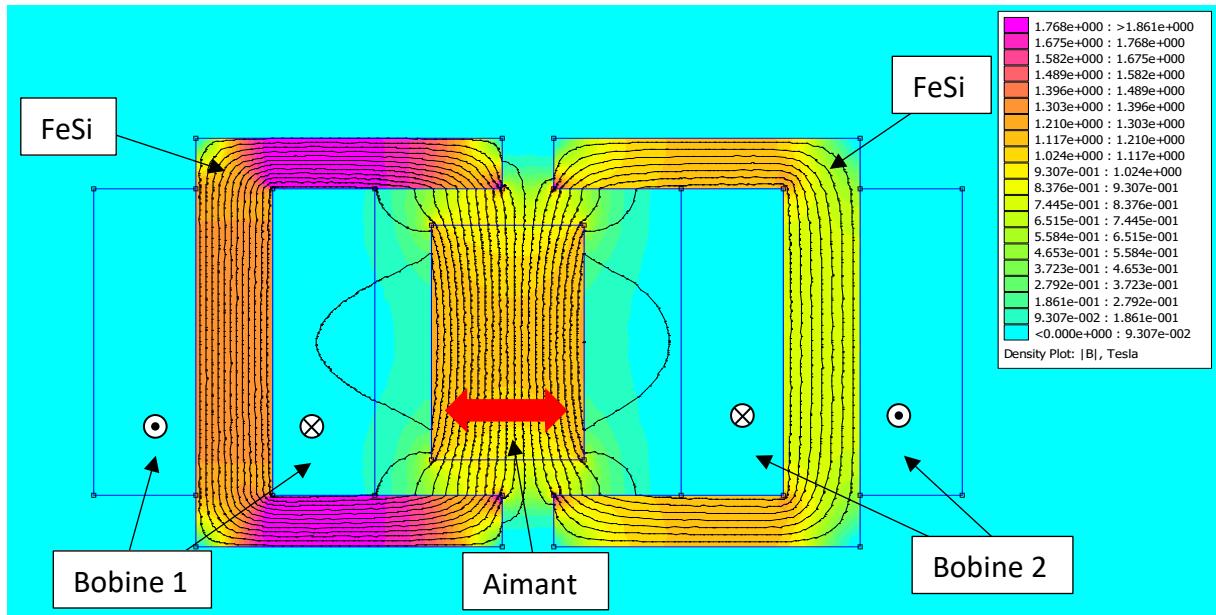


## 1. Eléments finis (répondre sur la donnée)

(7 pts)



La figure ci-dessus représente la simulation par éléments finis d'un actionneur. La partie mobile se déplace horizontalement (flèche rouge).

- a) De quel type d'actionneur s'agit-il ?.....  
 Qu'est-ce qui vous permet de l'affirmer ?.....  
 .....  
 .....
- b) Quels sont les **trois** phénomènes physiques à considérer avant de pouvoir établir son schéma magnétique équivalent ? Indiquer les effets de ces phénomènes directement sur la figure au moyen d'une flèche et d'une légende (un exemple par phénomène).  
 c) Quel matériau est utilisé pour l'aimant **dans cette simulation** (justifier)?  
 .....

## 2. Actionneur électrodynamique

(6 pts)

On entraîne la bobine d'un actionneur électrodynamique avec un autre actionneur à une vitesse de  $v = 1 \text{ m/s}$  et on mesure une tension induite de mouvement de 12 V aux bornes de la bobine entraînée.

Déterminer la force statique (= à l'arrêt) que peut délivrer cet actionneur si on l'alimente avec un courant continu de 2 A.

**3. Inductance propre, calcul de force, actionneur réluctant** (8 pts)

On alimente la bobine d'un actionneur réluctant avec un courant alternatif de valeur efficace  $I_1 = 1A$  et de fréquence  $f = 50Hz$ .

