3. CONDITIONNEURS DES CAPTEURS PASSIFS

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, c'est le cas des montages potentiométriques et des ponts,
- soit sur la fréquence du signal de mesure, il s'agit alors d'oscillateurs.

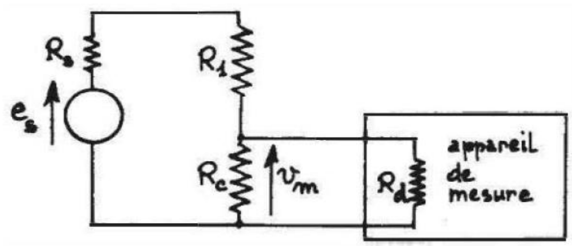
3.1. Montage potentiométrique

3.1.1. Mesure des résistances

R_c est la résistance du capteur qui est fonction du mesurande m (Température, pression, etc.).
R_d est la résistance d'entrée du circuit de mesure.

$$v_m = e_s \cdot \frac{R_c}{R_c + R_1 + R_s}.$$

Pour : $R_d >> R_c$
v_m est une fonction non linéaire de R_c.



Linéarisation de la mesure

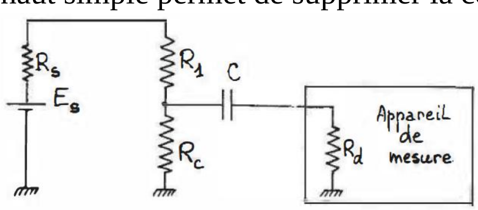
On souhaite que la variation Δv_m de la tension mesurée soit proportionnelle à la variation ΔR_c de la résistance du capteur.

- Première solution : fonctionnement en « petits signaux » :
  $\Delta R_c << R_{co} + R_1 + R_s$.
  La sensibilité du conditionneur $\Delta v_m / \Delta R_c$ est maximale si l'on choisit $R_s + R_1 = R_{co}$.
- Seconde solution : alimentation par source de courant. $\Delta v_m = i_s \cdot \Delta R_c.$
- Troisième solution : montage push-pull. On remplace la résistance fixe R_1 par un second capteur, identique au premier, mais dont les variations sont de signe contraire : $R_1 = R_{co} - \Delta R_c$.

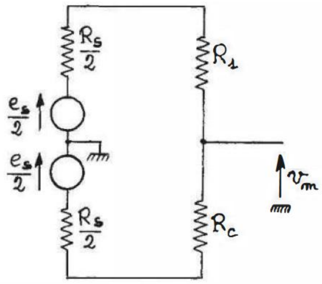
Élimination de la composante continue de la tension de mesure

L'un des inconvénients de la méthode potentiométrique est que la variation de tension Δv_m qui porte l'information *m* est superposée à une tension v_{mo} qui lui est en général de beaucoup supérieure.

- Dans le cas de phénomènes dynamiques où les variations du mesurande sont alternatives, un filtre passe-haut simple permet de supprimer la composante continue.



- L'alimentation symétrique impose aux deux extrémités du potentiomètre des tensions égales et opposées par rapport à la masse.



$$v_m = \frac{e_s}{4} \cdot \frac{\Delta R_c}{R_{c0}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{2R_{c0}}}$$

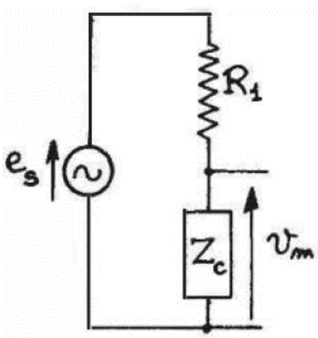
$R_s << R_{c0}$

- **Utilisation du pont.**

3.1.2. Mesure des impédances

Il s'agit dans ce cas, soit de capteurs inductifs, de position ou déplacement par exemple, soit de capteurs capacitifs, de niveau, ou de proximité entre autres.

