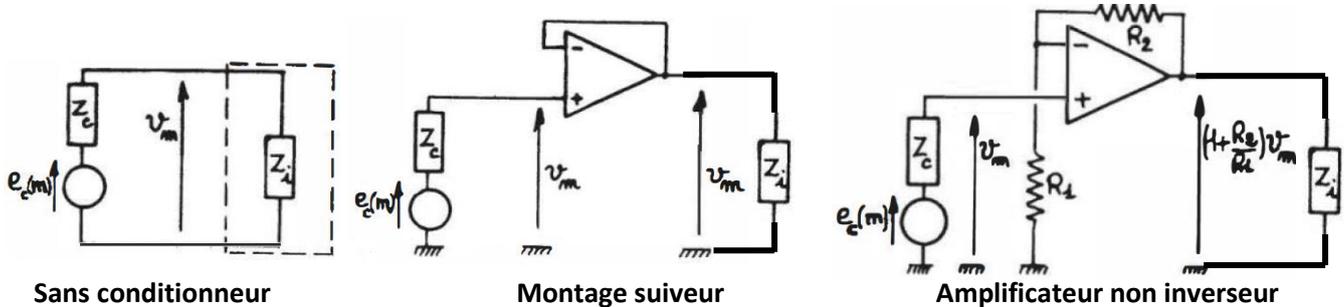


Chapitre 4. Conditionneurs du signal

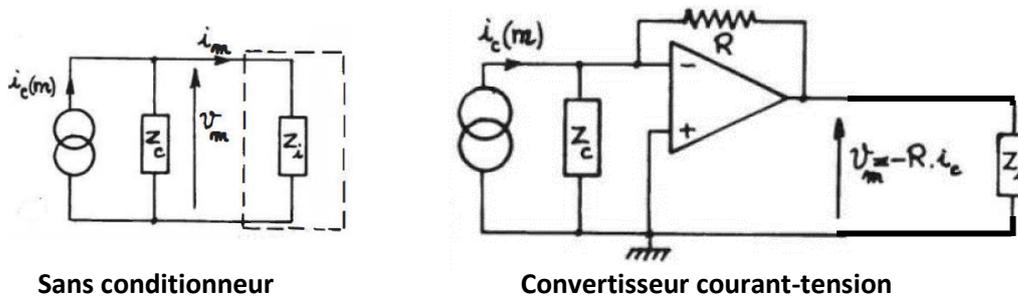
4-1- Adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure

Le capteur, associé à son conditionneur lorsqu'il est passif, ou le capteur actif est équivalent à un générateur constitué d'une source de tension ou de courant et d'une impédance interne. La charge se trouve alors en série ou en parallèle avec l'impédance interne ce qui réduit la tension ou le courant de la source.

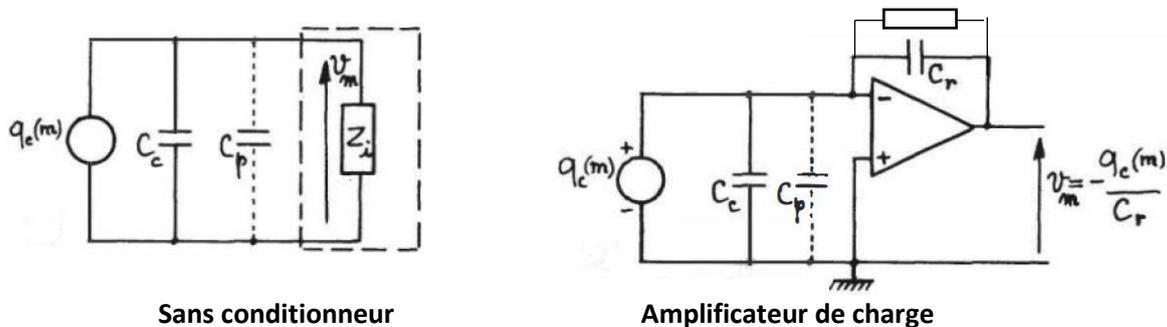
4-1-1- conditionneur du capteur source de tension



4-1-2- conditionneur du capteur source de courant



4-1-3- conditionneur du capteur source de charge



4-2- Amplification du signal et réduction de Taux de Réjection de Mode Commun

La tension de mesure v_m issue d'un capteur est une tension différentielle : $v_m = v_a - v_b$.

On définit la tension de mode commun v_{mc} comme étant la tension commune à v_a et v_b et qui ne contient pas d'information : $v_{mc} = \frac{v_a + v_b}{2}$.

