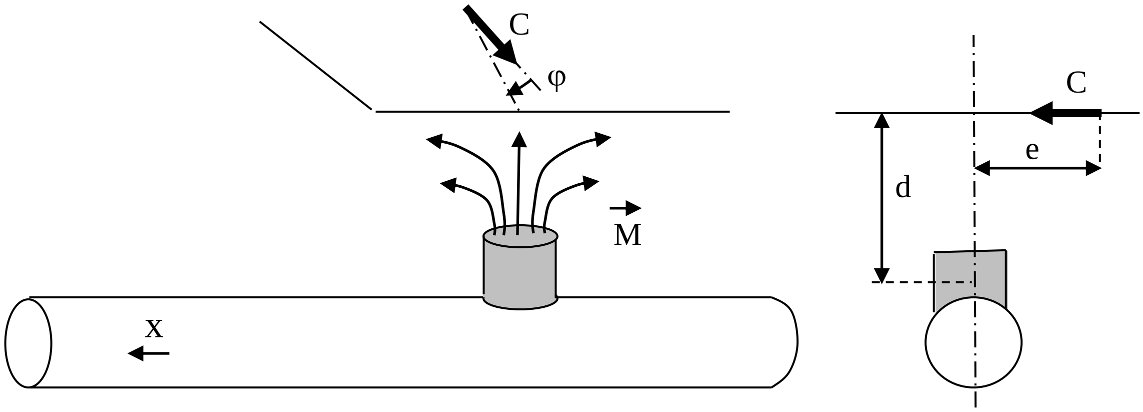
TP SdF N° 10

Analyse Pire Cas d'un capteur magnétique

Ce TP a pour objet d'évaluer la précision d'un capteur magnétique de type magnéto résistif (HMC1501 d'Honeywell par exemple) utilisé pour détecter la position d'un arbre.



Utilisant des magnétorésistances montées en pont de Wheastons, le capteur délivre un signal de la forme : $\Delta V = Vs\ S \sin 2\varphi$, avec Vs la tension d'alimentation du capteur, S sa sensibilité et φ l'angle entre la composante du champ magnétique dans le plan du capteur et l'axe de ce dernier ($\varphi = 0$ quand $x = 0$).
Ce signal n'est valide que si la composante du champ magnétique dans le plan du capteur est supérieure à 10^{-5} Tesla.

1 – Etablir la fonction $\Delta V = f(x)$ et évaluer la plage d'utilisation du capteur

On rappelle que le champ magnétique créé en un point P de coordonnées polaires (r ; θ) par un aimant de moment magnétique M est :

$$Br = \mu_0/4\pi \;\; 2M\cos\theta/r^3$$

$$B\theta = \mu_0/4\pi \;\; M\sin\theta/r^3$$

avec μ_0 la perméabilité du vide ($\mu_0/4\pi = 10^{-7}$) et M le moment magnétique de l'aimant.

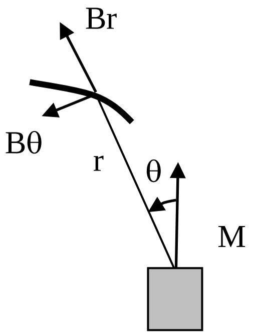
Les caractéristiques du système sont données ci-après :

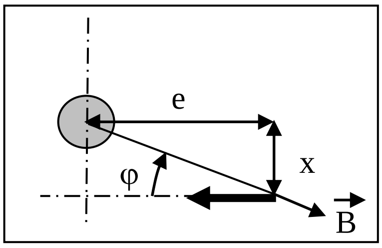
- Vs = 5 Volt +/- 1%
- S = 2,1 (1 - 0,32% t°) avec une température t° comprise entre -10° et 30° C
- d = 5 mm +/- 0,5%
- e = 5 mm +/- 0,5%
- M = 2 A m^2 +/- 10%
- Erreur de positionnement du capteur dans le plan : ε = +- 0,5° négligeable hors plan

2 - Evaluer par simulation de Monte-Carlo l'erreur de mesure absolue dans la plage d'utilisation du capteur

1 – Fonction $\Delta V = f(x)$ et plage d'utilisation du capteur

$Br = \mu_0/4\pi \;\; 2M\cos\theta/r^3$
$B\theta = \mu_0/4\pi \;\; M\sin\theta/r^3$