- 1^{er} cas : $Z_1=R_1$ est une résistance



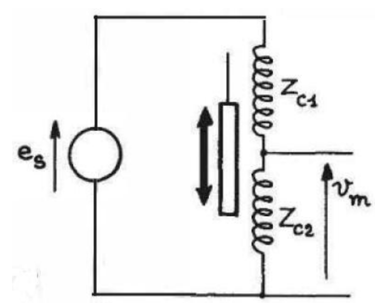
$$\Delta v_m = e_s \frac{R_1 \cdot \Delta Z_c}{(Z_{co} + R_1)^2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta Z_c}{Z_{co} + R_1}}$$

$$\Delta v_m = \frac{e_s}{R_1} \cdot \Delta Z_c \quad \text{pour} \quad \boxed{R_1 \gg |Z_{co}|}$$

- $2^{ème}$ cas : Z1 et Zc sont identiques mais varient en sens opposé sous l'influence de mesurande m.

$$\Delta v_m = \frac{e_s}{4} \cdot \frac{\Delta Z_c - \Delta Z_1}{Z_{co}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta Z_1 + \Delta Z_c}{2Z_{co}}}$$

Pour : $\Delta Z_1 = -\Delta Z_C \rightarrow \Delta v_m = \frac{e_s}{2Z_{C0}} \Delta Z_C$



Capteur de déplacement fonctionnant en push pull.

3.2. Les ponts

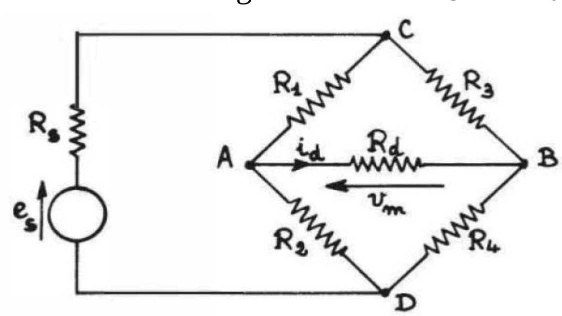
L'intérêt des ponts résulte précisément de la nature différentielle de la mesure qui la rend moins sensible aux bruits et dérives de la source.

3.2.1. Mesure des résistances - pont de Wheatstone

On choisit très souvent les résistances pour qu'à l'équilibre elles soient toutes égales : $R_1=R_2=R_3=R_4=R_0$.

Pour : $R_d \gg R_1,\ R_2,\ R_3,\ R_4$

$$v_m = e_s \cdot \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$



A l'équilibre : $v_m = v_{m0} = 0$.
Au déséquilibre et en considérant seule la résistance R_2 est variable ($R_2 = R_0 + \Delta R_2$), on a :

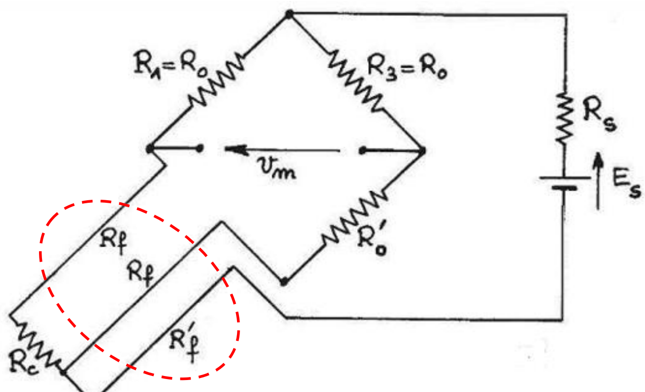
$$v_m = \frac{e_s}{4} \cdot \frac{\Delta R_2}{R_0} \cdot \frac{1}{1 + \dfrac{\Delta R_2}{2R_0}}.$$

La tension v_m est linéaire si $\Delta R_2 << 2R_0$, c'est-à-dire en fonctionnement petits signaux.

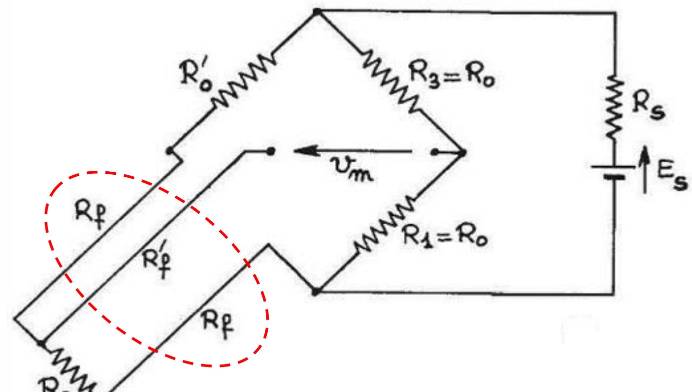
Élimination des perturbations dues aux fils de liaison

Lorsque le capteur est situé à distance importante des autres résistances du pont, il s'y trouve relié par deux fils dont les résistances R_f peuvent n'être pas négligeables par rapport à celle, R_C du capteur.