On définit la tension de mode différentiel v_m comme étant la différence entre les tensions v_a et v_b et qui représente l'information.

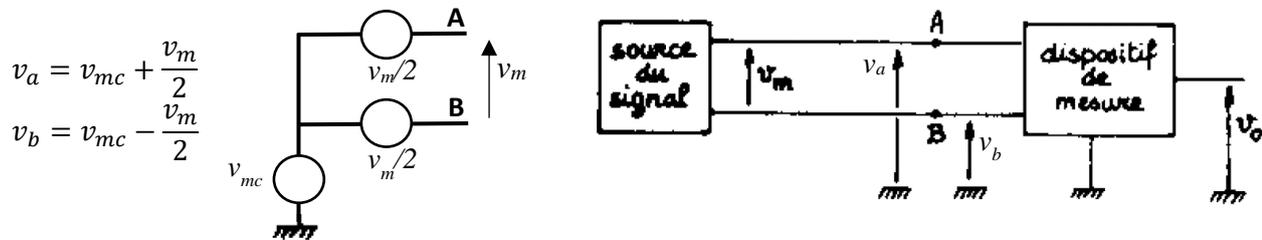
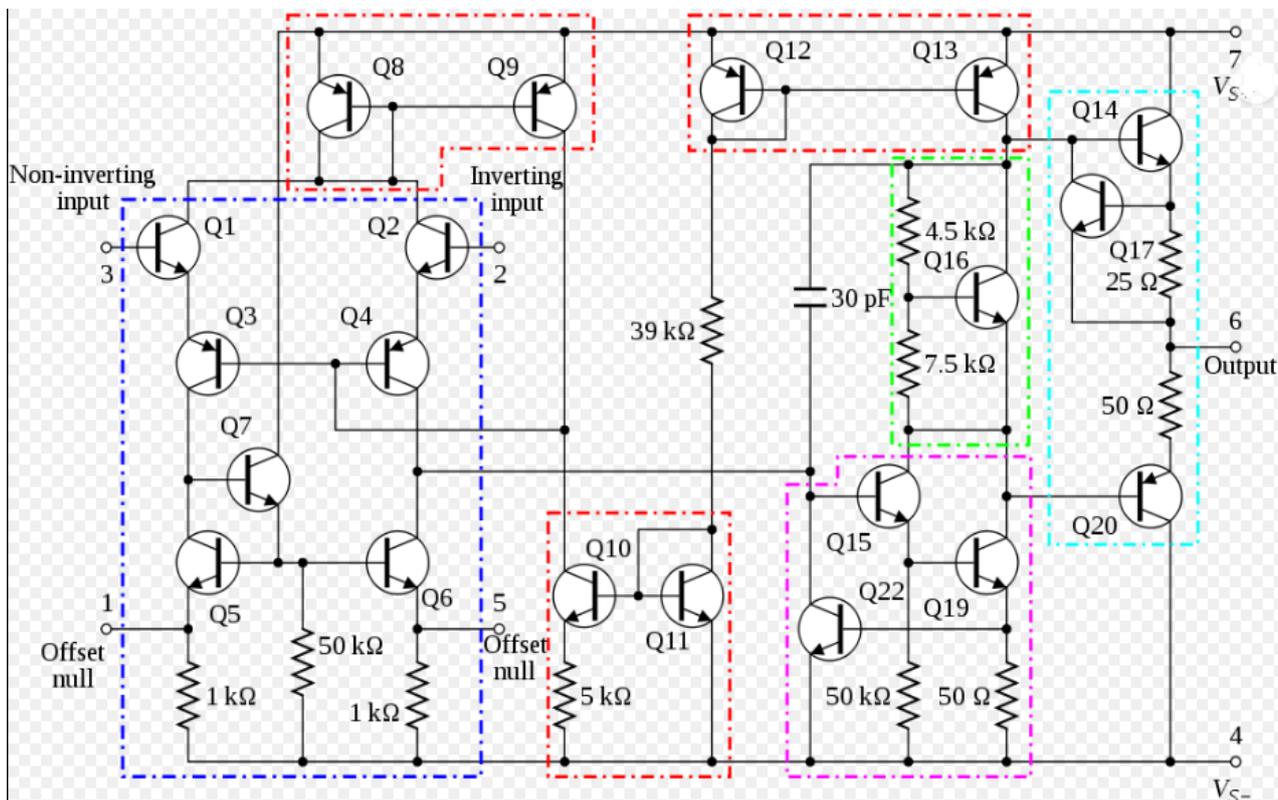


