Final MC51 – P2016

**Exercice 1 :**

Soit un capteur de déplacement (représenté figure 8.1) constitutué par un condensateur plan dont l'épaisseur x varie de $\Delta x$ autour de son épaisseur au repos $e=1\,mm$. La surface des armatures de ce condensateur est S. On suppose que le milieu dans lequel se trouve le capteur est l'air assimilé au vide de permittivité électrique $\varepsilon_0$.

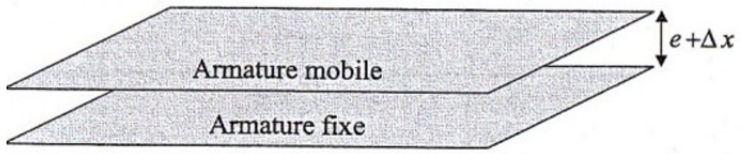
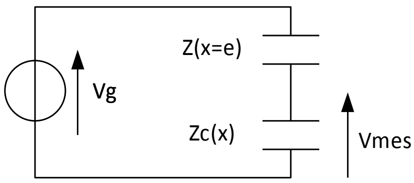


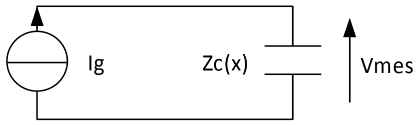

**Figure 8.1** Schéma de principe du capteur

1. Donner l'expression de $Z_c(x)$ en régime permanent sinusoïdal à la pulsation $\omega$ en fonction de x, S, $\varepsilon_0$ et $\omega$.
2. Le capteur est monté en série avec un condensateur réglable, d'impédance Z, dont la valeur sera fixée à celle du capteur au repos, c'est-à-dire pour $\Delta x=0$. Le dipôle ainsi constitué est alimenté à la pulsation $\omega$, par un générateur de tension de f.e.m d'amplitude Vg et d'impédance interne nulle.




   - Donner l'expression de la tension de mesure Vmes prise aux bornes de $Z_c(x)$ en fonction de $\Delta x, e$ et $V_g$.
3. En considérant un fonctionnement en petits signaux tel que $\Delta x \ll e$ (développement limité d'ordre 1),
   - Donner l'approximation linéaire $V_{mes,lin}$ de $V_{mes}$.
   - Donner l'expression de $\Delta V_{mes,lin}$, variation de la tension de mesure par rapport à sa valeur de repos.
4. 
   4.1. Quelle est la sensibilité S de la mesure ?

   4.2. Quelle est la sensibilité réduite $S_r=\frac{S}{V_g}$ de la mesure (expression et application numérique)?
5. Conclure quant au dimensionnement du capteur pour avoir une bonne sensibilité et en déduire le domaine d'application de ce type de capteur de déplacement.
6. On alimente le capteur par une source de courant parfaite, sinusoïdale, d'amplitude Ig et de pulsation $\omega$.




- Donner l'expression de la tension de mesure $V_{mes}$ prise aux bornes du capteur et de sa variation $\Delta V_{mes}$ par rapport à sa valeur à la position de repos en fonction de $\Delta x$ , S, $\varepsilon_0$ , $\omega$ et Ig .

7. On utilise maintenant le même principe de capteur mais en fonctionnement push-pull comme schématisé figure 8.2.

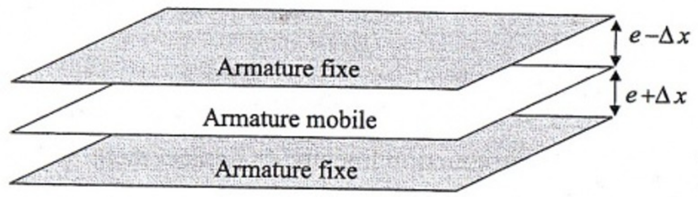
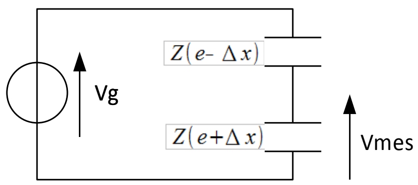



**Figure 8.2** Principe du capteur en mode push-pull

L'ensemble est alimenté à la pulsation $\omega$ , par une source de tension sinusoïdale d'amplitude Vg et d'impédance interne nulle.




