

TD3- Capteur& Instrumentation

Les capteurs d'accélération peuvent être classés en fonction du *phénomène physique* auquel ils font appel et qui peut donner lieu soit à la mesure directe d'une force (capteur piézoélectrique, capteur à équilibre de couple ou de force), soit une mesure indirecte, par le biais du déplacement ou de la déformation d'un corps d'épreuve.

On peut aussi classer ces capteurs en se rapportant aux phénomènes qu'ils sont destinés à analyser. La *bande de fréquence* utile de ces phénomènes détermine alors le type de capteur compte tenu de la précision recherchée. (Asch et Coll-Chap11)

Exercice1 : Accéléromètre piézoélectrique

Un accéléromètre est constitué d'une masse sismique (m) en appui sur un anneau céramique piézoélectrique de raideur K . Les faces supérieure et inférieure de l'anneau sont métallisées et reliées à un amplificateur opérationnel idéal (voir figure1). On supposera que l'accéléromètre est équivalent à une source de courant dq/dt , où q est la charge qui apparaît sur les faces de la céramique, et d'impédance interne Z_a (source de Norton). On supposera également que q est proportionnel à $OM' = z$.

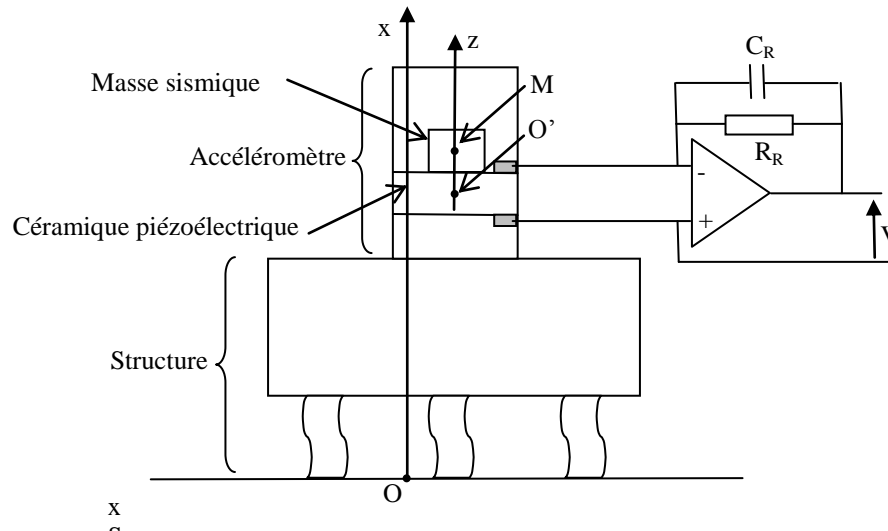


Figure 1 : Schéma de l'accéléromètre fixé à la structure, M est la position de la masse sismique à l'instant t , O' est la position d'équilibre de la masse m

Le centre de gravité de la masse, soit le point M, peut être repéré par rapport à O' , position d'équilibre (on note $O'M = z$), ou par rapport au sol (point O). O' est fixe par rapport au boîtier qui lui-même est fixé sur la structure. On cherche à mesurer l'accélération de la structure par rapport au sol. On notera d^2OO'/dt^2 cette accélération.

Lorsque le structure est en mouvement par à rapport au sol la masse sismique se déplace dans le boîtier. Elle est alors soumise notamment à une force de rappel F_1 vers la position d'équilibre O' (soit $F_1 = -k.O'M = -k.z$) et à une force de frottement fluide F_2 proportionnelle à sa vitesse dz/dt (soit $F_2 = -f.dz/dt$)

1. Ecrire l'équation donnant l'accélération d^2x/dt^2 de la structure par rapport au sol en fonction de z et de ses dérivées par rapport au temps.
2. On suppose que le mouvement de la structure est sinusoïdal ($x = x_0 \exp(j\omega)$). Rechercher la solution permanente de l'équation précédente. Montrer que l'accéléromètre est un passe-bas. Donner l'expression de la fréquence de coupure haute ω_0 .
3. Calculer la tension V sinusoïdal correspondant au mouvement $x = x_0 \exp(j\omega)$. Montrer que le montage électronique est un passe haut. Donner sa fréquence de coupure basse ω_c .
4. Calculer numériquement la bande passante du système de mesure de la figure1 sachant que $k = 10^8 \text{ N/m}$, $M = 50 \text{ g}$, $C_R = 200 \text{ pF}$ et $R_R = 109 \Omega$.

