^{-1}$ .

- 1 - Calculer l'intensité du courant induit qui apparaît dans le circuit. Préciser son sens sur la tige  $MN$ . (0,75)
- 2 - Déterminer les caractéristiques de la force de Laplace induite. (0,75)

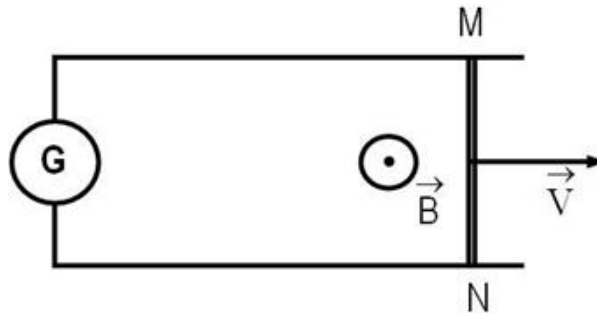


Figure 1

### Correction:

#### 1-intensité du courant induit:

L'interprétation des phénomènes nécessite le choix d'une orientation du circuit. Orientons donc positivement le circuit de  $M$  vers  $N$  dans la barre mobile.

Etablissons l'expression de la **f.e.m d'induction**:

#### 1<sup>ère</sup> méthode: à partir du champ électromoteur:

La barre mobile dans le champ magnétique  $\mathbf{B}$  se comporte comme un générateur. Elle est le siège d'un champ électromoteur :

$$\vec{E}_m = \vec{V} \wedge \vec{B}$$

$\mathbf{Em}$  est tel que le trièdre  $\mathbf{V}, \mathbf{B}, \mathbf{Em}$  soit direct,

Sa direction est celle de la barre et il est orienté de  $M$  vers  $N$  (v fig 1)

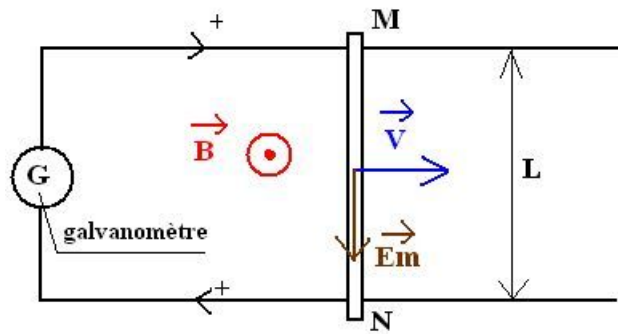


FIG.1

Le circuit étant fermé, un courant induit apparaît dans le circuit qui a le même sens que  $\vec{E}_m$  soit de M vers N. et donc  $i > 0$ .

La f.e.m induite  $e_{MN}$  a pour expression:

$$e_{MN} = \vec{E}_m \cdot \vec{MN} = v \cdot B \cdot L$$

(l'indice MN facultatif rappelle le sens d'orientation)

## 2ème méthode: à partir de la variation de flux:

*(méthode non exigible au baccalauréat mais très utile pour les classes supérieures)*

La f.e.m d'induction est égale à l'opposé de la variation du «flux coupé» de  $\vec{B}$  par unité de temps à travers la surface délimitée par le contour du circuit.

$$e_{MN} = - \frac{d\phi_c}{dt}$$

Une variation positive du flux entraîne une f.e.m négative.

La définition du flux nécessite d'orienter l'espace à partir de l'orientation précédente du circuit.

Définissons pour cela le repère  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  représenté sur la fig 2 . Choisissons  $\vec{i}$  orienté suivant le sens positif de la barre mobile donc de M vers N;  $\vec{j}$  est obtenu en effectuant une rotation de  $90^\circ$  dans le sens positif;  $\vec{k}$  est le vecteur tel que:

$$\vec{k} = \vec{i} \wedge \vec{j} \quad (\text{trièdre } \vec{i}, \vec{j}, \vec{k} \text{ direct})$$

Définition: le flux de  $\vec{B}$  à la date t à travers la surface  $\vec{S}$  est égal à au produit scalaire:

$$\phi(t) = \vec{B} \cdot \vec{S} \quad \text{avec } \vec{S} = S \cdot \vec{k}$$

$\mathbf{S}$  désigne le **vecteur surface** du circuit, il est normal au plan du circuit et orienté comme  $\mathbf{k}$

Envisageons le circuit entre les deux dates  $t$  et  $t+\delta t$ . (voir fig2)

