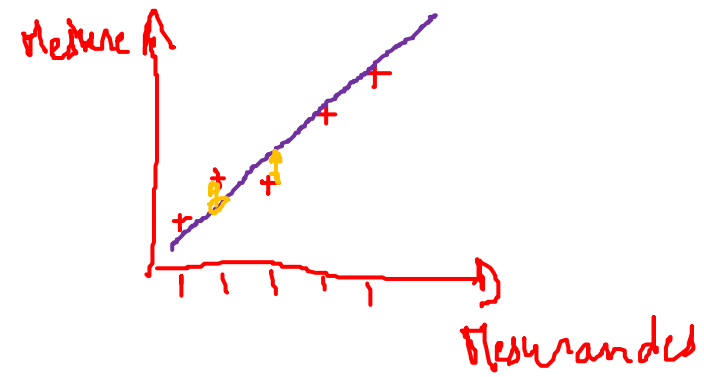


# ST2CSE

M1 2022-2023

remi.griot@efrei.fr





$$y_i = \underbrace{a}_{\text{mesures}} x_i + \underbrace{b}_{\text{mesurandes}}$$

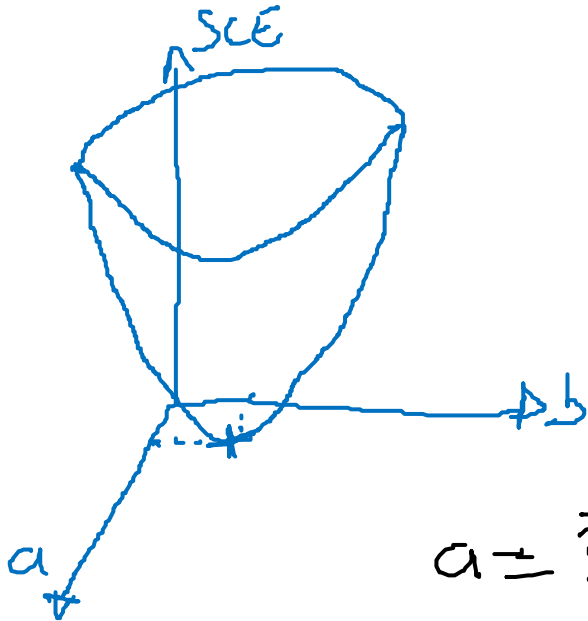
$$e_i = y_i - (ax_i + b)$$

Erreur individuelle  
au canci'

$$(e_i)^2 = (y_i - (ax_i + b))^2$$

Somme du canci' des erreurs

$$SCE = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2 = n \left( \overline{y^2} - 2a \overline{xy} - 2b \overline{y} + a^2 \overline{x^2} + 2ab \overline{x} + b^2 \right)$$



$$\frac{\partial SCE}{\partial a} = 0 = -2 \overline{xy} + 2a \overline{x^2} + 2b \overline{x}$$

$$\frac{\partial SCE}{\partial b} = 0 = -2 \overline{y} + 2a \overline{x} + 2b$$

$$a = \frac{\overline{xy} - \overline{y} \overline{x}}{\overline{x^2} - (\overline{x})^2}$$

$$b = \overline{y} - a \overline{x} \quad \left( \overline{y} = a \overline{x} + b \right)$$





