

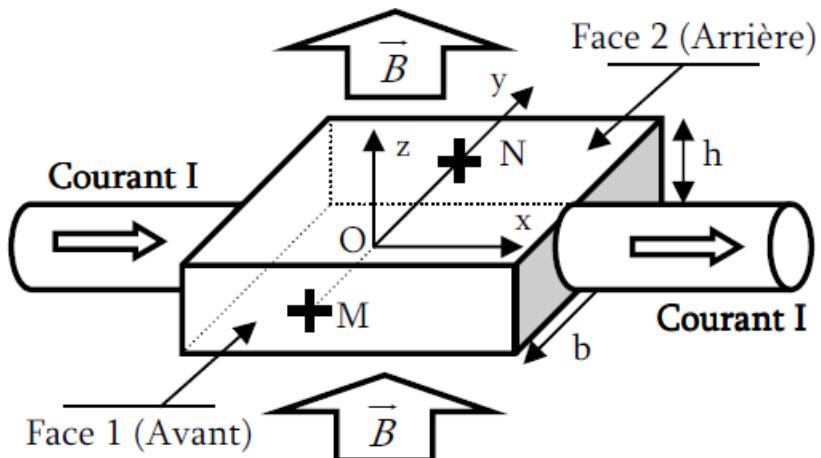
# UE21 : Capteurs Proprioceptifs

## TD4

### EXO 1

#### Capteur à Effet Hall

On considère une plaque rectangulaire d'épaisseur  $h$ , et de largeur  $b$ , représentée sur la figure suivante. Elle est réalisée dans un semi-conducteur où la conduction électrique est assurée par des électrons mobiles dont le nombre par unité de volume est  $n$ . La plaque est parcourue par un courant d'intensité  $I$ , uniformément réparti sur la section de la plaque avec la densité volumique  $\vec{J} = J \cdot \vec{e}_x$  ( $J > 0$ ).



Elle est alors placée dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B} = B \cdot \vec{e}_z$  ( $J > 0$ ), créé par des sources extérieures. Le champ magnétique créé par le courant dans la plaque est négligeable devant le champ extérieur, et on suppose que le vecteur densité de courant est toujours porté par l'axe (Ox) (circulation permanente des  $e^-$ ).

#### 1. Champ électrique de Hall

- Exprimer le vecteur vitesse  $\vec{V}$  des électrons dans la plaque en fonction de  $\vec{J}$ ,  $n$  et  $e$  en l'absence de champ magnétique extérieur.
- Lors de l'apparition d'un champ magnétique extérieur  $\vec{B}$ , le courant est dévié et il va y avoir accumulation de charges. Représenter sur un schéma ce phénomène.
- En régime permanent, après que les charges se soient accumulées, le vecteur densité de courant  $\vec{J}$  est forcément parallèle à (Ox) (sinon des charges sortiraient par les cotés de la plaque...), en déduire que ces charges font apparaître un champ électrique dit de Hall :  $\vec{E}_H = \frac{1}{n \cdot e} \vec{J} \wedge \vec{B}$ .
- Exprimer les composantes de ce champ de Hall  $\vec{E}_H$

## 2. Tension de Hall et mesure du champ magnétique

2.a) On considère 2 points M et N en vis-à-vis des faces 1 ( $x = -b/2$ ) et 2 ( $x = +b/2$ ). Calculer la différence de potentiel entre ces deux points  $U_H = V_N - V_M$  appelée tension de Hall.

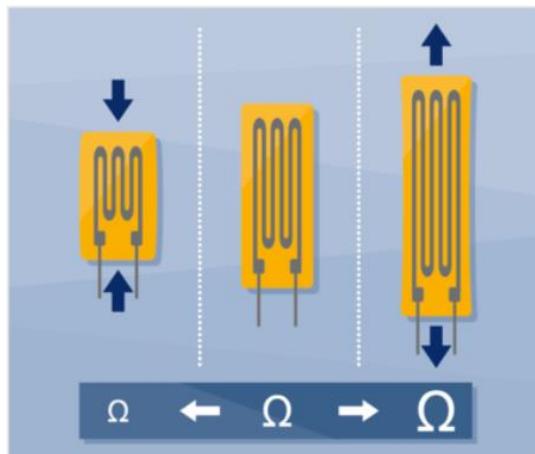
2.b) Montrer que  $U_H$  s'écrit  $U_H = \frac{C_H}{h} I \cdot B$  et exprimer la constante  $C_H$ . En quoi la mesure de cette tension de Hall peut-elle être utile ?

2.c) AN : Pour l'antimonure d'indium InSb,  $C_H = 375.10^{-12} \text{ A} \cdot \text{V}$ ,  $I = 0,1\text{A}$ ,  $h = 0,3\text{mm}$  et  $U_H = 88 \text{ mV}$ . Calculer la norme du champ B, ainsi que la densité volumique n en électrons par  $\text{m}^3$ .

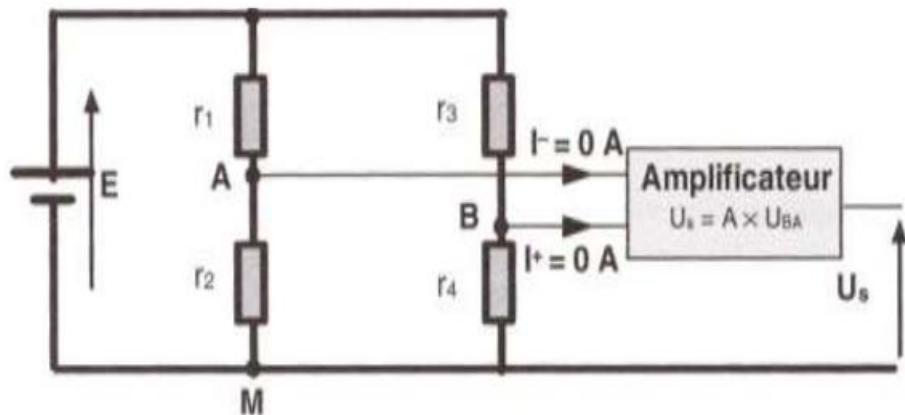
## EXO 2

### Capteur de force

Un capteur de force constitué de 4 jauge de contraintes collées sur une pièce métallique appelée corps d'épreuve. La résistance des jauge de contraintes varie sous l'effet de la déformation qui apparaît lorsque le corps d'épreuve est soumis à une force F.



