

**Électricité et magnétisme**  
**Rapport de problématique**

**Unité 4 – Profil TI, TO et TM**

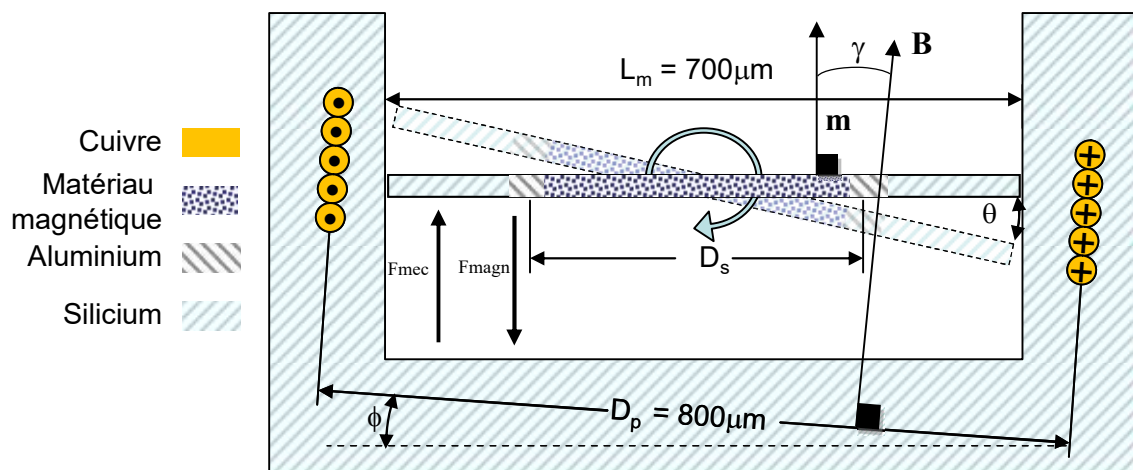
Juteau, Alexis juta1101  
Miller, Shawn mils2203

