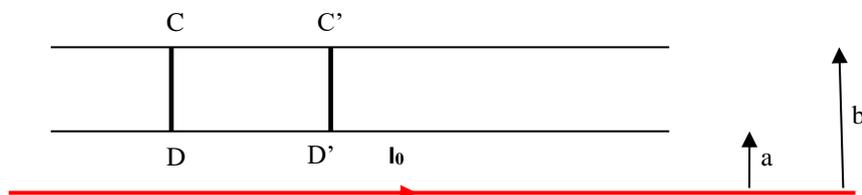


## TD PHYSIQUE N°13

### ARQS

#### EXERCICE 1 : Deux rails conducteurs

Sur deux rails conducteurs on place deux barreaux CD et C'D' :



C'D' possède une vitesse constante  $v_0$ .

On note  $R$  la résistance d'un barreau et on néglige la résistance due aux rails par rapport à  $R$ .

Le fil situé à la distance  $a$  du rail inférieur et  $b$  du rail supérieur est parcouru par un courant  $I_0$ .

Etudier la vitesse  $v(t)$  du barreau CD (à  $t = 0$ ,  $v(0) = 0$ ).

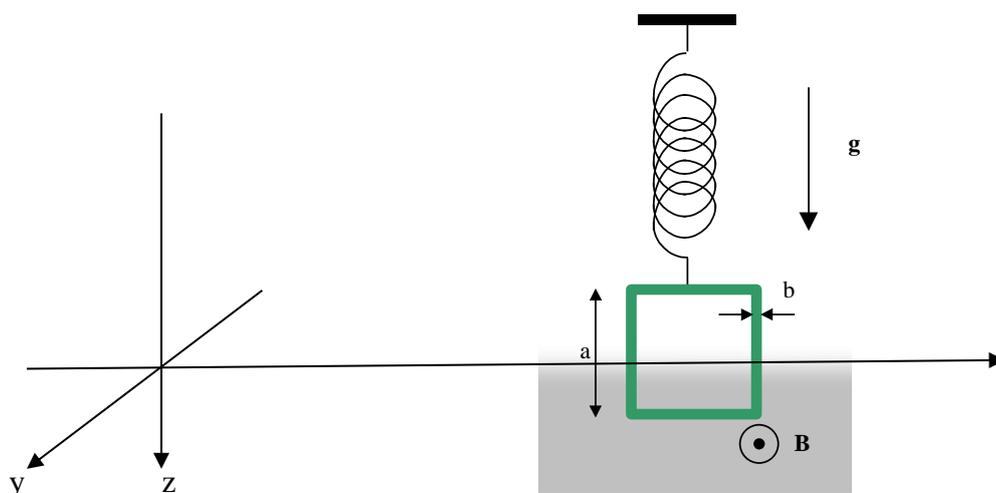
#### EXERCICE 2 : Oscillations amorties

- Un cadre carré de côté  $a$ , de masse  $m$ , de résistance  $R$  et d'inductance négligeable, est suspendu à un ressort de raideur  $k$ . Il peut se déplacer selon un mouvement de translation verticale.
- Dans la zone centrale de l'entrefer d'un aimant en U, le champ magnétique, orthogonal au cadre, est uniforme :  $\mathbf{B} = B_0 \mathbf{e}_y$ .

Au repos, le cadre pénètre partiellement dans cette zone centrale et sort partiellement du champ (ainsi, la partie inférieure du cadre se trouve dans le champ tandis que la partie supérieure se trouve en dehors du champ, cf. schéma).

On néglige tous les frottements mécaniques.

