

Examen d'Instrumentation

Exercice 1 : Capteur de niveau capacitif

- On désire réaliser un capteur de niveau pour une cuve d'huile. Soit le condensateur plan schématisé figure 1 dont les armatures sont de surface S et de hauteur h . Le condensateur est initialement dans l'air (permittivité ϵ_1). Un liquide, de l'huile de permittivité ϵ_2 , monte jusqu'à une hauteur x mesurée à partir du bas des armatures ; soit $C(x)$ la capacité correspondante du condensateur.
Déterminer l'expression de la capacité $C(x)$.

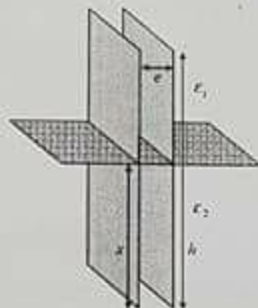


Figure 1 : Schéma de principe du capteur

- Calculer les capacités minimale et maximale du capteur ainsi que les impédances correspondantes sous une alimentation sinusoïdale à 10 kHz. On donne $\epsilon_1 = \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m, $\epsilon_2 = 4 \epsilon_0$, $S = 2 \cdot 10^{-2}$ m², $e = 5$ mm et $h = 1$ m.
- Le capteur est monté dans un circuit en pont selon le schéma de la figure 2. Le condensateur C_v est un condensateur variable dont on règle la valeur à $C_0 = C(x = 0)$.

Donner l'expression de la tension différentielle de mesure V_{mes} en fonction de x , h , ϵ_1 , ϵ_2 et V_g .
On donne $V_g = 10$ V.

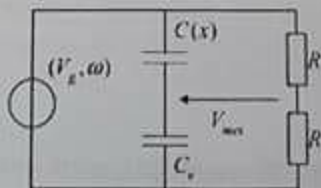


Figure 2 : Circuit de conditionnement du capteur

Exercice 2 : Effet Hall

Etude de l'effet Hall :

On considère une plaquette parallélépipédique de semi-conducteur de type N, dont les dimensions sont : $L = 8,0 \text{ mm}$, $b = 5,0 \text{ mm}$ et $h = 10 \text{ }\mu\text{m}$ (Figure 3). La plaquette est parcourue par un courant continu d'intensité I uniformément réparti avec la densité surfacique $\mathbf{j} = j \mathbf{u}_x$, avec $j > 0$. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme extérieur $\mathbf{B} = B \mathbf{u}_z$ avec $B > 0$.

On suppose qu'en présence du champ magnétique, le vecteur densité de courant est toujours $\mathbf{j} = j \mathbf{u}_x$ et on se place en régime permanent.

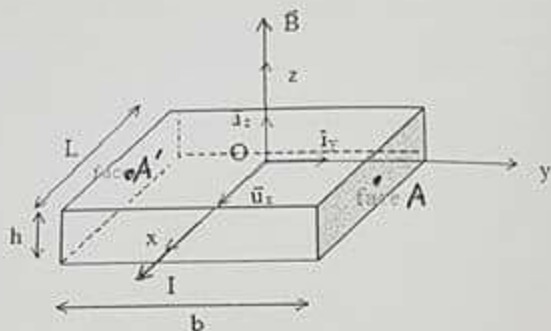


Figure 3

- 1) Les porteurs de charge, animés de la vitesse \mathbf{v} , ont une masse m , une charge q et une densité volumique n (nombre de porteurs par unité de volume). Exprimer le vecteur vitesse \mathbf{v} des porteurs de la plaquette en fonction de j , n et q . Justifier.
 - 2) Montrer qu'en présence du champ magnétique extérieur B , il apparaît dans la plaquette un champ électrique de Hall \mathbf{E} tel que : $\mathbf{E} = -1/(nq) \mathbf{j} \wedge \mathbf{B}$. Exprimer dans le repère les composantes de \mathbf{E} .
 - 3) Calculer la différence de potentiel de Hall $U = V(A') - V(A)$ qui apparaît entre les faces A et A' de la plaquette.
 - 4) Montrer que cette ddp peut se mettre sous la forme $U = k I B / h$ et exprimer la constante k en fonction de n et q .
- Justifier l'intérêt de l'effet Hall dans la mesure des champs magnétiques.
 - 5) Définir et exprimer en fonction de k , I et h la sensibilité de ce capteur.
- A N : Calculer la sensibilité de ce capteur ainsi que la densité volumique de porteurs libres n .
- On donne $k = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{C}^{-1}$; $I = 0,20 \text{ A}$.

- 6) Pour obtenir l'intensité I du courant qui traverse le capteur, est-il préférable d'utiliser un générateur de courant ou de tension ? Justifier.

Exercice 3 : Capteur de courant

On considère le circuit d'un capteur de courant à effet Hall en boucle ouverte (Figure 4).

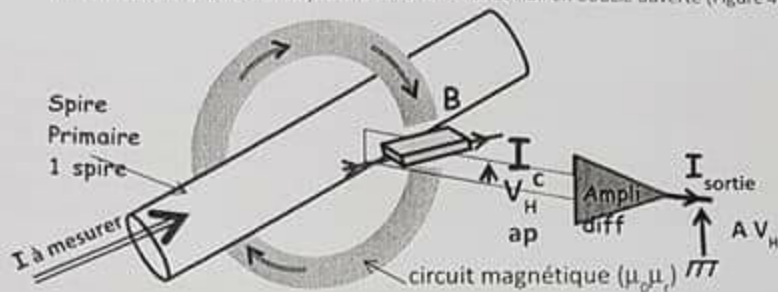


Figure 4 : Capteur de courant à effet Hall en boucle ouverte

- 1) On désire déterminer la valeur du courant primaire I_p au moyen de ce capteur. Exprimer V_H en fonction de ce courant primaire I_p . En déduire l'expression de I_p .
- 2) Calculer numériquement la valeur du courant primaire I_p , si on mesure une ddp de Hall $V_H = 100$ mV. On donne $K = 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ C}^{-1}$ et $I_{cap} = 5 \text{ mA}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ et $\mu_r = 100$.
- 3) On considère maintenant le capteur de courant à effet Hall en boucle fermée (Figure 6).

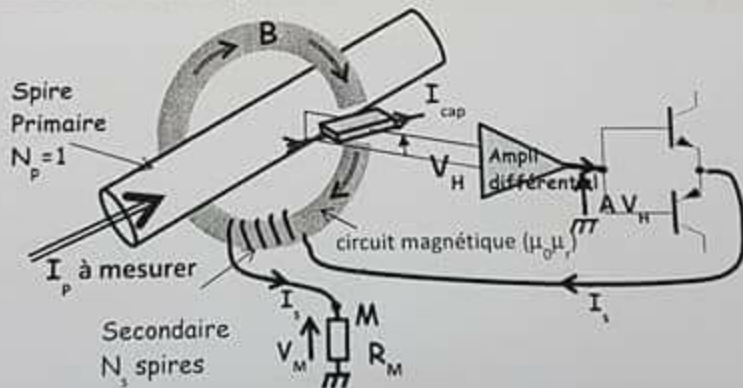


Figure 6 : Capteur de courant à effet Hall à boucle fermée

On mesure la ddp aux bornes de la résistance R_M , on trouve $V_M = 100$ mV, Calculer la valeur du courant primaire I_p . On donne $N_s = 1000$ spires au secondaire.