4 novembre 2021

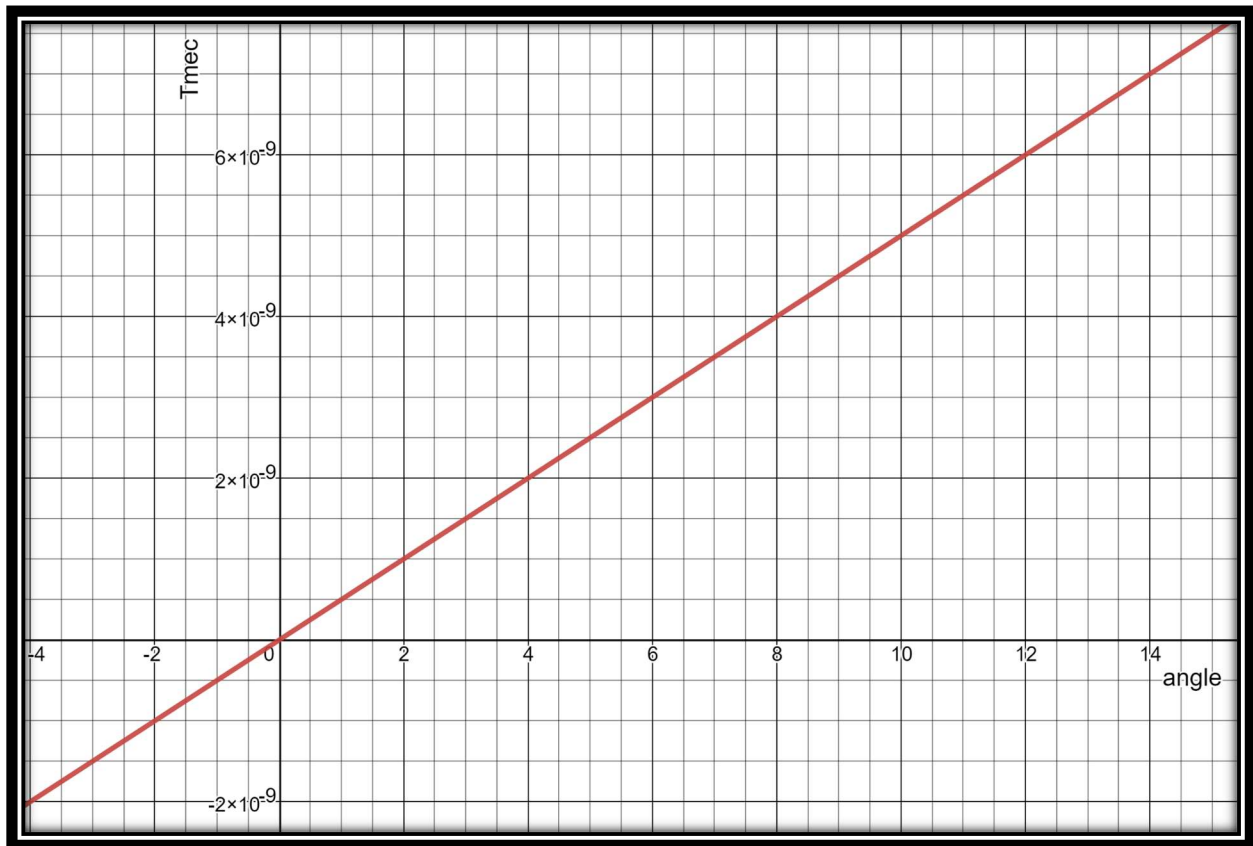
## Introduction

Toutes les présentations graphiques et schémas doivent être bien identifiés et clairs en utilisant les unités appropriées ainsi que des titres significatifs. La taille des caractères doit être choisi afin que tous les caractères des axes soient lisibles sans devoir faire d'agrandissement. Il est recommandé de mettre en pratique certaines des consignes données à la section 4.2 du volume « Rédaction technique, administrative et scientifique ».

1. Diagramme de la direction des vecteurs **B** et **m** (3 points C-1). Sur la figure ci-dessous, indiquer les vecteurs **B** et **m** et l'angle ( $\gamma$ ) entre ces deux vecteurs..



2. Graphique de l'amplitude du couple mécanique ( $T_{mec}$ ) en fonction de l'angle . (7 points C-2)



3. Démonstration des équations utiliser pour trouver la relation de l'amplitude du courant  $I_C$  en fonction de  $(I_B, N, \theta, \phi, \mu_r, d_s)$ .
- a. Présenter les équations que vous avez utilisées pour trouver l'intensité du champ magnétique  $\mathbf{H}$  généré par  $I_B$  (C1, 2 points ; C2, 2 points)

$$u_r = \frac{B}{u_0 H}$$

$$H = \frac{B}{u_0 u_r}$$

$u_r$  = perméabilité relative d'un matériau

$u_0$  = constante magnétique =  $4\pi * 10^{-7}$

$B$  = Densité d'un champ magnétique

$H$  = Intensité d'un champ magnétique

- b. Présenter les équations que vous avez utilisées pour trouver la densité du champ magnétique au centre du miroir  $\mathbf{B}$  (C1, 2 points ; C2, 2 points)

$$B = \frac{u * N * I}{2 * \frac{D_s}{2}}$$

$B$  = Densité du champ magnétique

$u$  = perméabilité d'un matériau

$N$  = Nombre de tour de la bobine

$I$  = Courant passant dans la bobine

$D_s$  = diametre de la bobine secondaire

- c. Présenter les équations que vous avez utilisées pour calculer l'amplitude du couple magnétique ( $T_{\text{magn}}$ ) en fonction de l'angle  $\theta$  (C1, 2 points ; C2, 2 points)

$$T_{\text{magn}} = T_{\text{mec}}$$

$$T_{\text{mec}} = k\theta$$

$$T_{\text{magn}} = k\theta$$

$$T_{\text{magn}} = \text{couple magnétique}$$

$$T_{\text{mec}} = \text{couple mécanique}$$

$$k = 0.5 \text{ nNm/deg}$$

- d. Présenter les équations que vous avez utilisées pour démontrer le moment magnétique  $\mathbf{m}$  (C1, 2 points ; C2, 2 points).