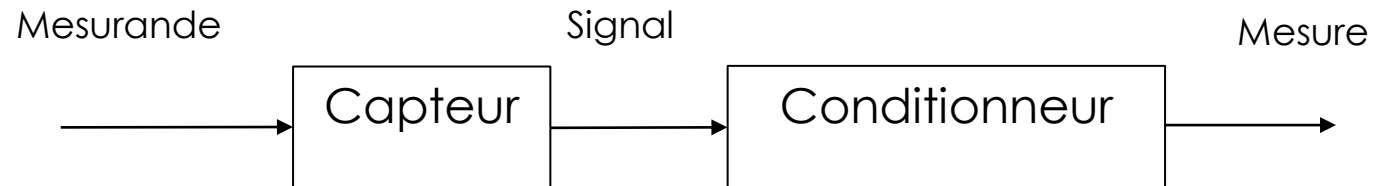
## Conditionnement



# Capteur passif - actif

## *Rôle du conditionneur*

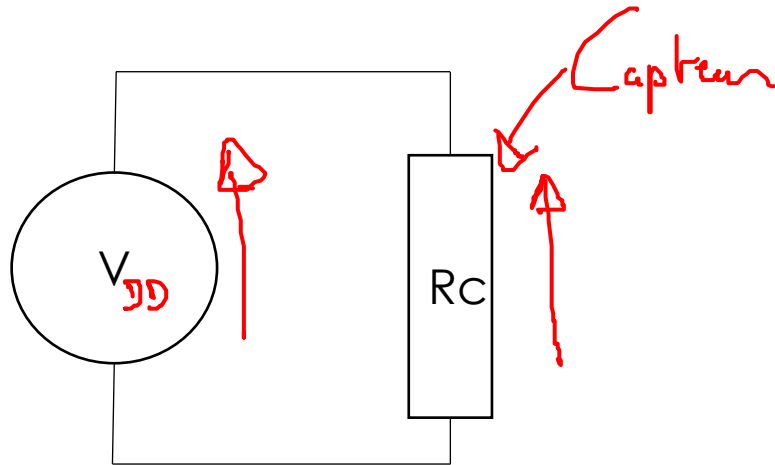
- ▶ Alimentation (passif)
- ▶ Amplification (actif, passif)
- ▶ Adaptation d'impédance
- ▶ Mesure Différentielle
- ▶ Modulation
- ▶ Linéarisation



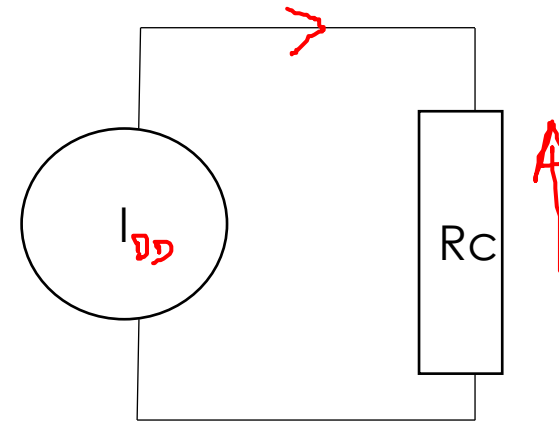
# Capteur passif: alimentation en tension/courant

## Courant vs Tension

- ▶ Capteur passif résistif  $R_c$



$$V_{DD} \text{ cste} \rightarrow V_{R_c} \text{ cste}$$



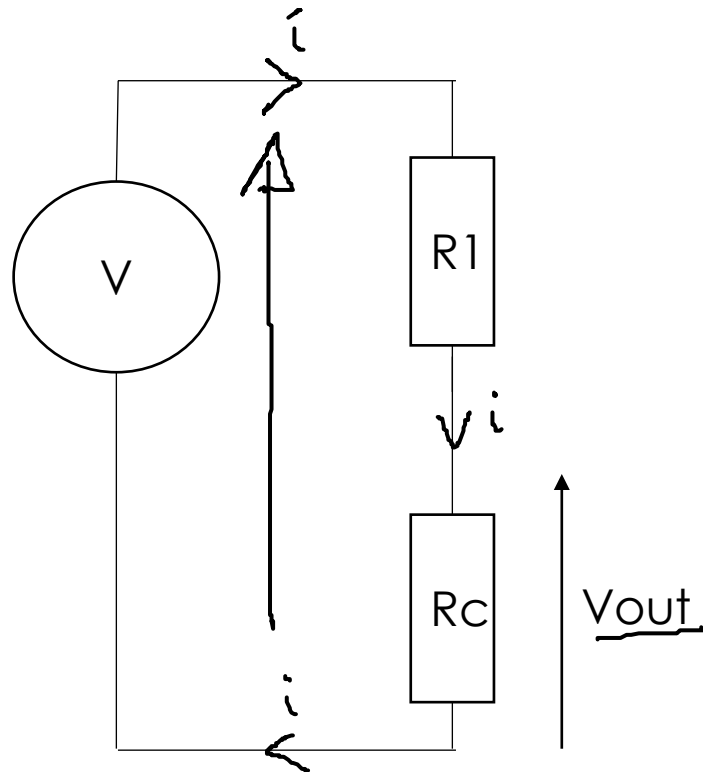
$$I_{DD} \text{ cste} \rightarrow V_{R_c} = R_c I_{DD}$$



