Conditionneurs des capteurs passifs

Le choix d'un conditionneur est une étape importante dans la réalisation d'un ensemble de mesure. C'est, en effet, l'association capteur + conditionneur qui détermine le signal électrique. De la constitution du conditionneur dépend un certain nombre de performances de l'ensemble de mesure : sa sensibilité, sa linéarité, son insensibilité à certaines grandeurs d'influence…

Les types de conditionneurs les plus généralement utilisés sont :

- Le montage potentiométrique qui est l'association en série d'une source, du capteur et d'une impédance qui peut être ou non du même type. C'est un montage simple, dont l'inconvénient majeur est sa sensibilité aux parasites.

- Le pont d'impédances dont l'équilibre permet la détermination de l'impédance du capteur et/ou dont le déséquilibre est une mesure de la variation de cette impédance. C'est donc un double potentiomètre. Le caractère différentiel de la mesure permet de réduire de façon importante l'influence des parasites.

- Le circuit oscillant où est inclus l'impédance du capteur qui en fixe la fréquence.

- L'amplificateur opérationnel dont le gain sera déterminé par l'impédance du capteur.

1. Montage potentiométrique
A/ Cas des résistances
On utilise un simple pont diviseur alimenté par une source de tension continue Ve.
L'impédance interne de la source (Rs) et l'impédance de l'appareil de mesure (Rd) doivent
être prises en compte. Le capteur est modélisé par la résistance Rc.

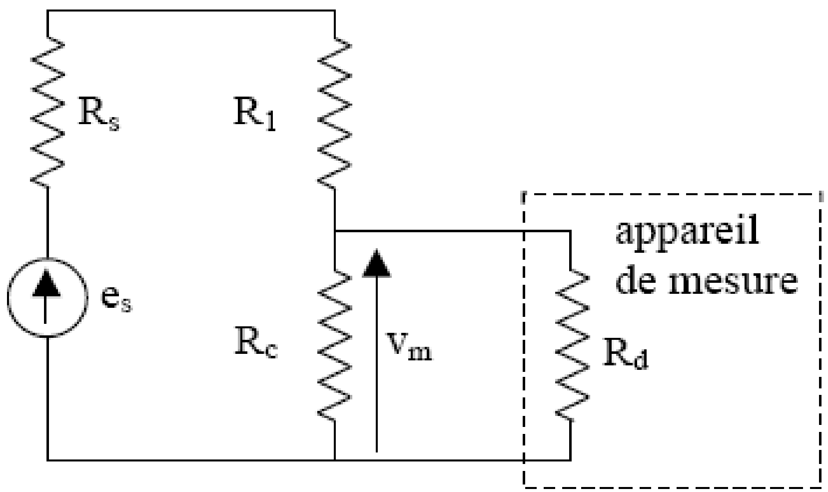

Figure 1 : modèle du montage potentiométrique

En négligeant Rs et Rd, on obtient :

$$V_m = \frac{Rc}{Rc + R1} Ve$$

La relation qui lie la tension de sortie (Vm) au paramètre image du mesurande (Rc) n'est pas linéaire. La sensibilité du montage n'est donc pas constante. On peut néanmoins
faire une étude en petites variations du mesurande (étude petit signaux). Ainsi si l'on se place aux petites variations ΔR < Rc + R1 :

Alors on obtient :

$$\mathrm{Rc} \longrightarrow \mathrm{Rco} + \Delta\mathrm{R}$$

$$\mathrm{Vm} \longrightarrow \mathrm{Vmo} + \Delta\mathrm{Vm}$$

$$\Delta\mathrm{Vm} = \mathrm{Ve}\frac{(\mathrm{R1})\Delta\mathrm{R}}{(\mathrm{R1}+\mathrm{Rco})^2}$$

C'est une relation linéaire d'où on peut directement extraire la sensibilité du capteur ΔVm/ ΔRc . Cette sensibilité est maximum pour R1=Rco soit :

Remarque : Cas d’une alimentation en courant :

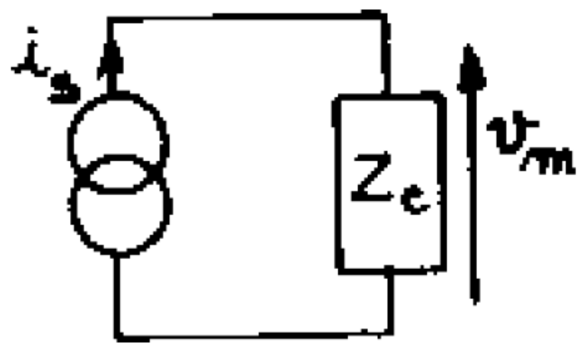

Figure 2 : Capteur alimenté en courant

L’utilisation d’une source de courant I rend le montage directement linéaire si l’on néglige l’impédance interne de la source, c’est à dire :

$$\Delta Vm = I.\Delta Rc$$

B/ Cas des impédances complexes (Zc)

Le capteur est capacitif (détecteur de niveau par exemple) ou inductif (détecteur de position). On utilise alors une source d'alimentation sinusoïdale associée à pont diviseur.

