

### Cours 3 conditionneurs de capteurs passifs et actifs

dans une chaîne de mesure d'instrumentation, le conditionneur intervient entre le capteur et l'interface. il met en forme le signal mesuré pour le traduire en une grandeur permettant le traitement. le type de conditionneur est lié directement à la nature du capteur, nous avons donc : les conditionneurs de capteurs passifs et les conditionneurs des capteurs actifs.

#### **I) conditionneur de capteurs passifs**

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif liées aux évolutions d'un mesurande  $m$  ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur une source de tension  $e_s$  ou de courant  $i_s$  et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur. On peut distinguer deux groupes principaux de conditionneurs selon qu'ils transfèrent l'information liée aux variations d'impédance du capteur, soit sur l'amplitude du signal de mesure :

$$v_m = e_s \cdot F(Z_k, Z_c)$$

c'est le cas des montages potentiométriques et des ponts, soit sur la fréquence du signal de mesure :

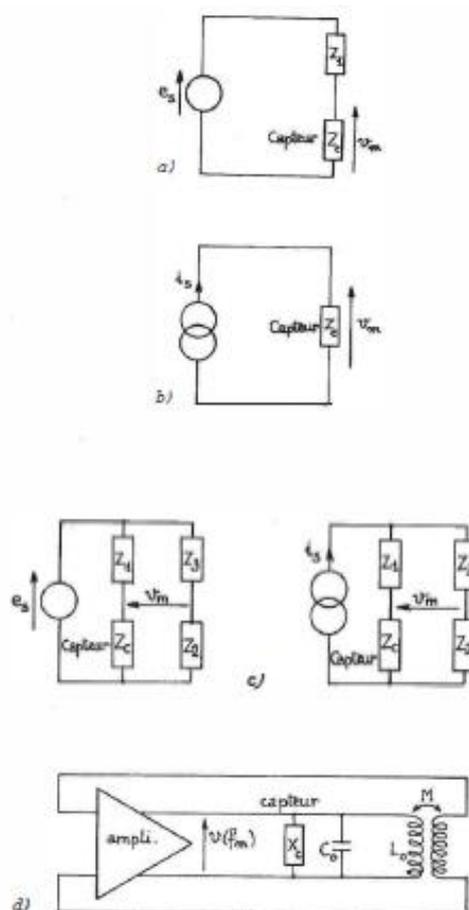
$$f_m = G(Z_k, Z_c)$$

il s'agit alors d'oscillateurs.

Le montage potentiométriques (a) présente l'intérêt de la simplicité mais son inconvénient majeur est sa sensibilité aux parasites ; l'alimentation par source de courant (b) peut être considérée comme un cas limite ( $Z_1 \gg Z_c$ ) du montage potentiométrique dont elle améliore la protection vis à vis des parasites. Le pont (c) qui est un double potentiomètre permet une mesure différentielle réduisant de façon importante l'influence des parasites.

Lorsqu'avec ces conditionneurs on utilise une source de tension es sinusoïdale, le signal de mesure résulte d'une modulation d'amplitude de es par les variations de Zc. Il faut alors, pour retrouver l'information démoduler puis filtrer le signal de mesure et pour que cette opération soit facilement réalisable la fréquence de la source doit être très supérieure, de l'ordre de 5 fois au moins, à la fréquence maximale des variations du mesurande. D'autre part, une fréquence de source relativement élevée rend non négligeable l'impédance des capacités et inductances parasites dont il faut alors tenir compte dans la mesure. C'est pourquoi, lorsque le capteur et le conditionneur sont purement résistifs on utilise de préférence une source de courant ou tension continue puisqu'alors aucune démodulation n'est nécessaire et que les réactances parasites ne jouent plus aucun rôle. Il faut cependant dans ce cas veiller à ce que le circuit ne soit le siège d'aucune force électromotrice thermoélectrique et que ses composants ne présentent aucune dérive.

Les oscillateurs utilisés en conditionneurs peuvent être de type sinusoïdal (d) ou de relaxation ils délivrent un signal dont la fréquence est modulée par l'information ce qui lui assure une bonne protection contre les parasites, en particulier dans le cas de télémessures. En outre la conversion de l'information sous forme numérique est facilitée puisqu'il suffit de faire un comptage de périodes.