Schéma interne d'un AOP : exemple LM741



4-2-1- Amplificateur différentiel

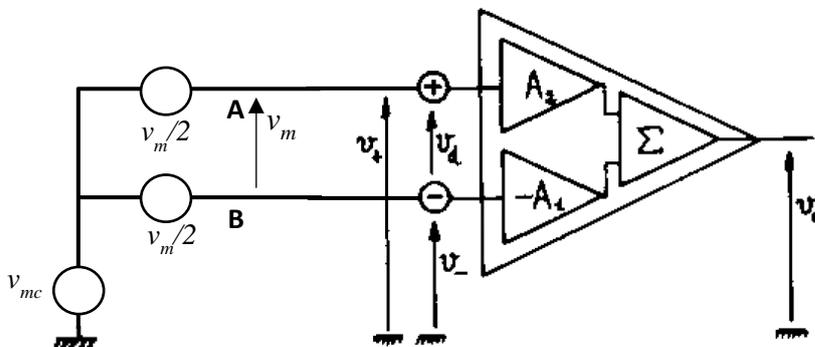
Dans un amplificateur différentiel, le signal est appliqué entre deux entrées isolées de la masse. Les signaux parasites (mode commun) induits sur chaque entrée sont très voisins et si l'on fait dans l'amplificateur la différence des deux signaux, on élimine le signal parasite.

$$v_o = A_2 v^+ - A_1 v^-$$

$$\Rightarrow v_o = A_d v_m + A_{mc} v_{mc}$$

Avec :

$$A_d = \frac{A_1 + A_2}{2} \text{ et } A_{mc} = A_2 - A_1$$



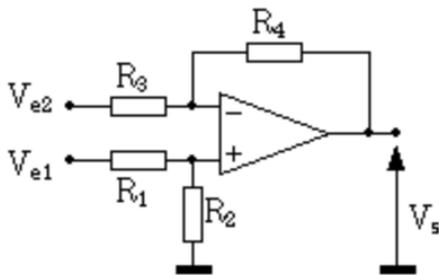
On définit le « taux de rejet du mode commun TRMC ou (CMRR pour Common Mode Rejection Ratio) :

$$CMRR = 20 \log \left(\frac{A_d}{A_{mc}} \right)$$

Amplificateur différentiel à trois AOP :

Pour obtenir un amplificateur différentiel il faut imposer la condition : $\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$.

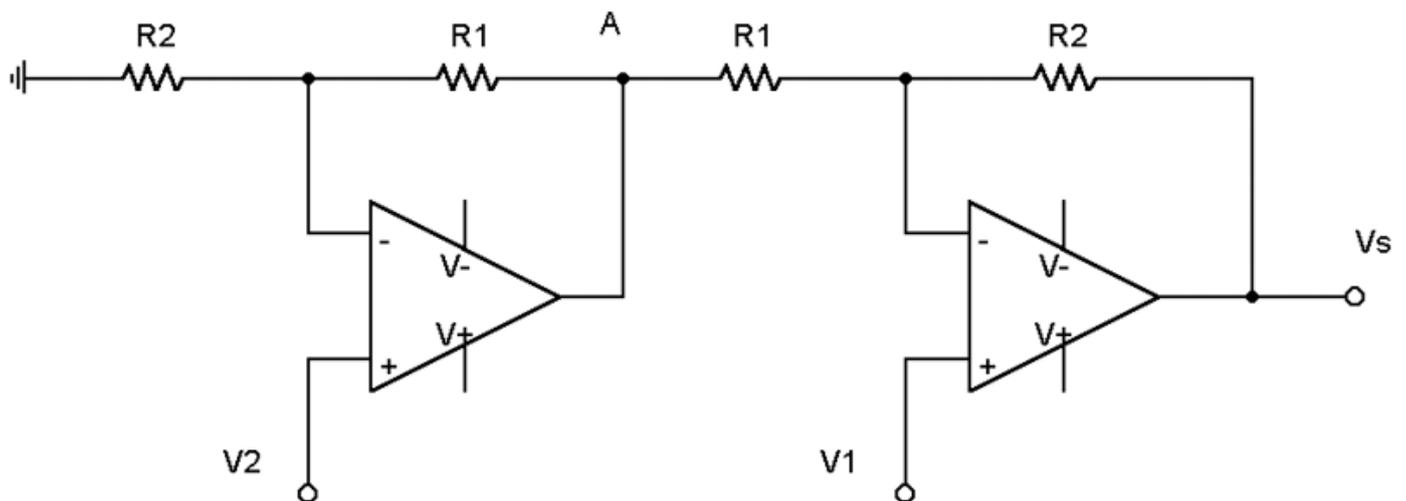
$$v_s = \frac{R_4}{R_3} (v_{e1} - v_{e2})$$