On mesure la tension aux bornes de sa bobine en fonction de la position de sa partie mobile x. **On bloque la partie mobile pour chaque mesure.**

La valeur efficace de la tension obtenue en fonction de la position x peut être approchée par la relation suivante :

$$U(x) = \sqrt{1 + \frac{6.2 \cdot 10^{-7}}{x^2}} [V]$$

La position x est mesurée en **mètre** dans cette dernière expression.

La résistance de la bobine est de  $R = 1\text{ Ohm}$  et son nombre de spires est de  $N = 200$ .

On alimente ensuite l'actionneur avec un courant **continu** de  $I_2 = 10 A$ , déterminer la force statique en fonction de la position x (on néglige la saturation) et calculer sa valeur numérique pour  $x = 1\text{ mm}$ .

**4. Moteur CC, comportement dynamique** (10 pts)

Un moteur à courant continu à aimants ayant les caractéristiques ci-dessous est connecté sur une source de tension U à l'instant  $t = 0s$ .

Résistance R [ $\Omega$ ]

Inertie : J [ $\text{kg m}^2$ ]

Coefficient de tension induite  $k_u \hat{\phi}$  [ $\text{Nm/A}$ ]

On suppose que les frottements et **l'inductance propre** du moteur sont **négligeables** et que le moteur est à vide (aucune charge externe).

- a) Déterminer l'expression de la vitesse stabilisée du moteur  $\Omega(t=\infty)$ .
- b) Etablir l'équation de la vitesse  $\Omega(t)$ , en fonction de U,R,J,  $k_u \hat{\phi}$  et du temps t (et uniquement de ces variables) en sachant que  $\Omega(t=0) = 0$ .
- c) Représenter graphiquement l'allure de la fonction  $\Omega(t)$ .

**5. Moteur synchrone** (8 pts)

Un moteur synchrone à aimants permanents possède les caractéristiques suivantes :

Nombre de phases : 3 (connectées en étoile)

Résistance de phase :  $R_s = 1\text{ }\Omega$

Inductance apparente de phase :  $L_s = 1\text{ mH}$

Nombre de **paires** de pôles :  $p = 2$

On mesure la valeur de crête de sa tension induite de mouvement de phase (phase - neutre) à 6000 t/min :  $\hat{U}_i = 12V$ . Les tensions et les courants sont tous parfaitement sinusoïdaux.

Quelle est la **puissance maximale** que ce moteur peut délivrer à la vitesse de 6000 t/min si on l'alimente avec une tension de phase de valeur de crête  $\hat{U} = 14V$  ?

**6. Moteur asynchrone** (8 pts)

Un entraînement électrique comprenant un moteur asynchrone et une charge mécanique est connecté en **étoile** au réseau triphasé européen :

Tension de **phase U = 230V** fréquence  $f = 50\text{Hz}$ .

La vitesse du moteur en charge est alors :  $n = 2850 \text{ t/min}$ .

Le couple que le moteur délivre à la charge mécanique ne dépend pas de sa vitesse :

**M<sub>charge</sub> = constante**

On cherche à déterminer sa vitesse si on connecte l'entraînement (moteur + charge mécanique) en triangle. Pour ce faire, on demande de calculer les **valeurs numériques** des grandeurs suivantes :

- a) La vitesse synchrone (du champ tournant) en t/min du moteur.
- b) Le glissement du moteur en charge lorsqu'il est connecté en étoile.
- c) La tension de phase du moteur lorsqu'il est connecté en triangle.
- d) Le glissement du moteur en charge lorsqu'il est connecté en triangle. **Utiliser l'expression du couple valide pour les petits glissements ( $s>0$ )**.
- e) La vitesse du moteur correspondante (connexion en triangle).

**7. Loi de similitude, horlogerie** (7 pts)

Un moteur horloger délivre un couple de positionnement (couple lié à l'aimant seul) de  $M = 0.4 \mu\text{Nm}$ .

Le diamètre extérieur de son aimant est de 1 mm.

Quel serait ce diamètre dans un moteur homothétique délivrant un couple de positionnement double ( $0.8 \mu\text{Nm}$ ) ?