L'axe  $z$  est dirigé vers le bas et la côte  $z = 0$  correspond à la limite du champ  $\mathbf{B}$  :



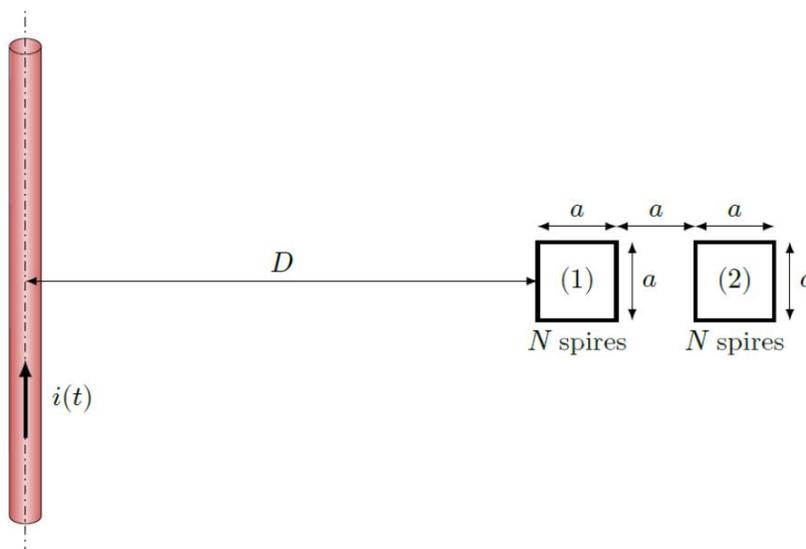
- 1) On veut étudier les petits mouvements du cadre. On suppose que la partie supérieure du cadre reste constamment en dehors du champ. Déterminer l'équation d'évolution de  $z(t)$ , altitude du côté inférieur du cadre.

- 2) Le cadre de côté  $a = 4 \text{ cm}$  est découpé dans une plaque de cuivre d'épaisseur  $e = 10 \text{ mm}$  et largeur  $b = 4 \text{ mm}$ . La raideur du ressort est  $k = 2,0 \text{ N.m}^{-1}$ . Le champ magnétique est :  $B = 0,1 \text{ T}$ .  
 Pour le cuivre :  $\gamma = 5,9 \cdot 10^7 \text{ S.m}^{-1}$  ;  $\rho = 9,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ .  
 Calculer le temps caractéristique d'amortissement et la période des oscillations.

### Exercice 3 : Ampèremètre à induction

Un câble est parcouru par un courant alternatif  $i(t)$  sinusoïdal de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$ . Un appareil de mesure contient 2 bobines (1) et (2), de même résistance  $R = 1 \Omega$  contenant chacune  $N = 100$  spires carrées de côté  $a = 2,0 \text{ cm}$  supposées quasiment confondues<sup>1</sup>.

Chacune de ces bobines, mise en court-circuit, est équipée d'un capteur ampèremétrique mesurant les intensités efficaces  $i_{1,\text{eff}}$  et  $i_{2,\text{eff}}$  des courants dans (1) et (2).



1. Expliquer pourquoi on observe des courants dans (1) et (2).
2. Les capteurs relèvent  $i_{1,\text{eff}} = 1,92 \text{ mA}$  et  $i_{2,\text{eff}} = 1,83 \text{ mA}$  et on suppose que  $D \gg a$ . En déduire l'intensité efficace  $i_{\text{eff}}$  du courant dans le câble.
3. Discuter les hypothèses de travail.
4. Quel est l'avantage de ce dispositif par rapport à un ampèremètre branché directement sur le câble ? par rapport à une pince ampèremétrique (petite bobine torique munie d'un ampèremètre, qu'on place autour du câble) ?