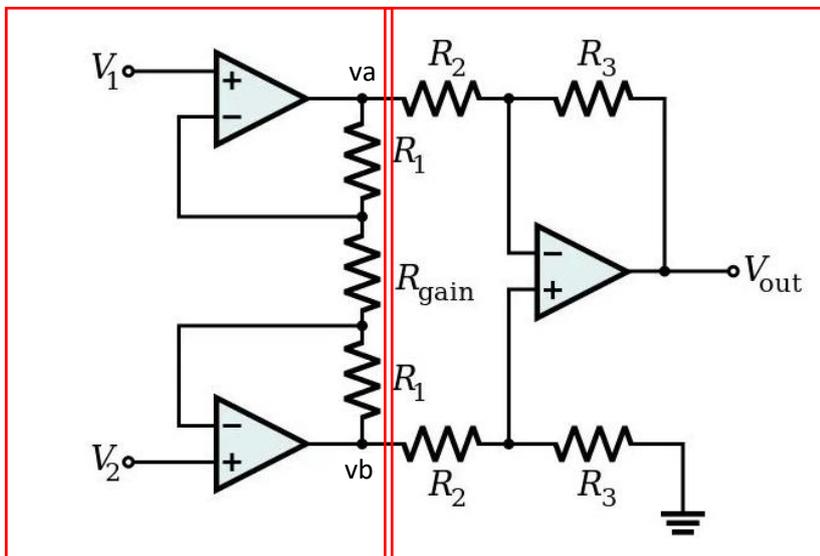
4-2-2- Amplificateur d'instrumentation

C'est un amplificateur différentiel qui présente l'avantage d'avoir une impédance d'entrée très grande. C'est un amplificateur différentiel à fort taux de réjection de mode commun.