$$m = N S I_c$$

$$m = \text{Moment magnétique}$$

$$N = \text{Nombre de tour de la bobine}$$

$$S = \text{surface}$$

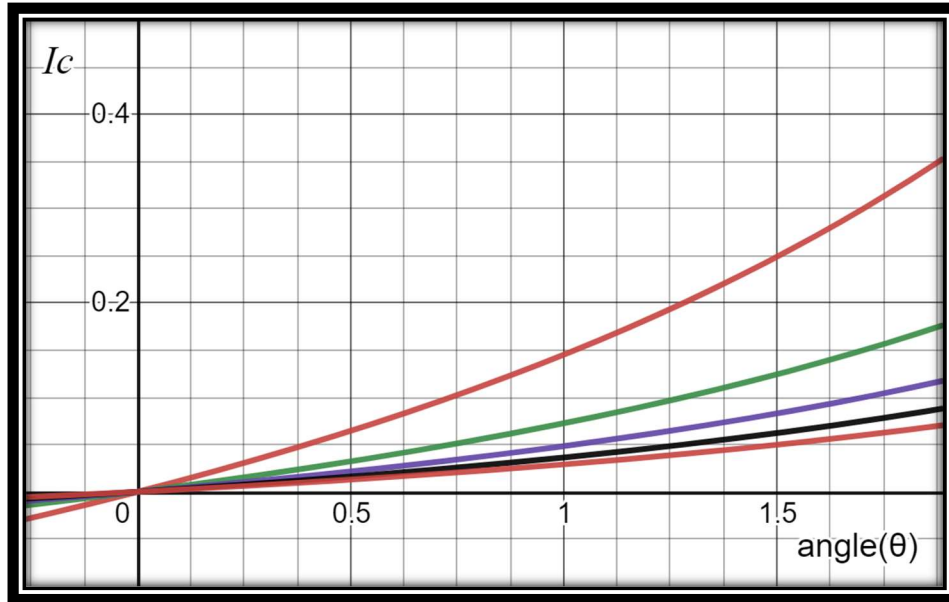
$$I_c = \text{Courant passant dans la seconde bobine}$$

- e. Présenter les équations que vous avez utilisées pour trouver  $I_c$  en fonction de l'angle  $\theta$  (C1, 2 points ; C2, 2 points).

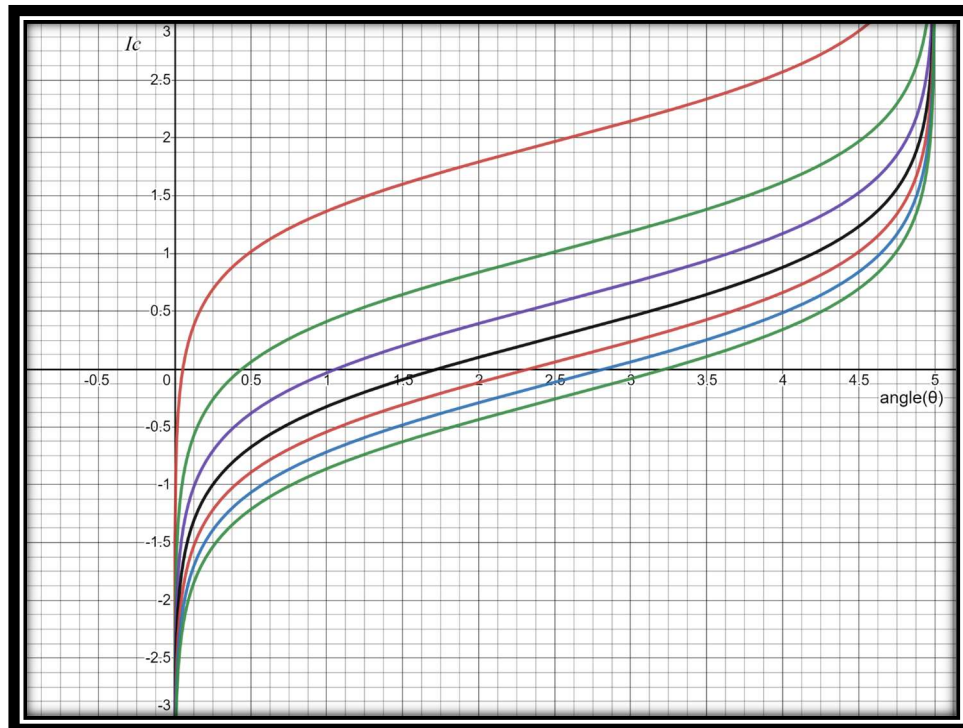
$$I_c = \frac{D_p k \theta}{N_B S \mu_B \sin(\phi - \theta)}$$

