

L'AMPLIFICATEUR D'INSTRUMENTATION (A.I)

Introduction

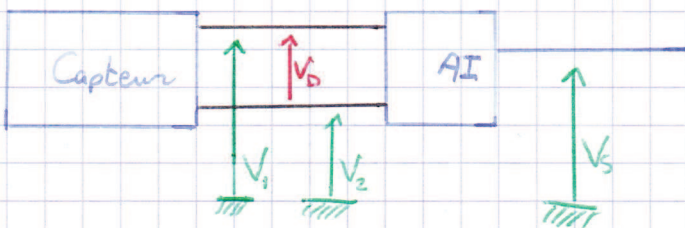
Les signaux issus des capteurs sont généralement de faibles amplitudes, et peuvent être noyés dans du bruit

Ils nécessitent donc une amplification réalisée par l'A.I (composants de qualité métrologique)

I - Mode Commun et mode différentiel

i) Définition

⊕ Tension différentielle



V_D : Tension différentielle

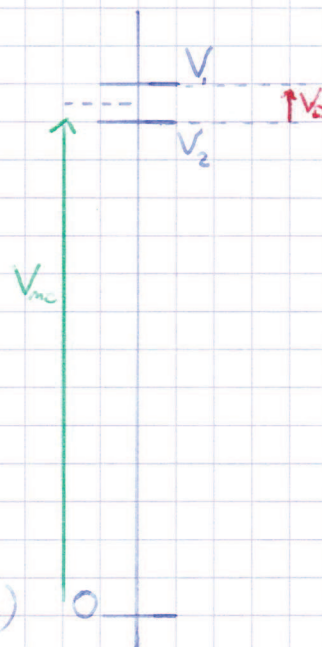
(Tension utile représentative de la mesure)

$$V_D = V_1 - V_2$$

⊕ Tension de mode commun

$$V_{mc} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

(Moyenne des 2 tensions)



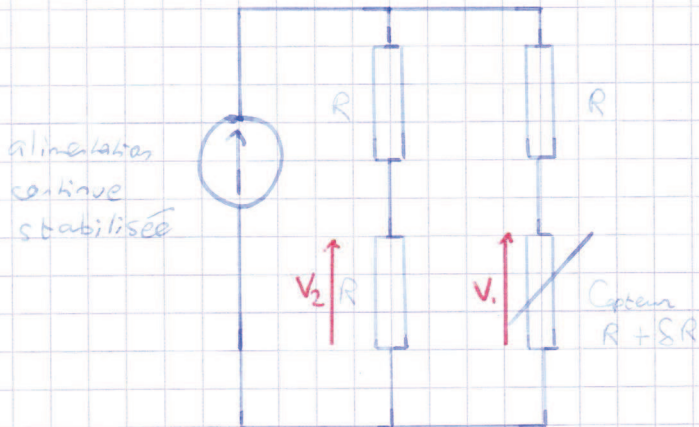
$$V_1 = V_{mc} + \frac{V_D}{2}$$

$$V_2 = V_{mc} - \frac{V_D}{2}$$

L'objectif de l'AI est d'amplifier V_D (qui est noyé dans sa nature) et de diminuer V_{mc}

2) Origine de la tension de mode commun.

Exemple: Câblage d'un capteur en Pont de Wheatstone



Objectif: accéder à ΔR

Diviseur de tension:

$$V_2 = E \frac{R}{R+R} = \frac{E}{2}$$

$$V_1 = E \frac{(R + \Delta R)}{R + (R + \Delta R)} = \frac{E}{2R} \frac{R(1 + \Delta R)}{1 + \frac{\Delta R}{R}}$$

(3)

Comme $SR \ll R$,

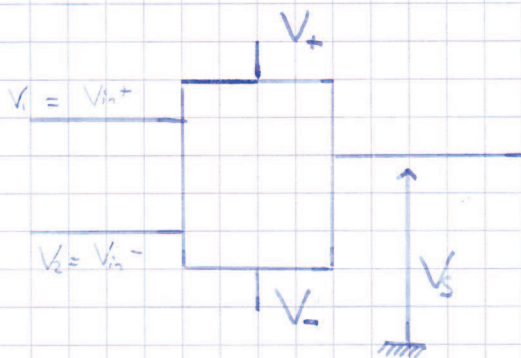
$$V_{mc} = \frac{V_1 + V_2}{2} \approx \frac{E}{2}$$

$$V_D = V_1 - V_2 = \frac{E}{2} \left(\frac{1 + \frac{SR}{R}}{1 + \frac{SR}{2R}} - 1 \right)$$

$$= \frac{E}{2} \left(\frac{1 + \frac{SR}{R} - \left(1 + \frac{SR}{2R}\right)}{1 + \frac{SR}{2R}} \right)$$

$$V_D = \frac{E}{2} \frac{SR}{2R}$$

3) Amplification différentielle et de mode commun

 V^+ et V^- : tensions d'alimentation

$$V_s = A_1 V_1 - A_2 V_2$$

$$= A_1 \left(V_{mc} + \frac{V_D}{2} \right) - A_2 \left(V_{mc} - \frac{V_D}{2} \right)$$

$$V_s = \frac{A_1 + A_2}{2} V_D + (A_1 - A_2) V_{mc}$$

On peut écrire: $V_s = A_D V_D + A_{mc} V_{mc}$ A_D : amplification différentielle A_{mc} : amplification de mode commun