Montage à 2 AOPs

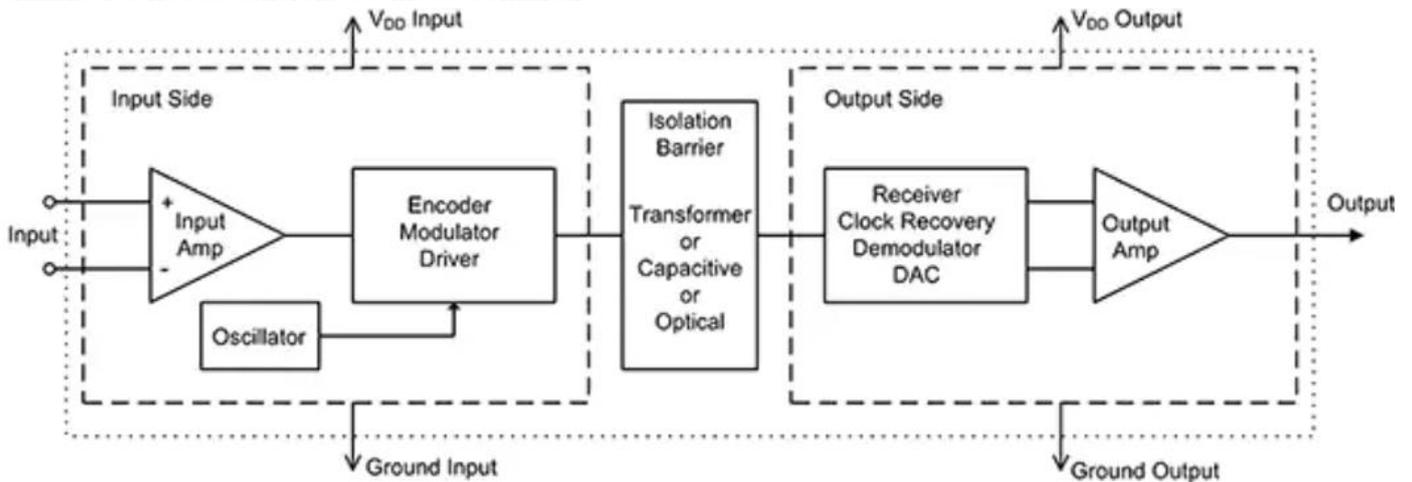


Montage à 3 AOPs



4-2-3- Amplificateur d'isolements

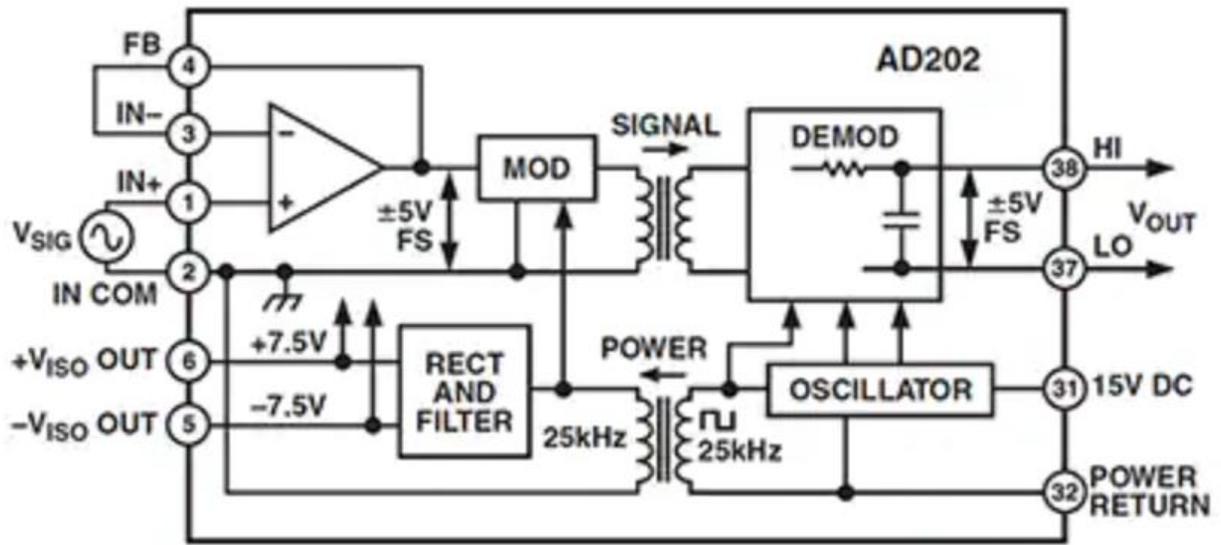
Un amplificateur d'isolement est un amplificateur qui est isolé galvaniquement entre ses circuits d'entrée et de sortie, y compris les alimentations associées, de sorte qu'il ne transmette que les signaux souhaités et élimine les hautes tensions de mode commun.



a) Couplage par transformateur (magnétique)

L'isolement couplé par transformateur est historiquement le moyen le plus ancien d'isoler des circuits.

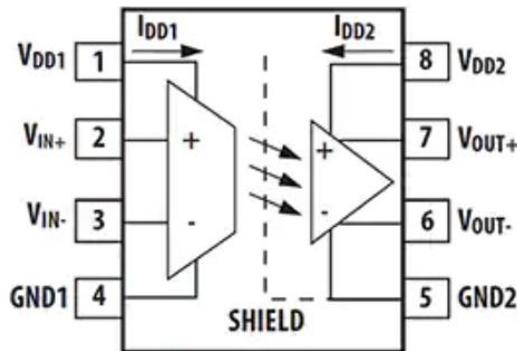
L'AD202JY d'Analog Devices est un exemple d'un amplificateur d'isolement à couplage magnétique.



b) Couplage optique

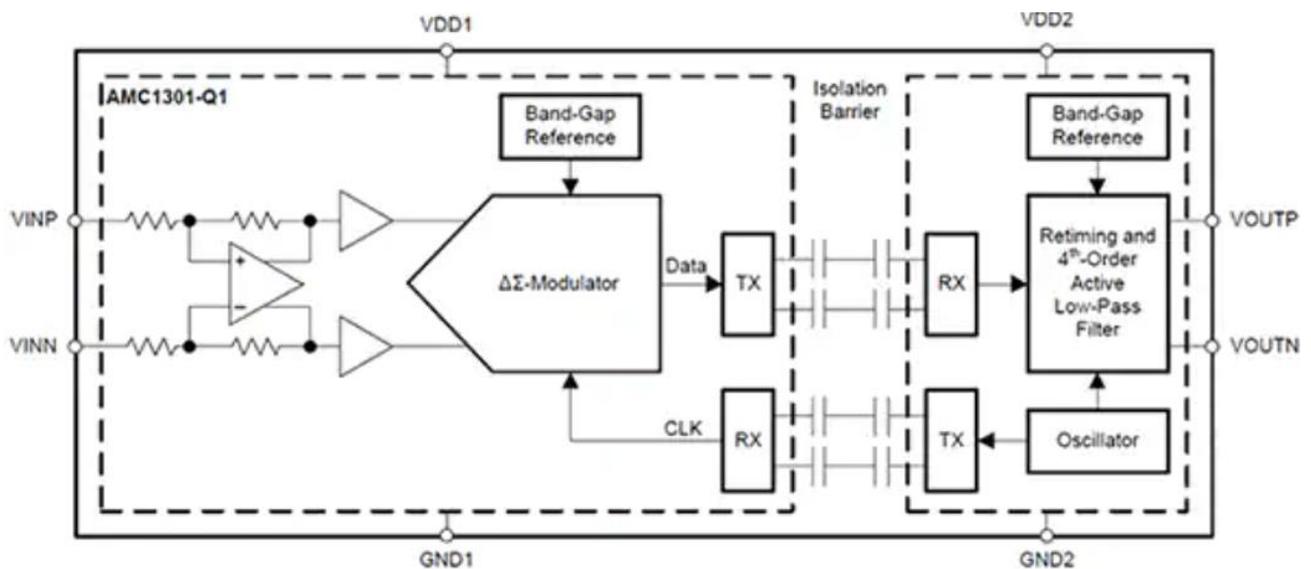
La section d'entrée de l'amplificateur d'isolement commande une diode électroluminescente (LED), dont la lumière est captée par un phototransistor au niveau de la section de sortie.