### Exercice 4 : Etude d'une manipulation simulant un capteur de Contrôle Non Destructif (CND)

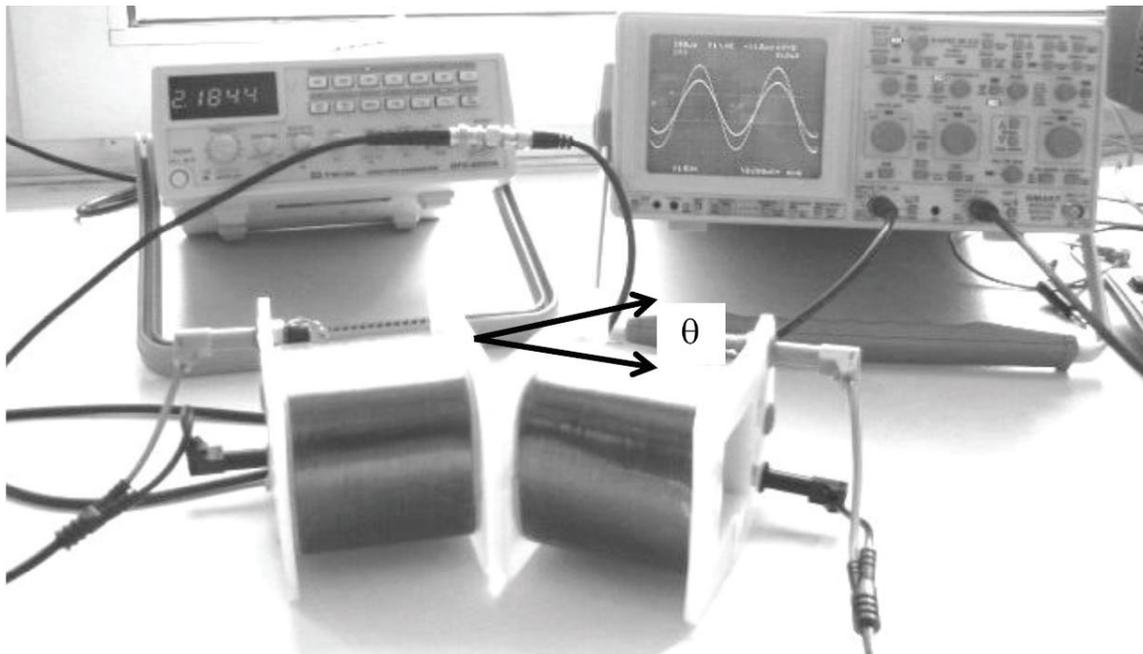
Dans le capteur CND à deux sondes, les fonctions de génération des courants de Foucault et leur détection sont séparées. Cette détection se fait par l'intermédiaire d'une seconde sonde siège d'une tension induite générée par le champ magnétique, dit de réaction, créé par les courants de Foucault.

Afin de valider le concept de détection du champ de réaction et d'en déterminer ses limites, on se propose de reconstruire une telle situation à l'aide de matériels simples utilisés au laboratoire.

On réalise l'expérience avec le matériel décrit sur la photo de la **figure 11**.

Le générateur basse fréquence (GBF) alimente la bobine de gauche, avec une tension sinusoïdale, notée  $v_1(t)$  et enregistrée sur la voie 1 de l'oscilloscope.

On enregistre sur la voie 2 de l'oscilloscope la tension, notée  $v_2(t)$ , aux bornes de la bobine de droite. Les deux bobines sont identiques.



**Figure 11** - Reconstitution de l'environnement de la sonde de détection

**Q20.** Dans la reconstitution de notre environnement, quel est le rôle de la bobine de gauche et à quoi s'assimile le courant qui la traverse ? De même, à quoi correspond la bobine de droite ?

**Q21.** À l'aide d'éléments de modélisation classiques d'une bobine tels que l'inductance mutuelle  $M$ , l'inductance propre  $L$  et la résistance interne  $r$ , proposer un schéma électrique du montage global sans oublier d'y faire figurer l'oscilloscope et le GBF.