4. Graphiques d'analyses pour l'aide au design :

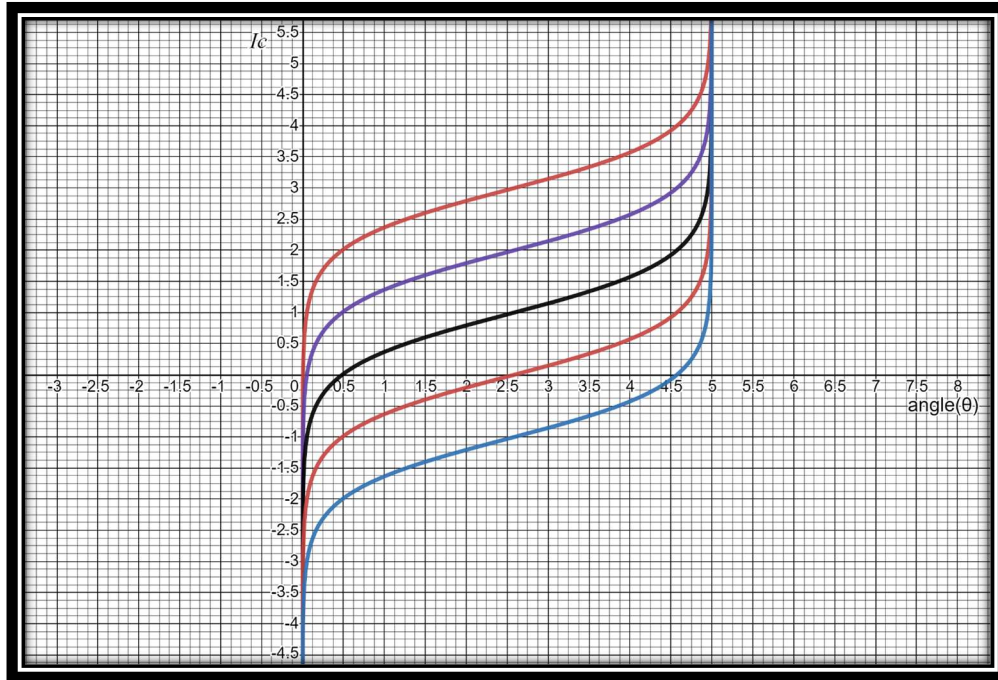
- a. sur un même graphique, tracer  $I_c$  en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  pour une plage de  $N$  allant de 1 à 5 ; supposer les valeurs suivantes :  $I_B = 10 \text{ mA}$ ,  $d_s = 500 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $\mu_r = 10\,000$  et  $\phi = 5$  [C2, 7 points] ;



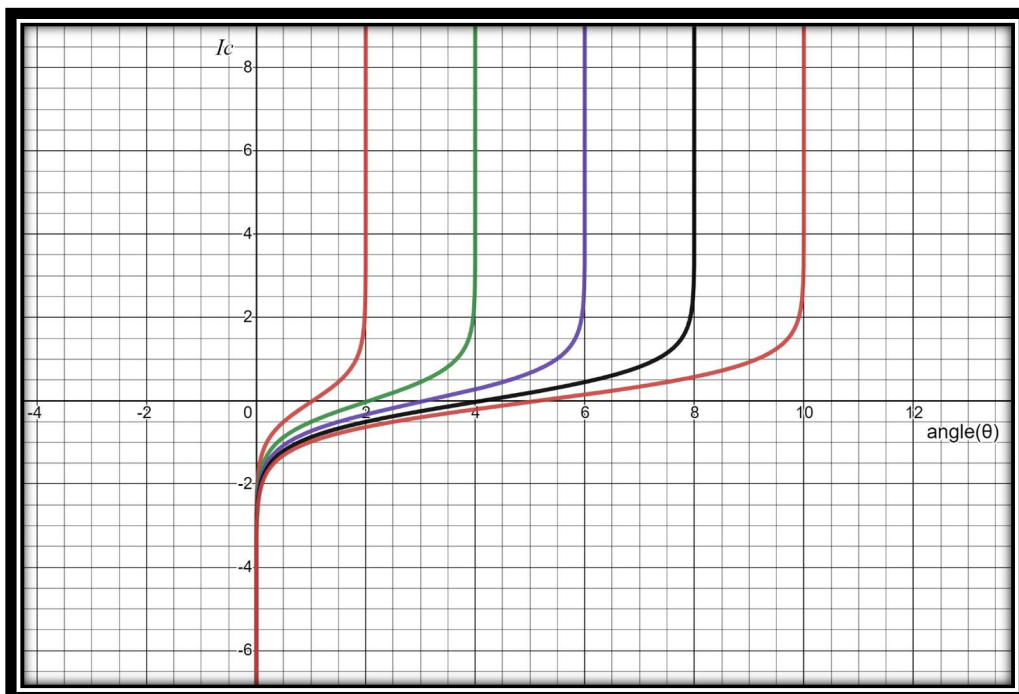
- b. sur un même graphique, tracer  $I_c$  en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  pour des valeurs de  $d_s$ , allant de  $50\text{ }\mu\text{m}$  à  $650\text{ }\mu\text{m}$  par intervalle de  $100\text{ }\mu\text{m}$ . Utiliser une échelle logarithmique pour l'axe des y. Supposer les valeurs suivantes :  $I_B = 10 \text{ mA}$ ,  $N = 1$ ,  $\mu_r = 10\,000$ ,  $\phi = 5$  [C2, 7 points] ;