## I.1. Sensibilité et linéarité

À la variation  $\Delta m$  du mesurande correspond une variation  $\Delta Z_c$  de l'impédance du capteur qui selon le type de conditionneur entraîne soit une variation de l'amplitude de la tension de mesure soit de sa fréquence. La sensibilité globale  $S_a$  de l'association du conditionneur et du capteur est :

➤ dans le premier cas :  $S_a = \frac{\Delta v_m}{\Delta m}$  soit  $S_a = \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c} \cdot \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$ ,

➤ dans le second cas :  $S_a = \frac{\Delta f_m}{\Delta m}$  soit  $S_a = \frac{\Delta f_m}{\Delta Z_c} \cdot \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$ .

La sensibilité propre du conditionneur est, selon le cas :  $\frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c}$  ou  $\frac{\Delta f_m}{\Delta Z_c}$

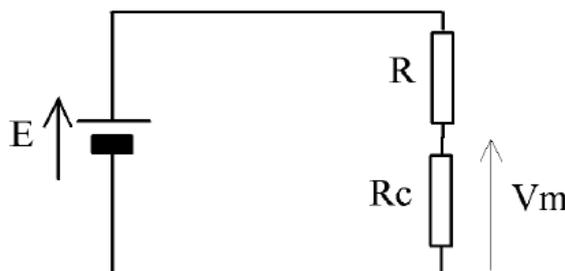
alors que la sensibilité du capteur est :  $S = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$ .

Afin d'obtenir une sensibilité propre du conditionneur qui soit importante, il y a lieu de choisir les valeurs des impédances  $z_k$  en conséquence.

Le conditionneur est linéaire si sa sensibilité propre est indépendante de  $Z_c$  ; l'association d'un conditionneur linéaire et d'un capteur linéaire délivre un signal de mesure proportionnel aux variations du mesurande. Si le conditionneur n'est pas linéaire, il peut être linéarisé en remplaçant l'un des composants fixes par un second capteur (fonctionnement push-pull).

## I.2. Montage potentiométrique

Le montage est donné par la figure



La relation donnant la tension de sortie  $V_m$  en fonction de la résistance du capteur n'est pas une relation linéaire. Pour des faibles variations de  $\Delta R_c$  par rapport à  $R_c$ , le calcul suivant montre que cette relation est linéaire.

$$V_m = E \frac{R_c}{R + R_c}$$

$$V_m + \Delta V_m = E \frac{R_c + \Delta R_c}{R + R_c + \Delta R_c} = E \frac{R_c + \Delta R_c}{R + R_c} \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{R + R_c}}$$

Si  $\Delta R_c \ll R + \Delta R_c$ , l'expression précédente se simplifie en :

$$V_m + \Delta V_m = E \frac{R_c + \Delta R_c}{R + R_c} \left( 1 - \frac{\Delta R_c}{R + R_c} \right)$$

$$\Delta V_m = E \frac{(R + R_c)\Delta R_c - R_c \Delta R_c}{(R + R_c)^2} = E \frac{R \cdot \Delta R_c}{(R + R_c)^2}$$

La sensibilité est maximale lorsque  $R = \Delta R_c$  ce qui donne :  $\Delta V_m = E \frac{\Delta R_c}{4R}$

Ce montage donne une évolution linéaire de  $\Delta V_m$  en fonction de  $\Delta R_c/R$  mais il présente les inconvénients suivants:

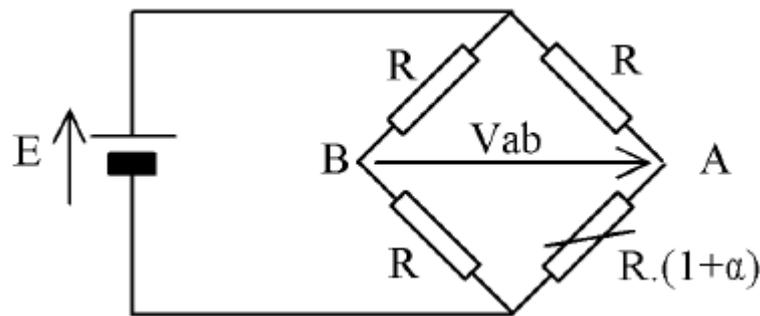
- faible variation de la tension de sortie pour une variation  $\Delta R_c$  donnée,
- existence d'une tension de repos non nulle,
- sensibilité de  $V_m$  par rapport à l'alimentation  $E$ .

