UNIVERSITE IBN TOFAIL **Année Universitaire 2012/2013**
ECOLE NATIONALE DES SCIENCES APPLIQUEES
Cycle Intégré Préparatoire aux Formations d'Ingénieurs

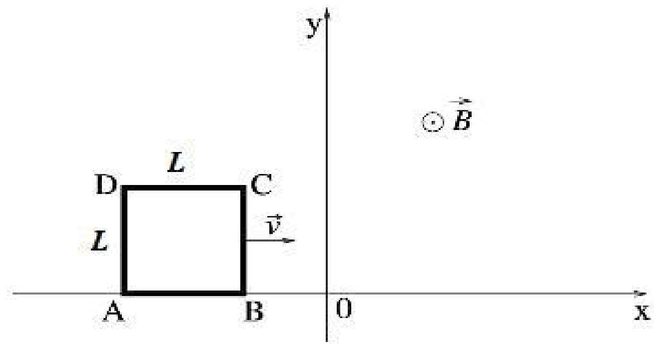
Physique 3 : Électromagnétisme

T.D N° 3 : Actions magnétiques et induction électromagnétique

(Les exercices supplémentaires ne seront pas traités pendant les séances de TD)

Exercice 3.1.

Un carré conducteur indéformable, de coté ***L***, de résistance ***R***, se déplace à vitesse, $\vec{v}(t) = v(t)\vec{e}_x$, le long de l'axe (Ox). Le carré reste dans le plan (O,x,y). Dans l'exercice, on ne cherchera pas à calculer ***v(t),*** mais on supposera $v(t) > 0$ à chaque instant.



Un champ magnétique $\vec{B}$ règne dans l'espace comme suit :

- $\vec{B} = \vec{0}$ dans le demi-espace $x \le 0$,
- $\vec{B} = B_0\vec{e}_z$ dans le demi-espace $x \ge 0$, avec B_0 une constante.

On considère les trois situations suivantes :

(i) le carré conducteur est entièrement dans le demi-espace $x \le 0$,

(ii) le carré conducteur en train de passer du demi-espace $x \le 0$ au demi-espace $x > 0$,

(iii) le carré conducteur est entièrement dans le demi-espace $x > 0$.

Dans les trois situations (i), (ii) et (iii), répondre aux questions suivantes (on ne cherche pas à calculer v(t)) :

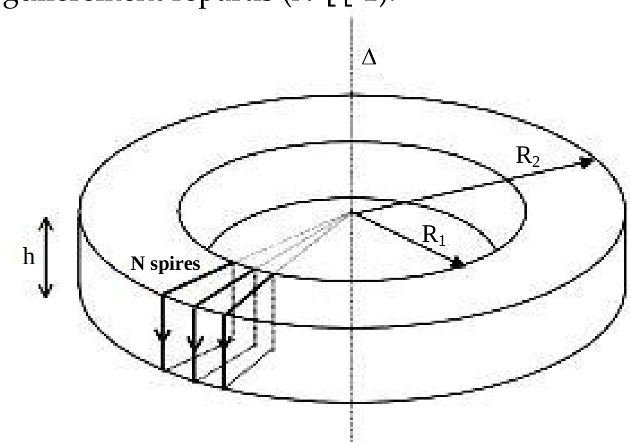
3.1.1- Écrire le flux de $\vec{B}$ à travers le circuit en fonction de l'abscisse $x_B(t)$ du point ***B***.

3.1.2- Déterminer le courant induit ***I(t)*** dans le carré conducteur en fonction de ***v(t),*** B_0 et la résistance ***R*** du conducteur. Faire un schéma indiquant le sens de ***I***.

3.1.3- Calculer la force magnétique sur chaque coté du conducteur. Représenter ces forces sur le schéma. Quelle est la force totale sur le conducteur ? Cette force est-elle motrice ou de freinage ?

Exercice 3.2.

Sur un tore à section rectangulaire (rayon intérieur R_1, rayon extérieur R_2, hauteur ***h***) sont enroulés ***N*** tours de fils régulièrement répartis ($N \gg 1$).



3.2.1- Calculer le champ magnétique créé à l'intérieur et à l'extérieur lorsque le tore est parcouru par un courant d'intensité ***I***.

3.2.2- Calculer l'auto-inductance ***L*** du tore en utilisant la définition ($\Phi_{totale}(\vec{B}) = L.I = \iint_{(S)} \vec{B}.\overrightarrow{dS}$) puis en utilisant l'énergie magnétique ($W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2\mu_0}\iiint_{(V)} \vec{B}^2.dV$).

3.2.3- Un fil rectiligne infini est placé sur l'axe du tore. Calculer la mutuelle inductance ***M*** entre le fil et le tore.

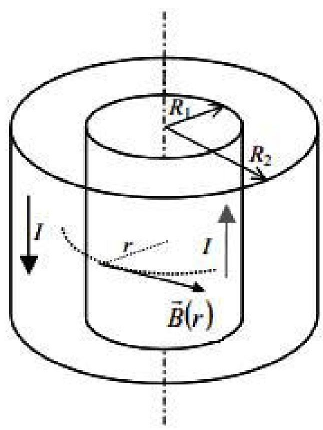
<u>Exercice 3.3.</u> (Exercice supplémentaire)

Un câble coaxial est constitué de deux ***<u>surfaces</u>*** cylindriques coaxiales métalliques de rayons R_1 et $R_2 > R_1$, (la densité de courant est surfacique). Le conducteur intérieur est parcouru par un courant d'intensité ***I*** parallèle à l'axe des cylindres. Le conducteur extérieur, servant de fil de retour, est parcouru par la même intensité mais en sens contraire.

3.3.1- Calculer l'auto-inductance par unité de longueur du câble de deux farçons, l'une en utilisant directement la définition et l'autre en utilisant l'énergie du champ magnétique.

3.3.2- Calculer aussi la capacité par unité de longueur du câble

3.3.3- Calculer le produit de ces deux quantités et conclure.



<u>Exercice 3.4.</u> (Exercice supplémentaire)

Un solénoïde infini d'axe (***Oz***), de rayon ***R***, comporte ***n*** spires jointives par unité de longueur, parcourues par une intensité $i(t) = I_0 \cos \mu t$.

3.4.1- Calculer la f.é.m. induite ***e(t)*** qui apparait dans un conducteur filiforme **(**$\mathscr{C}$**)** à une seule boucle de forme quelconque entourant le solénoïde (on néglige l'auto-inductance de **(**$\mathscr{C}$**)**).

3.4.2- Calculer le champ électrique $\vec{E}$ en tout point extérieur au solénoïde, en négligeant l'influence du conducteur **(**$\mathscr{C}$**)** (on commencera par simplifier la forme de $\vec{E}$ en utilisant des arguments de symétrie, puis on utilisera le théorème de Gauss et la loi de Faraday). Que vaut la circulation de $\vec{E}$ le long du conducteur **(**$\mathscr{C}$**)** ?

3.4.3- On considère maintenant un conducteur filiforme **(**$\mathscr{C}$**)** contenu dans un plan ***z = constante*** (**(**$\mathscr{C}$**)** *dans un plan perpendiculaire à (Oz)*) et placé entièrement a l'intérieur du solénoïde. Calculer la f.é.m. induite ***e(t)*** qui apparait dans **(**$\mathscr{C}$**)**. Calculer le champ électrique $\vec{E}$ à l'intérieur du solénoïde en négligeant l'influence de **(**$\mathscr{C}$**)**. Que vaut la circulation de $\vec{E}$ le long de **(**$\mathscr{C}$**)** ?