- **Montage dit à trois fils**



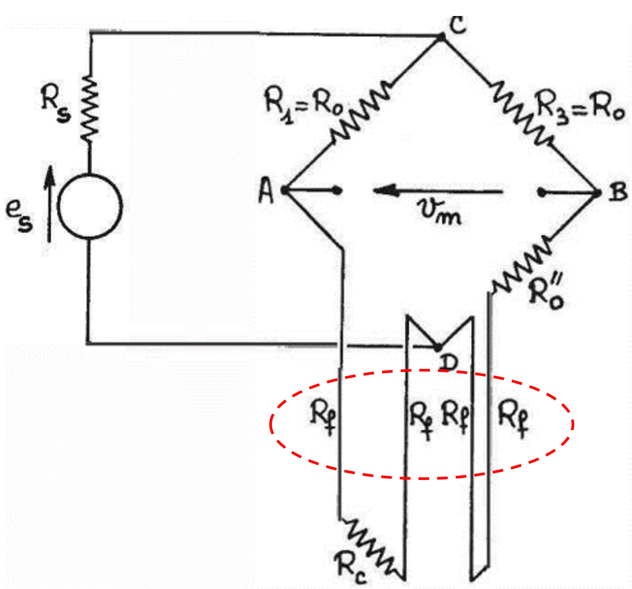
Le troisième fil est relié à la source



Le troisième fil est relié au détecteur

On préfère généralement relier le troisième fil à la source pour éviter l'effet directe du troisième fil $\acute{R_f}$ sur v_m.

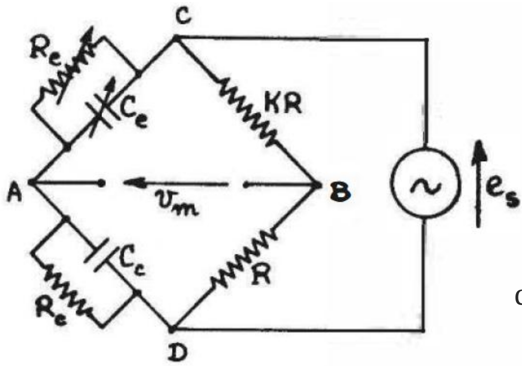
- **Montage à deux fils de compensation**



3.2.1. Mesure des impédances

a- Capteur capacitif

- **Pont de Nernst :**

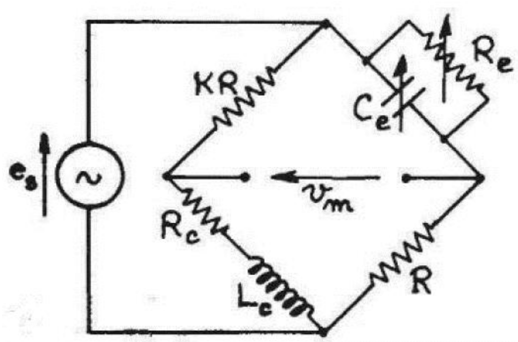


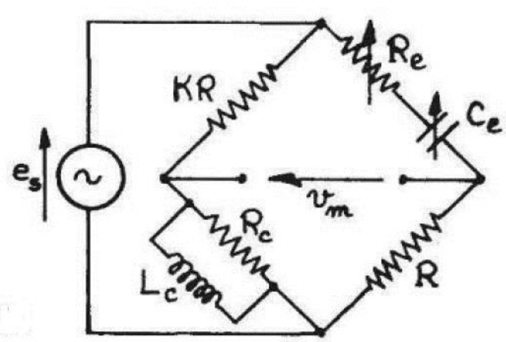
Impédance du capteur: $Z_c = \dfrac{R_c}{1 + jR_c C_c \omega}$