Ce dernier point est critique. Il faut bien voir que dans beaucoup de systèmes d'instrumentation la liaison entre le capteur et l'amplificateur d'instrumentation est sujette aux bruits électromagnétiques. Nous reverrons ce point à propos de l'amplificateur d'instrumentation.

Avec les montages en pont décrit dans le paragraphe suivant, cette sensibilité par rapport aux bruits électromagnétiques est fortement réduite puisque l'amplificateur placé en sortie du pont, calcule la différence entre les deux tensions de sortie.

### I.3. Montage en pont de Wheatstone avec un élément sensible

Le montage est présenté sur la Figure. L'élément sensible (qui remplace  $R_c$ ) délivre une variation de résistance en fonction de la grandeur à mesurer.



A l'équilibre du pont la tension  $V_{ab}$  est nulle.

$$\Delta V_m = V_a - V_b = E \frac{R(1+\alpha)}{R(2+\alpha)} - \frac{E}{2} = \frac{E(1+\alpha)}{2 \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)} - \frac{E}{2} = \frac{E}{4} \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha}{2}}$$

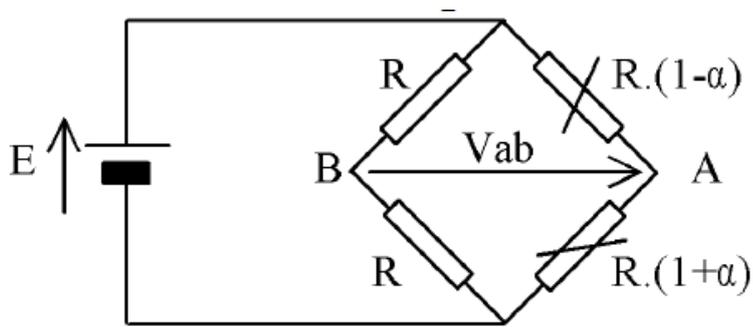
Cette expression montre que l'évolution de  $\Delta V_m$  en fonction de  $\alpha$  n'est pas linéaire. Dans le cas où  $\Delta R/R = \alpha$  est faible: l'expression se simplifie en :

$$\Delta V_m = E \frac{\alpha}{4}$$

### I.4. Montage en pont à deux éléments sensibles

Quand on associe deux éléments sensibles selon la Figure de dessous, l'évolution de  $V_{ab}$  en fonction de  $\alpha$  est linéaire. On obtient :

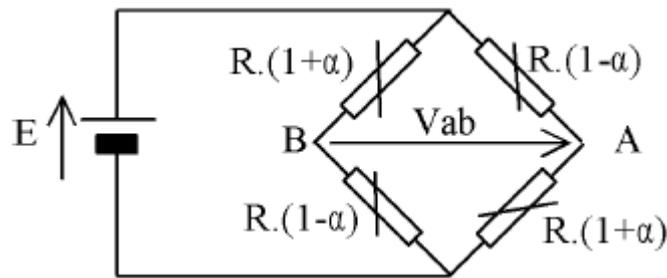
$$\Delta V_m = E \frac{\alpha}{2}$$



Une variante de ce montage consiste à utiliser deux éléments sensibles donnant  $R(1+a)$  sur une diagonale.

### I.5. Montage en pont complet

Le montage de la Figure délivre la tension :  $\Delta V_m = E\alpha$ . Ce montage, comparé aux précédents, est préférable puisqu'il délivre une tension plus importante.



### Références:

1. George asch et coll; les capteurs en instrumentation industrielle
2. P.Poulichet; conditionnement du signal du capteur