- c. sur un même graphique, tracer  $I_C$  en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  pour des valeurs de  $I_B$  allant de  $10 \mu A$  à  $100 mA$  par intervalle  $10^1$  en échelle logarithmique . Utiliser une échelle logarithmique pour l'axe de y. Supposer les valeurs suivantes pour  $N = 1$ ,  $d_s = 500 \mu m$ ,  $\mu_r = 10\,000$ ,  $\phi = 5$  [C2, 7 points] ;



- d. Sur un même graphique, tracer  $I_C$  en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  pour des valeurs de  $\phi$  allant de 2 à 10 degrés par intervalle 2 degrés. Utiliser une échelle  $I_B = 10 mA$ ,  $N = 1$ ,  $d_s = 500 \mu m$ ,  $\mu_r = 10\,000$  [C2, 7 points].



5. À partir de ces graphiques choisir les valeurs des paramètres optimaux en fonction des critères de conception énumérés dans la problématique. Expliquer vos choix. (C1, 4 points)

Nombre de tours optimales : 5 tours

Ds optimal: 650  $\mu\text{m}$

Courant  $I_B$  optimal: 100mA

Valeur de  $\phi$  optimal:

En se basant sur les graphiques et notre équation du courant  $I_c$  en fonction de  $\theta$ , on peut en conclure que plus les valeurs à choisir sont élevée, plus le courant  $I_c$  est faible. C'est-à-dire que l'on maximise la consommation de courant pour faire fonctionner adéquatement le micro-miroir.

6. Présenter les valeurs de  $\mu_r$  mesurées en laboratoire à 1kHz. Expliquer brièvement comment vous avez mesuré ces valeurs. (5 points C-1)

# matériel	$\mu_r$
1	8.94
2	7.59
3	8.34
4	1.83
5	15.53

Pour mesurer la perméabilité des matériaux 1 à 5, il fallait placer les matériaux dans une bobine (une bobine primaire de 15 tours, ainsi qu'une bobine secondaire de 50 tours) et utiliser un amplificateur de courant pour insérer un signal sinusoïdal. Par la suite, il fallait mesurer la tension RMS aux bornes de la bobine secondaire. Avec les  $V_{rms}$  expérimental et un fichier Excel, il fut possible de calculer la perméabilité de chacun des matériaux à l'aide des valeurs obtenues en laboratoire.

7. Discuter du choix du matériau magnétique le plus approprié en fonction des critères de conception et des valeurs de  $\mu_r$  présentées au point précédent (C1, 3 points).

Matériel # 5, car c'est le matériau avec le plus de perméabilité, donc on peut maximiser le courant dans la bobine secondaire du micro-miroir.



8. Présenter une analyse sur les avantages et inconvénients du principe de fonctionnement de ce MEMS en considérant les critères de consommation et d'intégration (1024x768 micromiroir sur une même puce) (5 points C-1)

Tout d'abord en ce qui concerne les avantages de ce système, il est vrai de dire que ce type de MEMS consomme moins de courant qu'un MEMS qui utilise le principe d'électrostatique. En ce qui concerne un désavantage à considérer, ce type de MEMS est plus sensible au bruit électromagnétique.