DM de physique n° 16

Exercice : Utilisation d'un matériau piézoélectrique en capteur de forces

Les matériaux piézoélectriques ont la capacité de voir apparaître une différence de potentiel entre leurs faces lorsqu'on exerce sur elles une contrainte (effet direct) mais également de pouvoir se déformer sous l'action d'une différence de potentiel imposée (effet inverse), ce qui en fait des matériaux très intéressants sur le plan des applications. On propose ici d'étudier une application en tant que capteur de force. Les montages ci-après utilisent des amplificateurs linéaires intégrés (ALI) supposés idéaux et fonctionnant en régime linéaire.

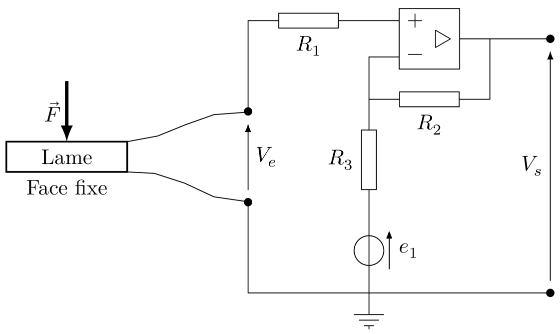

Figure 1

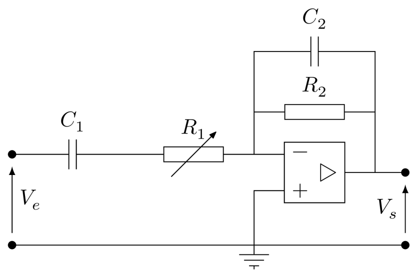

Figure 2

A - Mesure de l'intensité d'une force s'exerçant sur une lame piézoélectrique

On suppose qu'une force $\vec{F}$ régulièrement répartie est exercée sur la face de la lame, celle-ci entraînant l'apparition d'une tension V_e à ses bornes et de deux charges opposées $+q$ et $-q$ sur les faces de la lame. La charge q est liée à V_e ainsi qu'à la force $\vec{F}$ exercée de sorte que $q = CV_e = KF$ où C, K et F représentent respectivement une capacité, une constante de proportionnalité et l'intensité de la force $\vec{F}$.

1. Après avoir rappelé le modèle de l'amplificateur linéaire intégré idéal, exprimer la tension V_e en fonction de e_1 , V_s et des différentes résistances (figure 1).

Application numérique

2. On donne : $R_1 = 10\,\text{k}\Omega$, $R_2 = 6{,}5\,\text{k}\Omega$, $R_3 = 1{,}0\,\text{k}\Omega$ et $e_1 = 100\,\text{mV}$. On mesure $V_s = 6{,}50\,\text{V}$, en déduire V_e.

3. Sachant que $C = 8{,}0 \cdot 10^{-13}\,\text{F}$ et que $K = 1{,}0 \cdot 10^{-12}\,\text{C} \cdot \text{N}^{-1}$, déterminer l'intensité de la force $\vec{F}$ s'exerçant sur la lame.

B - Mesure de la fréquence d'une force excitatrice sinusoïdale s'exerçant sur une lame

On considère que la lame est soumise à une action mécanique variant sinusoïdalement dans le temps à la fréquence f, fréquence que l'on se propose de déterminer à l'aide du montage de la figure 2.
On ajuste la résistance R_1 de manière à ce que les signaux d'entrée et de sortie soient en opposition de phase.

4. Déterminer la fréquence de la contrainte s'exerçant sur la lame. Calculer sa valeur numérique sachant que $R_2 = 1{,}0 \cdot 10^2\,\text{k}\Omega$, $C_1 = 50\,\text{nF}$, $C_2 = 5{,}0\,\text{nF}$ et qu'il a fallu régler R_1 à $10\,\text{k}\Omega$ de manière à ce que les deux signaux soient en opposition de phase.