- Donner l'expression de la tension de mesure $V_{mes}$ prise aux bornes de $Z_c(x)$ , puis de sa variation $\Delta V_{mes}$ en fonction de $\Delta x, e$ et Vg.
- Quelle est la sensibilité réduite Sr de la mesure ?

**<u>Rappel :</u>**

La capacité électrique d'un condensateur se détermine essentiellement en fonction de la géométrie des armatures et de la nature du ou des isolants ; la formule simplifiée suivante est souvent utilisée pour estimer sa valeur :

avec $S$ : surface des armatures en regard, $e$ distance entre les armatures et $\varepsilon$ la permittivité du diélectrique.

Final MC51 – P2016

**Exercice n°2**

On considère le pont de la figure 15.1 où les quatre résistances sont des jauges d'extensomètre à trame pelliculaire collée sur une structure porteuse.

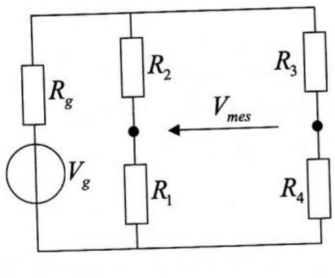



**Figure 15.1** Montage en pont

1 Donner l'expression de $V_{mes}$ en fonction de $V_g$, $R_1$, $R_2$, $R_3$ et $R_4$. On supposera que la résistance interne de la source de tension est totalement négligeable.

2 En l'absence de déformation de la structure sur laquelle les jauges sont collées, les quatre jauges présentent une résistance $R_O=120\Omega$. Donner l'expression et calculer dans ce cas les valeurs, notées $V_{mes0}$, de la tension de mesure.

3 Selon la façon dont elles sont collées sur la structure, chaque jauge enregistre une déformation $\pm\varepsilon$ lorsque la structure porteuse est soumise à une contrainte. La convention choisie est la suivante $\Delta R_1=\Delta R_3=\Delta R$ et $\Delta R_2=\Delta R_4=-\Delta R$

3.1 Donner les expressions de $R_1$, $R_2$, $R_3$ et $R_4$ en fonction de $R_0$ et de $\Delta R$, variation des résistances Ri par rapport à la valeur de référence $R_0$ provoquée par les déformations $\pm\varepsilon$.

3.2 On note K le facteur de Jauge. Établir que les expressions de $R_1$, $R_2$, $R_3$ et $R_4$ en fonction de K et $\pm\varepsilon$ vérifient $R_1=R_3=(1+K.\varepsilon).R_O$ et $R_2=R_4=(1-K.\varepsilon).R_O$.

4 Établir l'expression de l'évolution de $\Delta Vmes=\frac{\Delta R}{Ro}.Vg$ de $V_{mes}$ par rapport à $V_{mes0}$ due aux déformations.

5 On change une des jauges défectueuses, ce sera $R_4$ (les autres étant inchangées). Malheureusement, celle-ci présente une résistance au repos non plus égale à $R_0$ mais à $R_0$+r, son facteur de jauge restant égal à K. Établir l'expression de la nouvelle valeur de la tension de mesure (au repos) que l'on notera $u_O=\frac{-\alpha}{2.(2+\alpha)}Vg$. Pour alléger l'écriture, on pose $r=\alpha.R_0$.

6 La structure porteuse subit de nouveau une contrainte entraînant une déformation des jauges. En posant $k=K.\varepsilon$, Etablir la nouvelle expression notée

$V'_{mes}=\frac{4.\mathrm{k}-\alpha.(1-k)^2}{2.(2+\alpha.(1-k))}.Vg$ en fonction de k, a et $V_g$.

7 Le résultat peut se mettre sous la forme de la somme de l'expression de la tension $V_{mes}$ de la question 4, de $u_0$ et d'un troisième terme, noté $A=\frac{k.\alpha}{2}\frac{k.(2+\alpha)-\alpha}{(2+\alpha)(2+\alpha(1-k))}Vg$ fonction de k, a et $V_g$. a et k étant faibles, donner l'expression approchée **a** de A.

8 Donner l'expression de l'erreur relative $\delta V=V'_{mes}-V_{mes}$ commise sur la mesure.

9 Identifier les deux termes constituant l'erreur précédente. Pour $r=10^{-2}.R_0, V_g=5V, et\, \Delta R=10^{-3}.R$ , calculer numériquement les trois termes de $V'_{mes}$ et conclure quant à la corrélation à apporter.