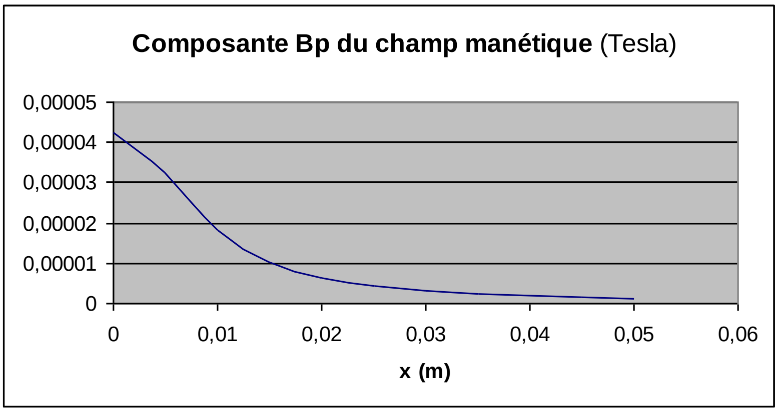
$r = (d^2+e^2+x^2)^{0,5}$

$\sin\theta = (e^2+x^2)^{0,5} / r$

$\cos\theta = d / r$

<u>Composante du champ magnétique dans le plan du capteur</u> :

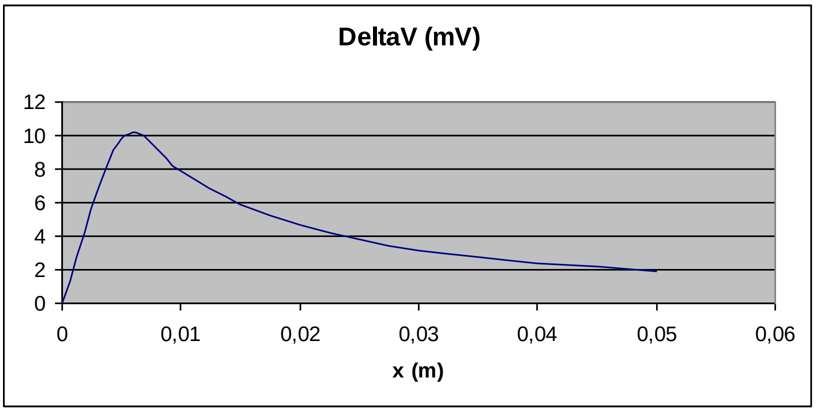
$Bp = Br \sin\theta \; + B\theta * \cos\theta \; = 3\, M\, \mu_0/4\pi \;\; \cos\theta \sin\theta / r^3$



Bp > 10-5 Tesla si -15 < x < + 15mm

<u>Expression du signal reçu</u> :

$\Delta V = Vs\, S \sin 2\varphi = 2\, Vs\, S \sin\varphi \cos\varphi$ avec $\sin\varphi = x / (e^2+x^2)^{0,5}$ et $\cos\varphi = e / (e^2+x^2)^{0,5}$



A partir du signal reçu la valeur de x peut s'obtenir de la manière suivante :

$\Delta V = 2\, Vs\, S * x / (e^2+x^2)^{0,5} * e / (e^2+x^2)^{0,5} = 2\, Vs\, S\, x\, e /(e^2+x^2)$

$\Delta V = 2\, Vs\, S\, x\, e /(e^2+x^2) = 2\, Vs\, S /(e/x + x/e) \Rightarrow x/e + e/x \; = 2\, Vs\, S / \Delta V = b$

$\Rightarrow x/e^{\,2} - b\, x/e + 1 = 0 \quad \Rightarrow x = e\,(b \pm (b^2-4)^{0,5}) / 2$

Ce signal ne permet pas de différentier les positions supérieures ou inférieures à e.

2 - Erreur de mesure :

En tenant compte de l'erreur de positionnement du capteur, le signal devient :

$\Delta V = Vs\ S\ \sin 2(\varphi+\varepsilon) = 2\ Vs\ S\ \sin(\varphi+\varepsilon)\ \cos(\varphi+\varepsilon)$

$\Delta V = 2\ Vs\ 2{,}1\ (1 - 0{,}32\%\ t°)\ (\sin\varphi \cos\varepsilon + \cos\varphi \sin\varepsilon)(\cos\varphi \cos\varepsilon - \sin\varphi \sin\varepsilon)$

On simule aléatoirement la valeur de x (loi uniforme entre +/- e) ainsi que tous les paramètres entrant dans l'expression du signal (DV) en tenant compte de leur dispersion (lois normales à l'exception d'une loi uniforme pour la température). On calcule ensuite la valeur de position X correspondant à ce signal que l'on compare à la donnée d'entrée.

x	r	sinθ	cosθ	Bp	cosφ	sinφ	DV (mV)	b	x calculé	Erreur
0,00033101	0,00729984	0,76229499	0,64722975	4,5201E-05	0,99822919	0,05948517	41,3781574	0,47503324	0,00118758	-0,00085657

Après 10000 simulations de type Monte-Carlo (outil SIMCAB), on obtient la dispersion suivante sur l'erreur absolue.