Exemple : ACPL790



c) Couplage capacitif

Exemple : AMC1301



4-3- Linéarisation

Les procédés de linéarisation peuvent être classés en deux groupes :

- d'une part ceux qui interviennent sur la source même du signal électrique de façon à linéariser ce dernier dès son origine ;
- d'autre part, ceux qui interviennent en aval de la source afin de corriger la non linéarité du signal qu'elle fournit par un traitement approprié, analogique ou digital.

4-3-1- Linéarisation analogique à la source du signal

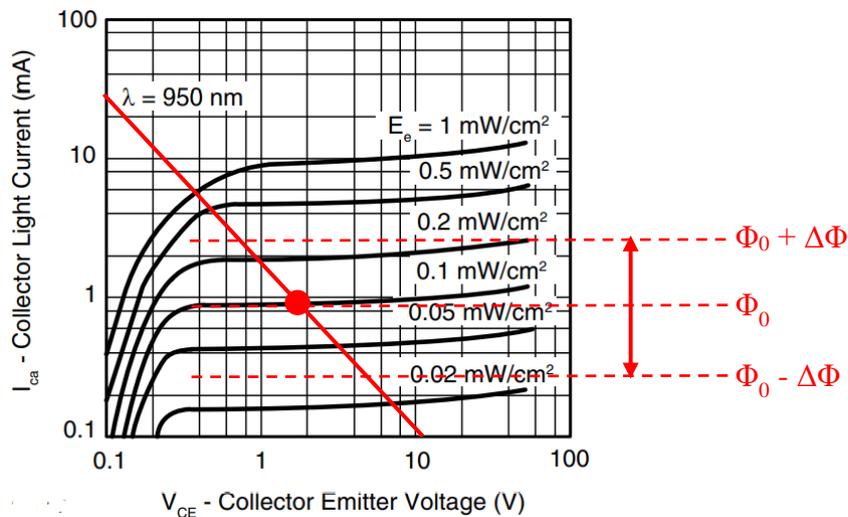
a) Correction de la non-linéarité du capteur

a-1) Prépolarisation du capteur

Lorsque la courbe d'étalonnage du capteur, qui n'est pas linéaire, présente cependant une plage où le fonctionnement est quasi linéaire, il peut être possible, dans certains cas, de décaler le point de fonctionnement dans la zone linéaire en appliquant au capteur un mesurande constant de valeur appropriée.

Phototransistor :
BPV11

$$\Phi = \Phi_0 \pm \Delta\Phi$$

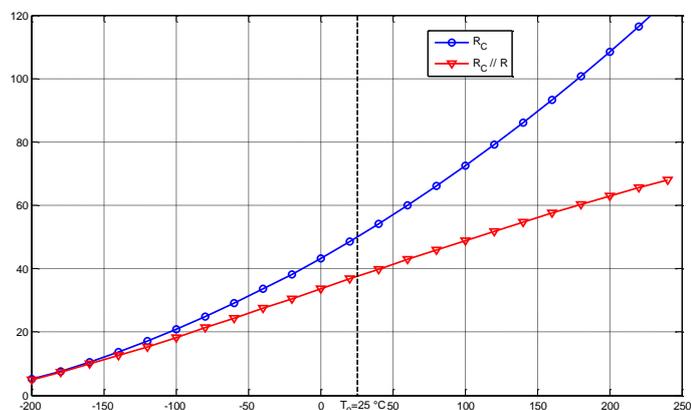


a-2) Modification de l'impédance mesurée par adjonction de composants fixes

La méthode consiste, dans sa forme la plus simple, à placer en parallèle sur le capteur de résistance $R_c(m)$, une résistance R indépendante de m , de façon que la résistance R_d du dipôle ainsi constitué ait une variation quasi linéaire dans une plage limitée autour d'une valeur donnée du mesurande.