L'A.I est caractérisé par son Taux de Rejection de Mode Commun

$$\text{TRMC} = \frac{A_d}{A_{mc}} \quad \text{de l'ordre de } 10^4 \text{ à } 10^5$$

(grand), sans dimension.

Dans les documentations, on le trouve:

$$\text{TRMC} = 20 \log \left(\frac{A_d}{A_{mc}} \right) \quad \text{de l'ordre de } 100 \text{ dB}$$

⊗ Mesures de A_d et A_{mc}

$$\begin{aligned} V_s &= A_d V_d + A_{mc} V_{mc} \\ &= A_d (V_1 - V_2) + A_{mc} \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) \end{aligned}$$

⊙ 1^{ère} configuration

$$V_1 = V_2 = V_e \quad \text{alors} \quad V_s = A_{mc} V_e$$

→ Mesure de A_{mc} très difficile car trop faible

→ Mesure de A_d



Idéalement, on réalise la configuration $V_1 = -V_2$

Cela nécessite le câblage d'un inverseur.

Simplification de la situation

$$\left. \begin{array}{l} V_1 = V_e \\ V_2 = 0 \end{array} \right\} \rightarrow V_s = A_d V_e + A_{mc} \frac{V_e}{2}$$

$$= V_e \left(A_d + \frac{A_{mc}}{2} \right) \quad \begin{array}{l} \text{n\u00e9glige} \\ A_{mc} \ll A_d \end{array}$$

$$\Rightarrow V_s = A_d V_e$$

II Amplificateurs d'instrumentation

1) Caract\u00e9ristiques d'id\u00e9alit\u00e9

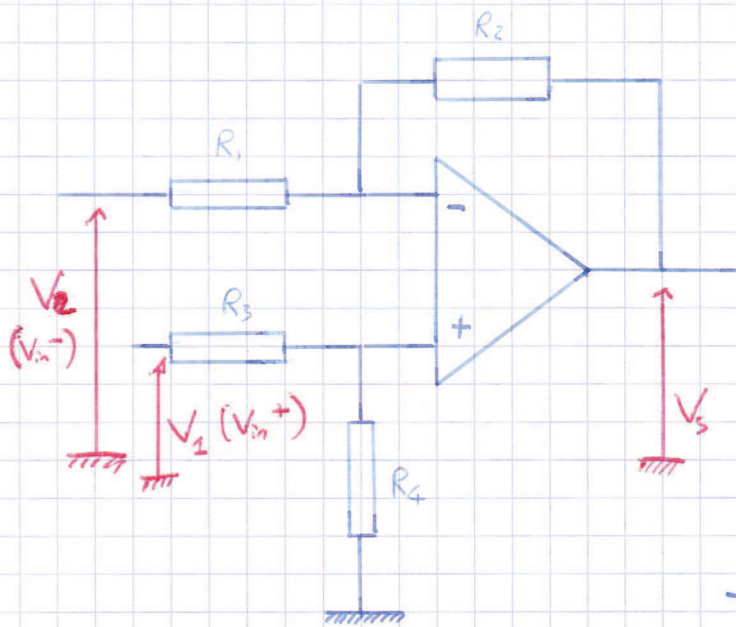
- ⊙ Imp\u00e9dance d'entr\u00e9e infinie $Z_e = +\infty$
- ⊙ Imp\u00e9dance de sortie nulle $Z_s = 0$

TRMC = infini

Lundi 25 Septembre 2017

2) Montage \u00e0 1 amplificateur

- ⊙ AO parfait
- ⊙ R\u00e9sistances parfaites.