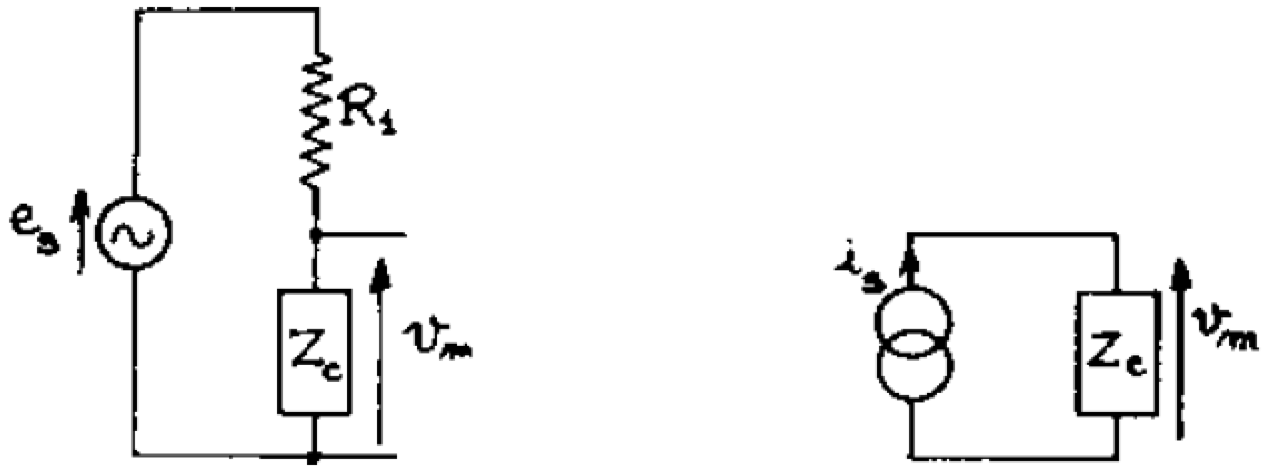

Figure 3 : Montage en pont dans le cas d'impédances complexes

En supposant $R1 < |Zc|$ on obtient aux petites variations :

$$\Delta Vm = \frac{Ve}{R1} \Delta Zc$$

De même en utilisant une source de courant I : $\Delta Vm = I.\Delta Zc$

2. Montage en pont

L'utilisation d'un montage potentiométrique présente le défaut d'avoir en sortie la présence d'une tension continu, et ceci en l'absence de variations du mesurande. L'emploi
d'un montage en pont présente l'avantage de s'affranchir de cette tension continue.

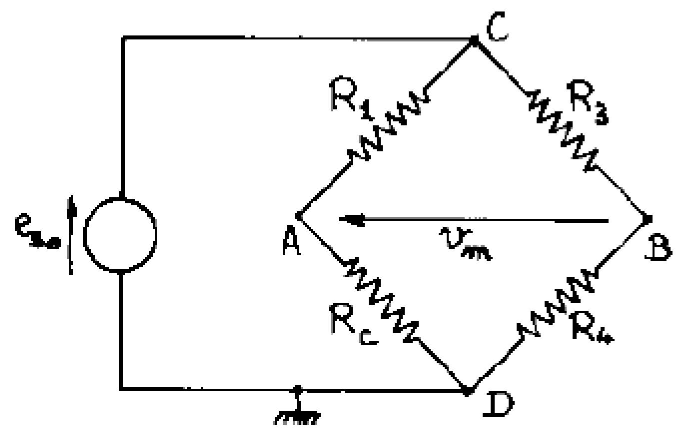

Figure 4 : montage en pont

Calcul des potentiels :

$$\underline{\text{En A :}}\ V_A = \frac{R_C}{R_C + R_1} E \qquad \underline{\text{En B :}}\ V_B = \frac{R_4}{R_4 + R_3} E$$

On obtient une tension de mesure encore appelée tension déséquilibre du pont :

$$V_m = V_A - V_B = \frac{R_c R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_C)(R_4 + R_3)} E$$

Si on veut une tension nulle en l'absence d'évolution du mesurande (cas stable Rc=Rco), on trouve la condition d'équilibre d'un pont de Wheastone :

RCR3 = R1R4

A\ Cas Rc=R1=R2=R3=R :

cela correspond à une ***sensibilité maximum pour le cas du diviseur*** potentiométrique, et l'on suppose que le mesurande évolue autour d'une valeur Rco : RC Rco R = + Δ , avec Rco=R.