$$R_d = \frac{R_c(m) \times R}{R_c(m) + R} \quad \text{avec} \quad \left. \frac{d^2 R_d}{dm^2} \right|_{m=m_0} = 0$$

```
clear;
clc;
RL=150;
T0=25;
R0=50;
T=[-200:20:250];
A=5.5e-3;
B=6.7e-6;
RT=R0*(1+A*(T-T0)+B*(T-T0).^2);
RTL=1./(1/RL+1./RT);
plot(T,RT,'bo-',T,RTL,'rv-');
axis([-200 250 0 120]);
grid on;
legend('R_C','R_C // R');
```



a-3) Association en série de capteurs dont les non-linéarités sont de sens contraire

$$R_1(m) = R_{01} \cdot (1 + A_1 m + B_1 m^2) \quad R_2(m) = R_{02} \cdot (1 + A_2 m - B_2 m^2)$$

$$R(m) = (R_{01} + R_{02}) \left(1 + \frac{R_{01}A_1 + R_{02}A_2}{R_{01} + R_{02}} \cdot m \right)$$

à condition que :

$$\frac{R_{01}}{R_{02}} = \frac{B_2}{B_1}$$

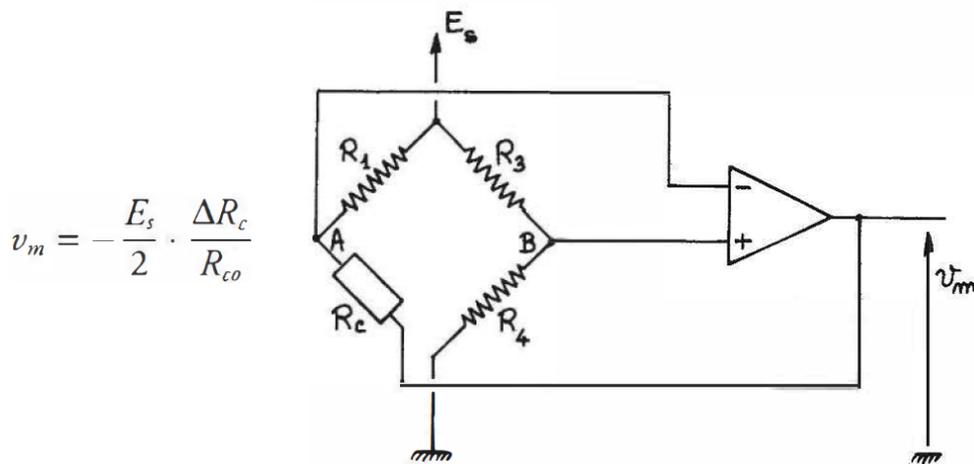
a-4) Fonctionnement en push-pull de capteurs identiques

Deux capteurs identiques, dont la non-linéarité est due à un terme quadratique sont placés dans les branches contiguës d'un pont et soumis à des variations égales et opposées du mesurande.

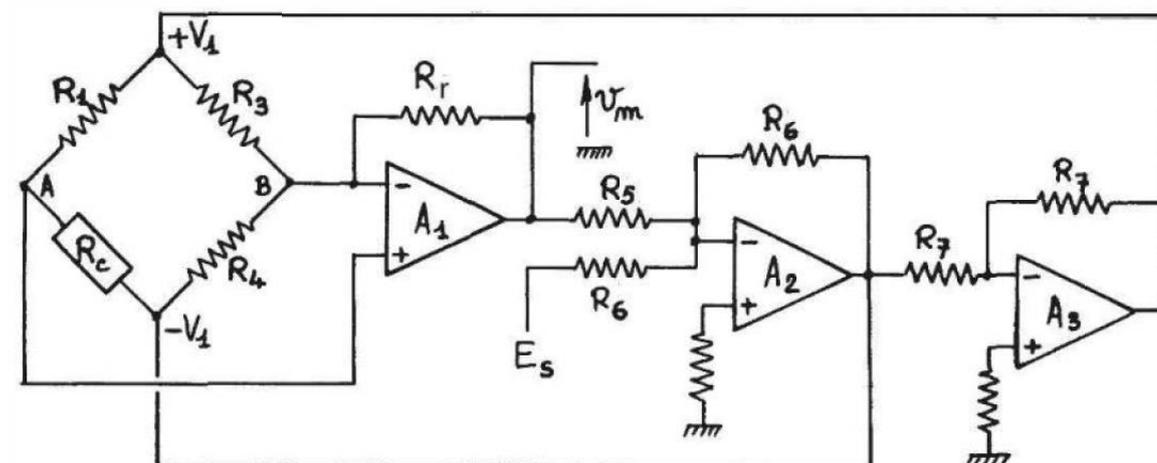
b) Correction de non-linéarité du conditionneur de capteur passif