Les jauge sont montées en pont de Wheatstone (figure ci-dessous).



En l'absence de forces, les 4 résistances sont identiques de valeur nominale  $R_0$ . En présence de forces, deux jauge sont en extension et voient leur résistance augmenter :  $r_1 = r_4 = R_0 + \Delta R$ . Les deux autres en compression, voient leur résistance diminuer :  $r_2 = r_3 = R_0 - \Delta R$ .

La variation  $\Delta R$  vérifie la relation :  $\Delta R / R_0 = k F$ .

- 1-) Exprimer  $U_{AM}$  en fonction de  $E$ ,  $R_0$  et  $\Delta R$ .
- 2-) Exprimer  $U_{BM}$  en fonction de  $E$ ,  $R_0$  et  $\Delta R$ .
- 3-) En déduire  $U_{BA}$ .
- 4-) Montrer que la tension  $U_s$  est proportionnelle à la force  $F$ .
- 5-) Lorsque l'on soumet le corps d'épreuve à une force  $F_0=1000$  N, on mesure  $U_{S0}=440$  mV. Exprimer  $k$  puis calculer sa valeur numérique. Calculer  $\Delta R$ .  
On donne :  $E=10$  V ;  $A=100$  ;  $R_0=350$   $\Omega$ .

### EXO 3

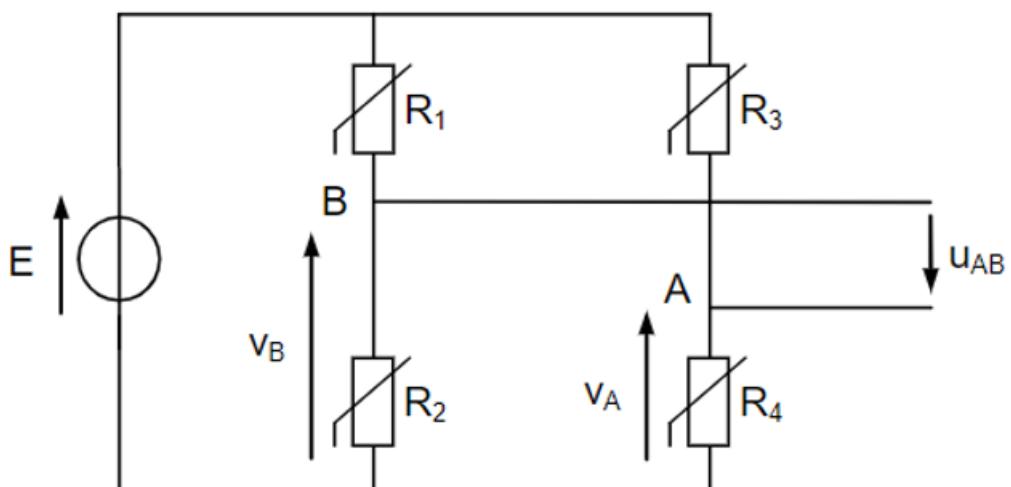
#### Capteur de couple

Un capteur de couple constitué de 4 jauge extensiométriques identiques est inséré sur l'arbre, entre le moteur et la charge à entraîner. Les paires de jauge  $J_1, J_2$  et  $J_3, J_4$  sont diamétralement opposées de telle sorte qu'une torsion proportionnelle au couple exercé sur l'arbre entraîne une variation symétrique de leurs résistances respectives.

$$R_1 = R_4 = R + \Delta R \text{ et } R_2 = R_3 = R - \Delta R.$$

$R$  est la résistance au repos ;  $\Delta R$  est la variation de résistance proportionnelle au couple à mesurer  $C_u$  selon la relation :  $\Delta R/R = k C_u$

Les quatres jauge sont interconnectées en pont de wheatstone, lequel est alimenté en continu sous la tension  $E = 24$  Volts.



- 1) Exprimer la tension  $V_A$  en fonction de  $E$ ,  $R_3$  et  $R_4$
- 2) En déduire l'expression de  $V_A$  en fonction de  $R$ ,  $\Delta R$  et  $E$ .
- 3) Exprimer la tension  $V_B$  en fonction de  $E$ ,  $R_1$  et  $R_2$
- 4) En déduire l'expression de  $V_B$  en fonction de  $R$ ,  $\Delta R$  et  $E$ .
- 5) Déterminer la tension de déséquilibre du pont  $u_{AB}$  en fonction de  $R$ ,  $\Delta R$  et  $E$ .
- 6) La tension  $u_{AB} = \alpha \cdot C_u$  ; donner l'expression de  $\alpha$  en fonction de  $k$  et  $E$ .
- 7) Lorsque le couplemètre mesure un couple  $C_u$  de 25 Nm, la variation de résistance des jauge est  $\Delta R = 0.35\Omega$  sachant que  $R=350\Omega$  calculer :
  - 7-1) la valeur de la tension  $V_A$
  - 7-2) la valeur de la tension  $V_B$
  - 7-3) la valeur de la tension  $u_{AB}$
  - 7-4) La valeur du coefficient  $\alpha$ .