On obtient alors pour : $$V_m = \frac{E}{4} \frac{\Delta R / R}{(1 + \Delta R / 2R)}$$

On peut alors tracer l’évolution de la tension de déséquilibre en fonction du rapport ΔR /R :

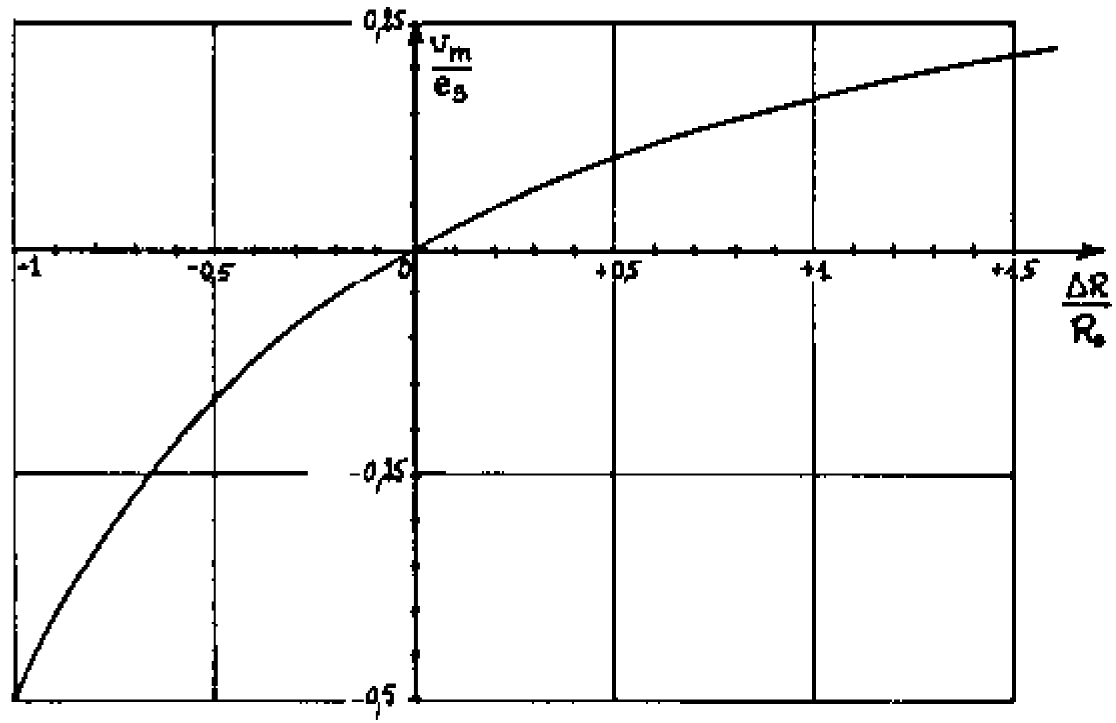

Figure 5: Valeur de la tension de décalage du pont de Wheatstone

B\ Calcul pour de très faibles variations de Rc :

En faisant une étude autour du voisinage de zéro (ΔR /R <<1), on peut linéariser la relation entre Vm et ΔR :

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

On obtient ainsi une mesure avec une sensibilité constante autour du point d'équilibre.