On montre que (voir TD)

$$V_s = \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} + \frac{R_4}{R_2} V_1 - V_2 \right)$$

→ On veut montrer que

$$V_s = A_d (V_1 - V_2)$$

Pour cela il faut que:

$$\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \frac{R_4}{R_2} = 1$$

Cette relation conduit à: $R_2 R_3 = R_1 R_4$

Dans ces conditions:

$$A_d = \frac{R_2}{R_1}$$

Exemple: $A_d = 1000 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1000 = \frac{R_4}{R_3}$

Inconvénients de ce montage

→ Le réglage de A_d nécessite de modifier 2 résistances dans ce montage

→ Les impédances d'entrée ne sont pas infinies

Effet de l'imprécision sur les résistances

$$R_i = R_{\text{nominale}} (1 \pm e)$$

$$\Rightarrow \text{On montre que: } A_{mc} = 4 \times e \frac{A_d}{A_d + 1}$$

e : précision des résistances

A_{mc} : Amplification mode commun

A_d : Amplification différentielle

Exemple: $A_d = 1000$

$$V_{de} = 2 \text{ mV}$$

Tension différentielle à l'entrée

$$V_{mcc} = 5 \text{ V}$$

$$e = 1\%$$

$$\Rightarrow A_{mc} = 0,04$$

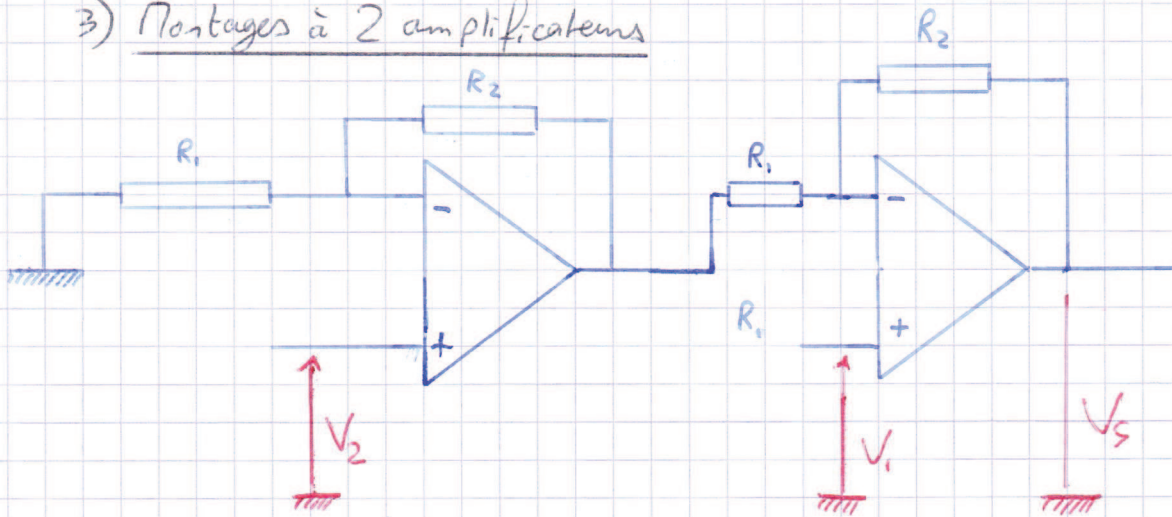
$$\rightarrow V_s = A_d V_{de} + A_{mc} V_{mcc}$$

$$= 2 + 0,2 \text{ V}$$

10% du signal utile.

$$0,2 = 10\% \times 2$$

3) Montages à 2 amplificateurs



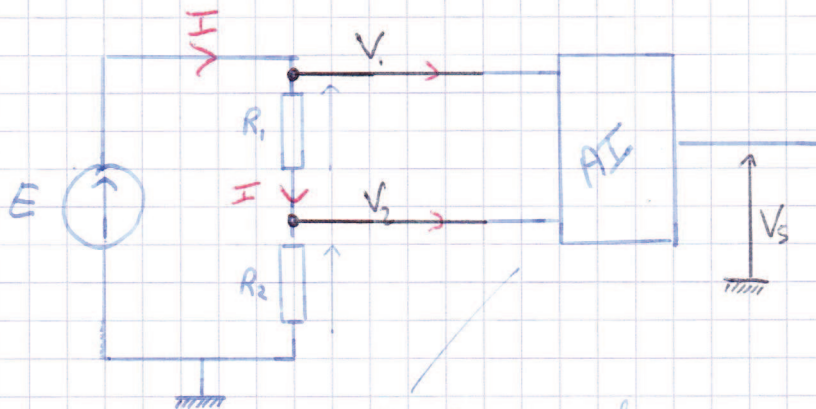
On montre que $V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (V_1 - V_2)$

$$A_d = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Si on modifie A_d , il faut faire varier 2 résistances

① Amélioration par rapport au montage précédent:

→ Impédance d'entrée infinie. (∅ perturbation du montage en amont)