Impédance d'équilibrage: $Z_e = \dfrac{R_e}{1 + jR_e C_e \omega}$

Tension de déséquilibre $v_m = e_s \cdot \dfrac{K}{(K+1)^2} \cdot \dfrac{\Delta Z_c}{Z_{co}} \cdot \dfrac{1}{1 + \dfrac{\Delta Z_c}{(K+1)Z_{co}}}$

a- Capteur inductif

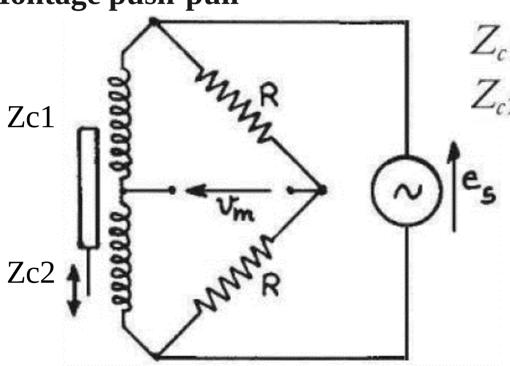




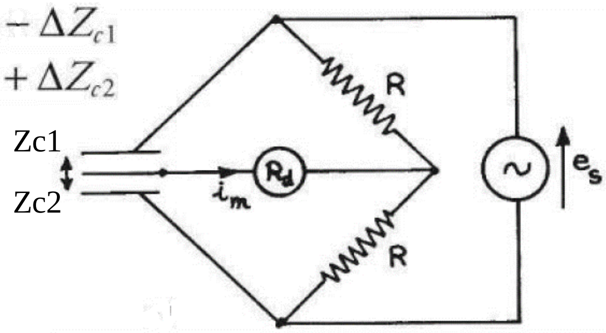
Pont de Maxwell. Pont de Hay.

Tension de déséquilibre pour les deux montages : $v_m = e_s \dfrac{KR\Delta Z_c}{(KR + Z_{co})^2} \cdot \dfrac{1}{1 + \dfrac{\Delta Z_c}{KR + Z_{co}}}$

c- Montage push-pull



$$Z_{c1} = Z_{co} - \Delta Z_{c1}$$
$$Z_{c2} = Z_{co} + \Delta Z_{c2}$$

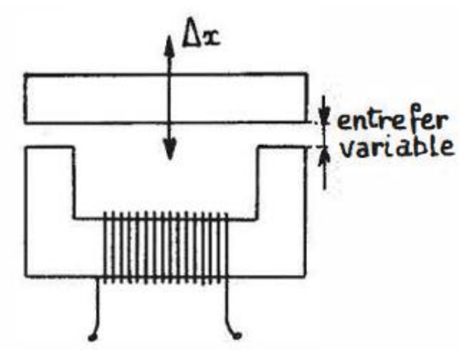


Montage push-pull dans un pont d'impédances.

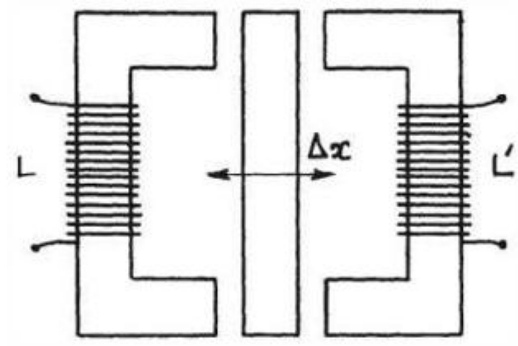
Capteur de déplacement inductif. Capteur de déplacement capacitif.

Exemple: Circuit magnétique à entrefer variable

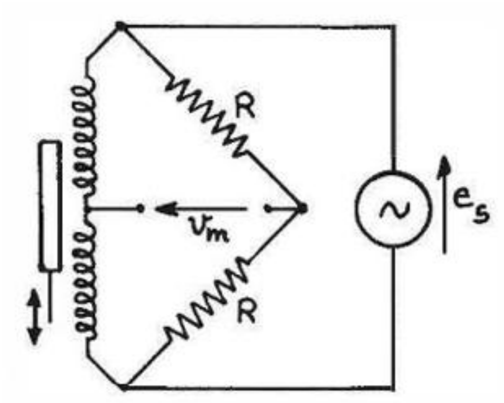
Le coefficient d'auto-induction L d'une bobine de N tours de fil s'exprime en fonction de la longueur moyenne d'une ligne de force dans l'air ℓ_0.



$$L = \frac{\mu_o N^2 s}{\ell_o}$$



Les deux inductances L et L' sont placées dans deux branches contiguës d'un pont.



$$v_m = \frac{e_s}{2} \cdot \frac{S\,\Delta m}{Z_{co}}$$

S est la sensibilité au mesurande m.

Δm correspond au déplacement Δx.

Z_{C0} est l'impédance à l'équilibre.

3.3. Les oscillateurs

Exemple : Oscillateur de relaxation

La fréquence du multivibrateur est modulée par les variations de l'impédance du capteur.