Il y a non-linéarité du conditionneur lorsque la tension de mesure qu'il délivre n'est pas proportionnelle aux variations d'impédance du capteur.

b-1) Linéarisation par réaction sur la tension de déséquilibre du pont



b-2) Linéarisation par double réaction : sur la tension de déséquilibre et sur la tension d'alimentation du pont



$$v_m = \frac{E_s}{2} \cdot \left(1 + \frac{2R_r}{R_{co}} \right) \cdot \frac{\Delta R_c}{R_{co}}$$

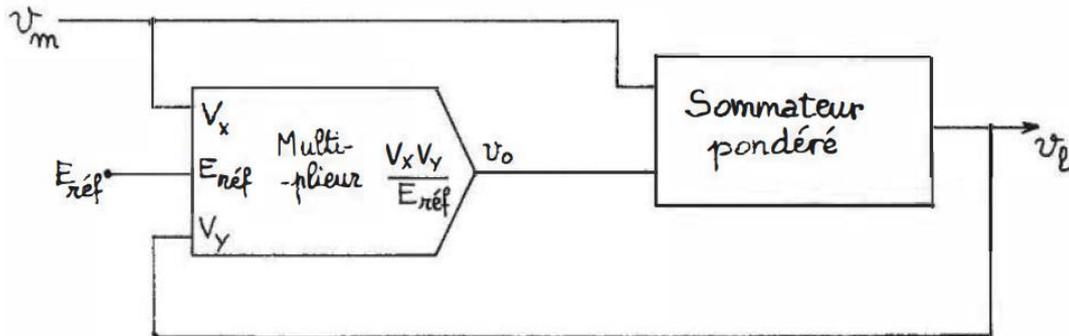
4-3-2- Linéarisation analogique en aval de la source du signal

a) Correction de non-linéarité du conditionneur de capteur passif

Dans le pont de Wheatstone la tension délivrée n'est pas fonction linéaire de ΔR_c .

$$v_m = \frac{E_s}{4} \cdot \frac{\Delta R_c}{R_{co}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{2R_{co}}}$$

Le montage suivant permet d'obtenir à partir de la tension v_m , une tension v_l qui est fonction linéaire de ΔR_c .



$$v_0 = \frac{V_X \cdot V_Y}{E_{ref}} = \frac{v_m \cdot v_l}{E_{ref}}$$

$$v_l = a v_m + b v_0 = a v_m + b \frac{v_m \cdot v_l}{E_{ref}}$$

$$v_l = \frac{a v_m}{1 - \frac{b v_m}{E_{ref}}}$$

$$v_l = \frac{a E_s}{4} \cdot \frac{\Delta R_c}{R_{co}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{2R_{co}} \left[1 - \frac{b}{2} \cdot \frac{E_s}{E_{ref}} \right]}$$

La tension v_l devient fonction linéaire de ΔR_c en éliminant le terme responsable de la non-linéarité par le choix approprié de b : $b = 2 E_{ref} / E_s$.

4-3-3- Méthodes analogiques et numériques générales de linéarisation d'un signal

On considère un capteur actif ou passif, associé dans ce dernier cas à son conditionneur, qui est à l'origine d'une tension de mesure v_m fonction non linéaire du mesurande m auquel il est soumis.

À partir de la courbe d'étalonnage ou d'un tableau des valeurs expérimentales associées de v_m et du mesurande m on établit l'équation représentative :

$$m = a_0 + a_1 v_m + a_2 v_m^2 + \dots + a_n v_m^n$$

Le dispositif de linéarisation recevant la tension v_m à son entrée doit délivrer en sortie une tension v_l linéarisée c'est-à-dire proportionnelle à m : $v_l = A \cdot m$.

$$v_l = A \cdot (a_0 + a_1 v_m + a_2 v_m^2 + \dots + a_n v_m^n)$$

La tension v_l peut être calculer par un circuit analogique (multiplieurs et sommateurs) ou par un calculateur numérique en convertant la tension v_m en une valeur numérique par un CAN.