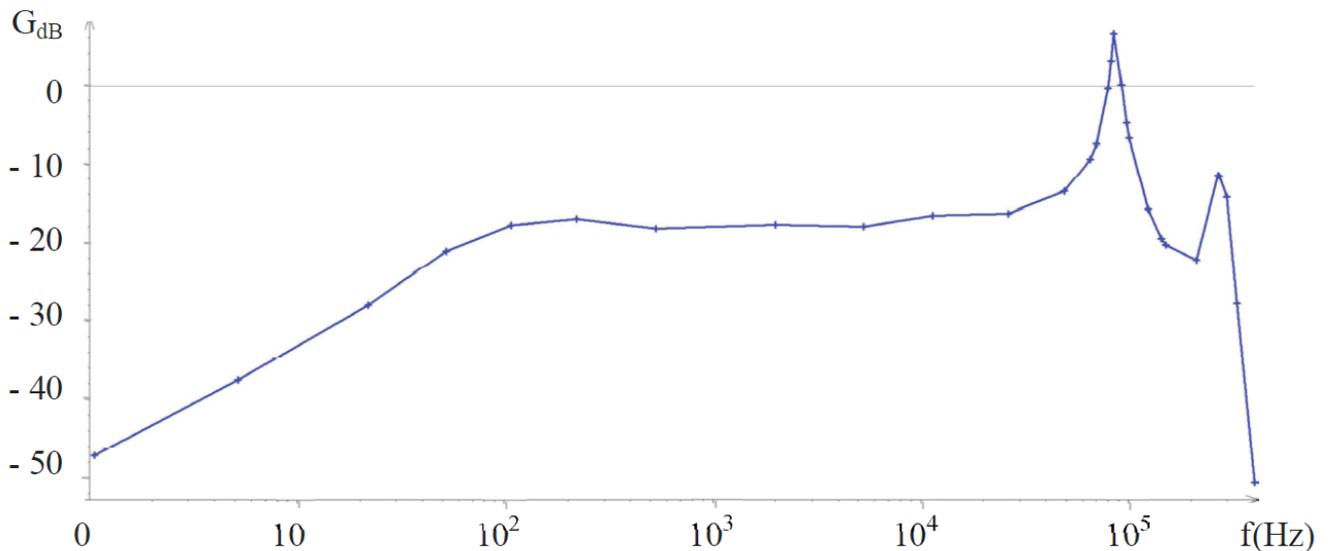
**Q22.** On définit la fonction de transfert complexe  $\underline{F}(j\omega) = \frac{v_2(t)}{v_1(t)}$ .

Montrer, à partir de votre modèle, que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme

canonique :  $\underline{F}(j\omega) = F_0 \frac{j\omega}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}}$ . On donnera les expressions de  $F_0$  et de  $\omega_0$  en fonction des

éléments de modélisation définis précédemment.

Le graphe de la **figure 12** correspond au diagramme de Bode, en amplitude, dans le cas où les deux bobines sont face à face. L'angle entre les axes des bobines est alors nul.