Le capteur à effet Hall est constitué par :

- La sonde, plaquette généralement semi-conductrice parcourue par un courant, aux bornes de laquelle est mesurée la tension Hall ;
- par l'aimant qui produit un champ d'induction B dont la valeur sur la sonde dépend de sa position : il en est donc de même de la tension.

L'intérêt de ce type de capteur est de permettre des mesures de position ou de déplacement à travers une paroi non ferromagnétique séparant la sonde de l'objet support de l'aimant.

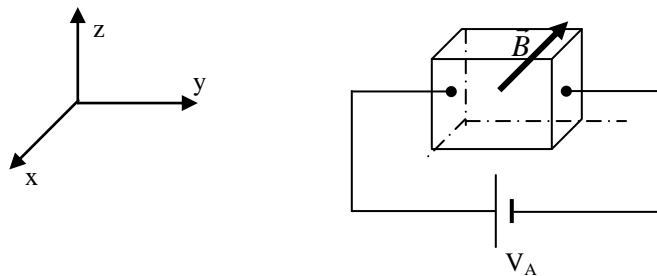
Exercice2 : Capteur de mobilité

On rappelle qu'une particule de charge q , animé d'une vitesse \vec{V} en présence d'un champ magnétique \vec{B} , subit une force \vec{F} , dite force de Laplace donnée par :

$$\vec{F}_L = q\vec{V} \wedge \vec{B}$$

On considère un cube de coté d en silicium de type N, contenant n électron par unité de volume. La mobilité des électrons μ et leur charge ($-q$) avec $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Une différence de potentiel V_A continue est appliquée au cube comme sur la figure :



1. Exprimer la densité du courant \vec{J} dans le cube en fonction q, n et \vec{V}
2. On rappelle que la loi d'Ohm locale s'écrit :

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Où \vec{E} est le champ électrique créé par V_A . σ est la conductivité électrique du cube. Exprimer σ en fonction de q, μ et n .

3. En plus de V_A , on applique aussi un champ magnétique \vec{B} suivant la direction $(-\vec{x})$. Représenter les vecteurs \vec{V} , \vec{B} et \vec{F}_L la force de Laplace qui s'applique aux électrons du cube

4. Les électrons sont donc déviés par \vec{F}_L vers la face supérieure du cube, où ils se recombinent, formant ainsi des charges négatives statiques sur la face supérieure. Puisque le cube est électriquement neutre, il se forme des charges, de signe contraire, sur la face inférieure et il apparaît dans le cube un champ électrostatique \vec{E}_H ; La force de Coulomb correspondante appliquée aux électrons est donc :

$$\vec{F}_E = -q\vec{E}_H$$

A l'équilibre ; que l'on considère réalisé, les modules des forces $\|\vec{F}_L\|$ et $\|\vec{F}_E\|$ s'égalisent

4.1. Représenter les vecteurs \vec{E}_H , \vec{F}_E et \vec{F}_L dans le repère (x,y,z).

4.2. Exprimer la tension électrostatique V_H en fonction de $\|\vec{E}_H\|$ et d.

4.3. A l'équilibre, exprimer V_H en fonction de q, n, d, $\|\vec{B}\|$ et I.

5. Le cube de côté $d = 2\text{mm}$ est parcouru par un courant $I = 50\text{mA}$. On a $\|\vec{B}\| = 0,2\text{T}$ et on mesure $V_H = 54\text{mV}$. Par ailleurs le silicium présente une résistivité $\rho = 1/\sigma = 4\Omega\text{cm}$. Calculer n et μ à l'aide de ces valeurs.