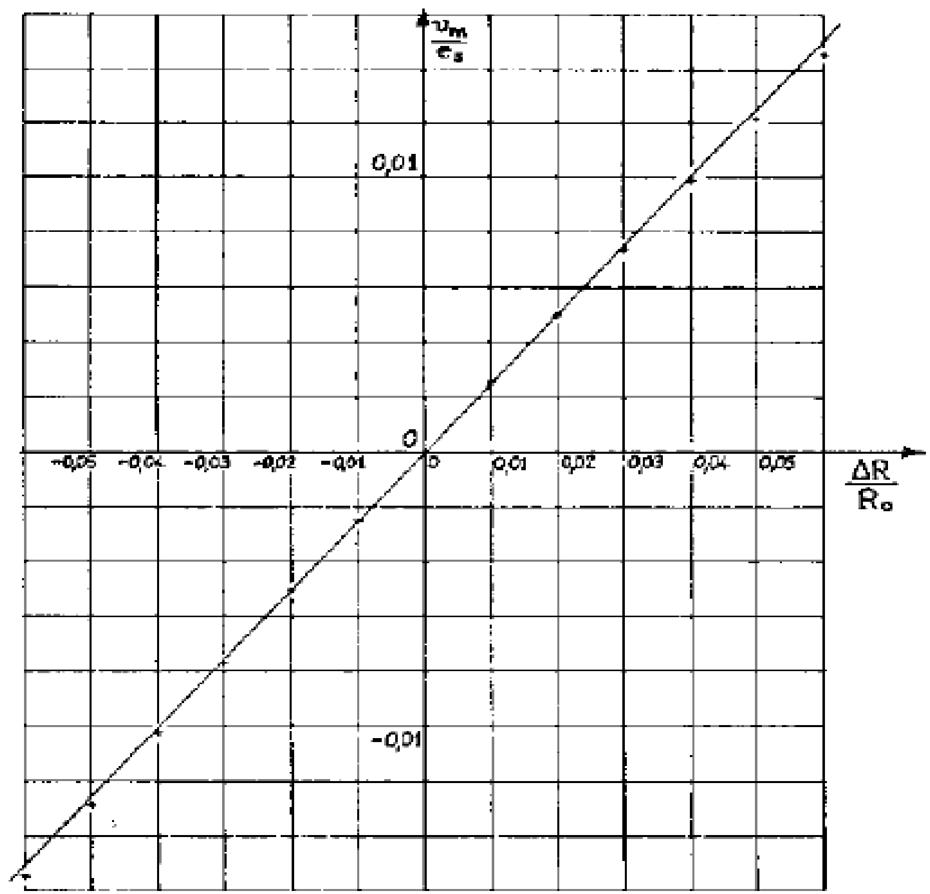

Figure 6 : Evolution de la tension de déséquilibre du pont pour de très faibles variations de Rc

3. Montage oscillant

Un circuit oscillant (LC) présente une fréquence de résonance Fo telle que : $Fo = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Si on insère un capteur capacitif ou inductif dans un tel circuit, ses variations entraîneront une variation Δf de la fréquence d'oscillation du circuit. En supposant des petites variations on obtient une évolution :

$$\frac{\Delta F}{Fo} = -\frac{\Delta L}{2Lo} \quad \text{ou} \quad \frac{\Delta F}{Fo} = -\frac{\Delta C}{2Co}$$

Dans le cas d'un capteur capacitif, on peut utiliser un oscillateur à relaxation :

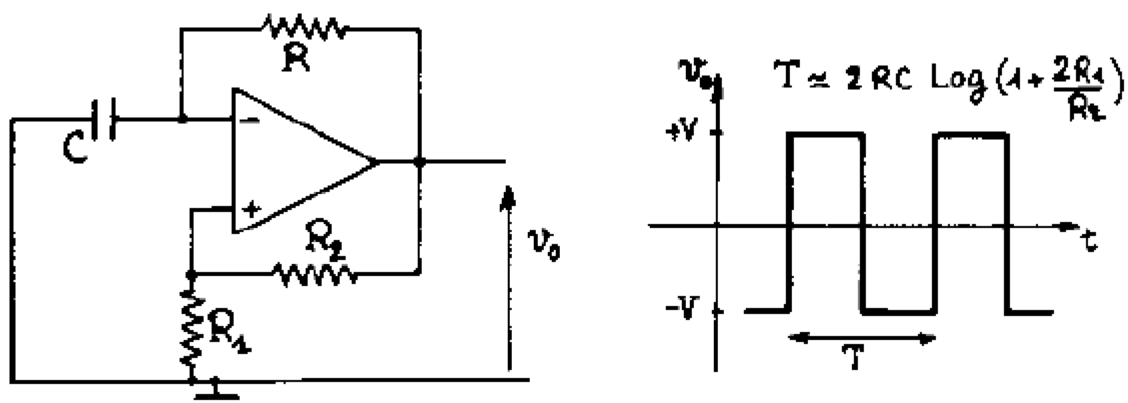

Figure 7 : Schéma électrique d'un montage astable à circuit R-C.

La période des oscillations est directement reliée à la valeur de la capacité par la relation :

$$T = 2RC\log(1 + \frac{2R1}{R2})$$