**Figure 12** - Diagramme de Bode pour les deux bobines face à face

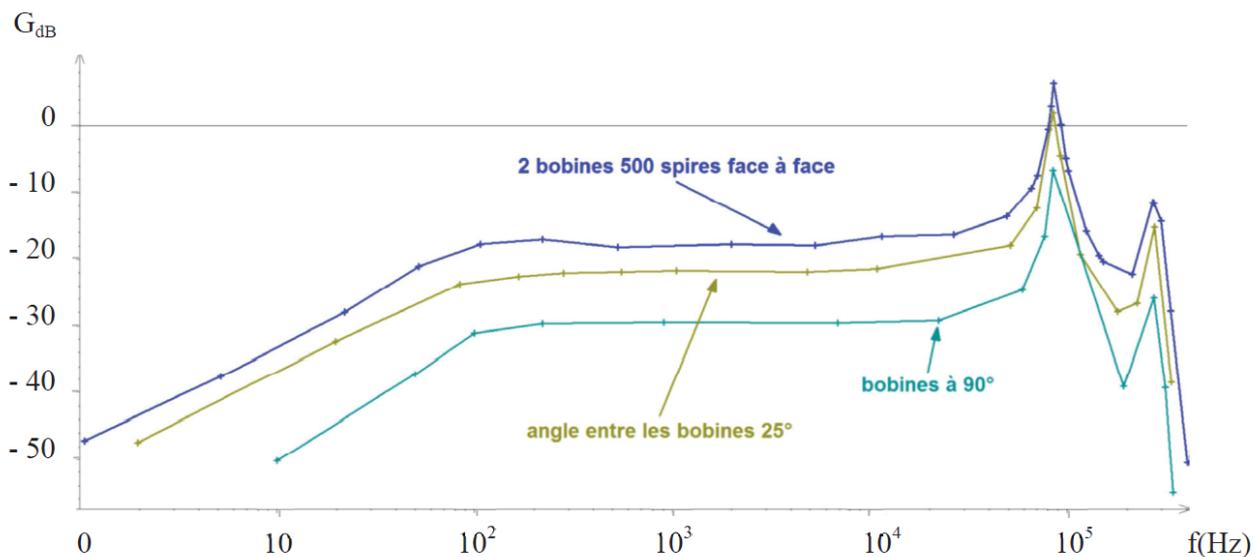
**Q23.** Ce diagramme de Bode, en amplitude, correspond-il à la fonction de transfert déterminée précédemment ? Si non, proposer une limitation à votre modèle.

Préciser éventuellement en une ou deux phrases le(s) phénomène(s) physique(s) présent(s) et non décrit(s) par votre modèle.

On fait varier l'angle  $\theta$  entre les axes des deux bobines (**figure 11**) et on obtient les trois diagrammes de Bode, en amplitude, décrit sur le graphe de la **figure 13**.

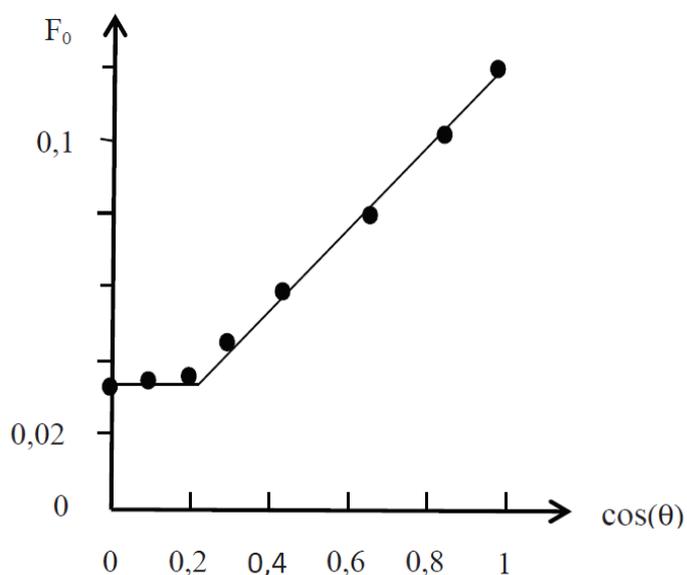
**Q24.** Quel est l'élément de modélisation de votre schéma électrique qui est modifié ? Quel paramètre de la fonction de transfert en est directement affecté ?

À partir de la **figure 13**, déterminer la valeur numérique de  $F_0$  pour un angle de  $25^\circ$ .



**Figure 13** - Diagramme de Bode, en amplitude, pour différents angles entre les bobines

On a relevé expérimentalement la dépendance de  $F_0$  en fonction de l'angle  $\theta$ . On a représenté ensuite le graphe de  $F_0$  en fonction de  $\cos(\theta)$  comme le montre la **figure 14**. Ce graphe semble être linéaire par partie.



**Figure 14** - Dépendance de  $F_0$  avec l'angle  $\theta$

**Q25.** Pourquoi est-il pertinent de représenter le graphe de  $F_0$  en fonction du cosinus de l'angle  $\theta$  entre les axes des deux bobines ?  
Quels commentaires appelle cette courbe ?