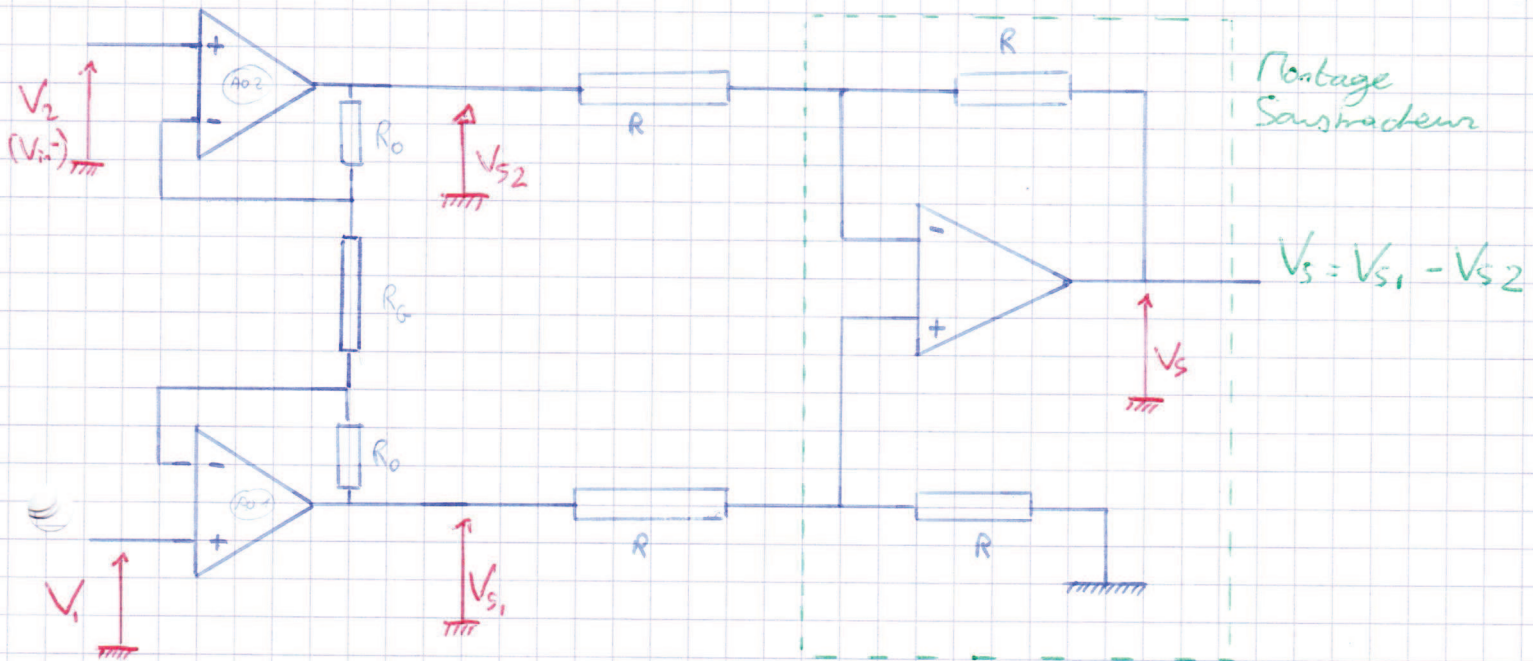


Si impédance ∞ alors le courant en entrée sera nul

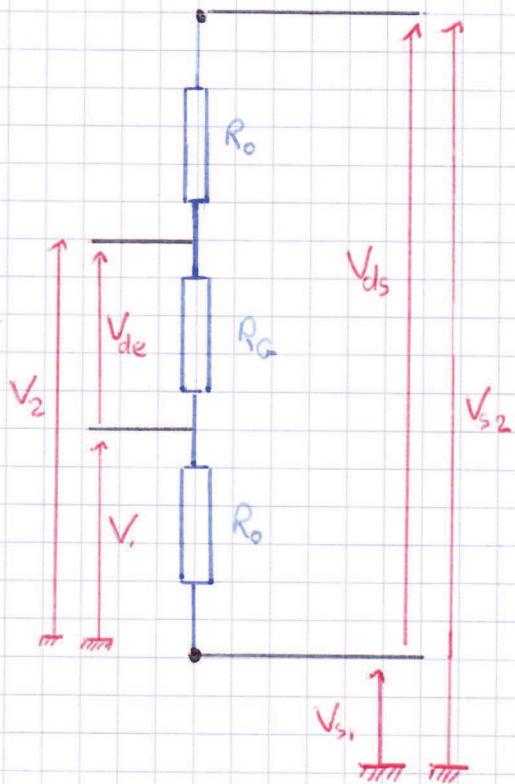
⇒ ∅ perturbation du montage en amont

4) Montage à 3 amplificateurs • AI à 2 étages

Circuit intégré INA 114



Les résistances R_0 assurent la contre réaction des amplificateurs (A_{01}) et (A_{02})



Le calcul conduit à:

$$A_d = 1 + \frac{2R_0}{R_0}$$

⊙ R_0 est une résistance variable extérieure au montage.