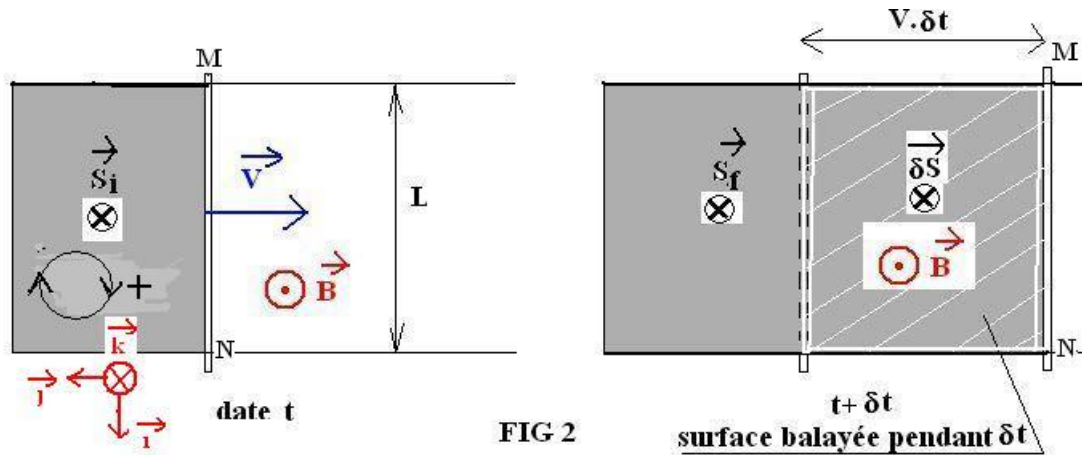


FIG 2

Entre les deux dates le conducteur **balaye** la surface:  $V.\delta t.L$

La variation du vecteur surface est:

$$\vec{\delta S} = \vec{S_f} - \vec{S_i} = \delta S \cdot \vec{k}$$

Ici le champ est constant, la variation de flux provient uniquement de celle du vecteur surface:

$$\delta \varphi_c = \vec{B} \cdot \vec{\delta S} = -B \vec{k} \cdot \delta S \vec{k} = -B \delta S = -BV \cdot \delta t \cdot L < 0$$

La variation de flux est ici négative,

et par conséquent, la f.e.m:

$$e_{MN} = -\frac{d\varphi_c}{dt} = B.V.L > 0$$

Nous retrouverons l'expression précédente

Note: Cette deuxième méthode semble plus délicate à utiliser mais elle présente l'avantage d'être plus générale pour décrire tous le phénomène d'induction. En effet une variation de flux peut-être produite de multiples façons: en modifiant  $\mathbf{S}$  (circuit qui se déforme, circuit tournant..) en modifiant  $\mathbf{B}$  (circuit mobile par rapport au champ ou l'inverse, champ fixe mais de valeur variable...)

Intensité du courant:

$$i = \frac{e_{MN}}{R} = \frac{B.V.L}{R} = \frac{1.10.0.25}{1} = 2,5A \quad i \text{ orienté de M vers N}$$

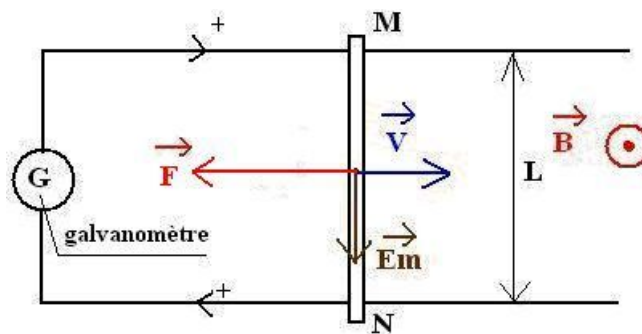
## 2-Force de Laplace induite:

$$\vec{F} = i \cdot \overrightarrow{MN} \wedge \vec{B}$$

Caractéristiques de la force:

**Direction:** normale au conducteur MN et à **B**

**Sens:** comme  $i > 0$ , le trièdre: **MN**, **B** et **F** est direct, la force a même direction que la vitesse mais de sens opposé. (Voir fig ci-dessous)



**Valeur:**  $F = i \cdot L \cdot B = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 1 = 0,625N$ .

**Ce résultat est conforme à la loi de Lenz:**

**le sens de  $i$  est tel qu'il tend à s'opposer à la cause qui lui donne naissance (ici le déplacement du conducteur).**