# Capteur passif: alimentation en tension/courant

## Pont diviseur

- ▶ Capteur passif résistif  $R_c$



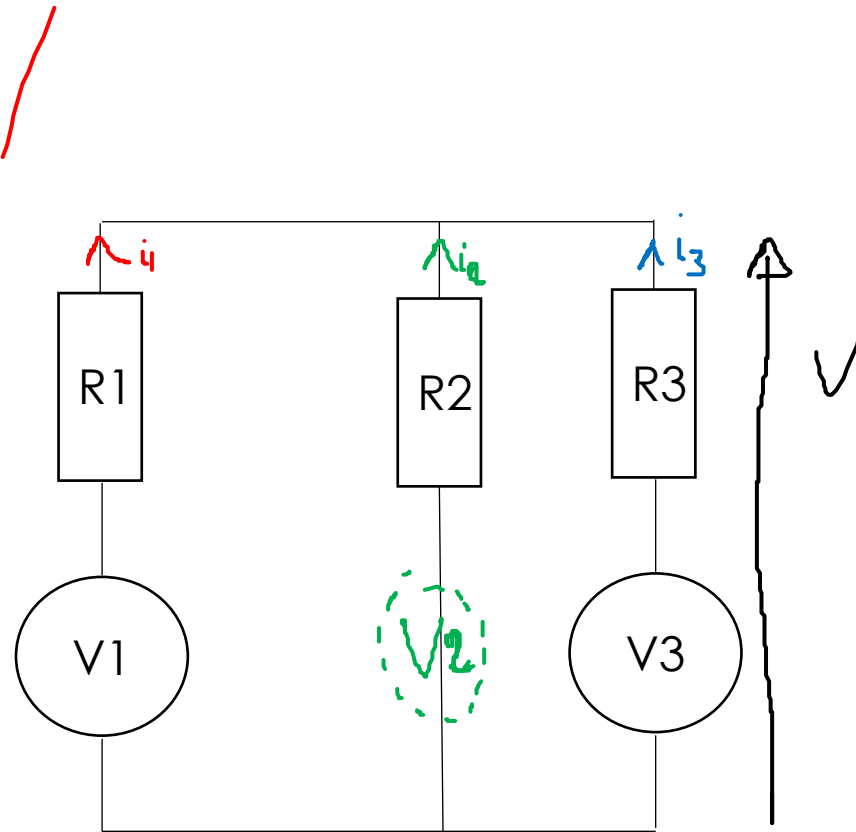
$$i = \frac{V}{R_1 + R_c} = \frac{V_{out}}{R_c}$$

$$V_{out} = V \left( \frac{R_c}{R_1 + R_c} \right)$$



# Capteur passif: alimentation en tension/courant

Rappel Millman



$$V = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

$$= \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$V = \frac{(V_1 R_3 + V_3 R_1) R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$$



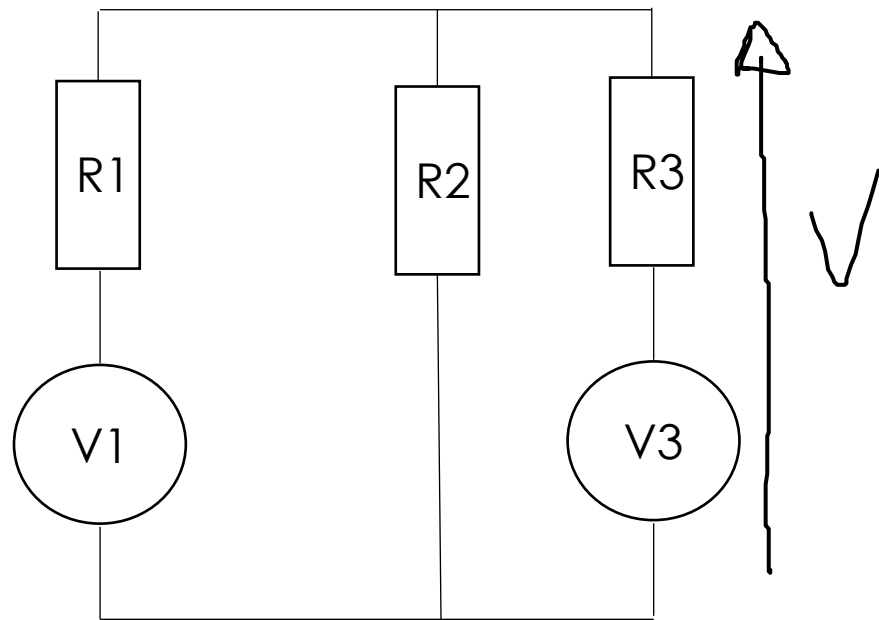
# Capteur passif: alimentation en tension/courant

*Rappel Principe de superposition*

$$V = V_A + V_B$$

$$V_A \Rightarrow V_1 \text{ ON et } V_3 \text{ OFF}$$

$$V_B \Rightarrow V_1 \text{ OFF et } V_3 \text{ OFF}$$

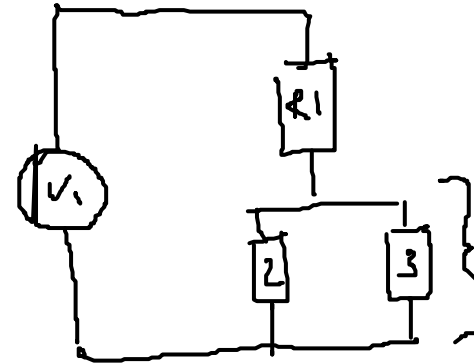




# Capteur passif: alimentation en tension/courant

Rappel Principe de superposition

$$V_A \begin{pmatrix} V_3 \text{ OFF} \\ V_1 \text{ ON} \end{pmatrix}$$



$$R_{eq} = \left( \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

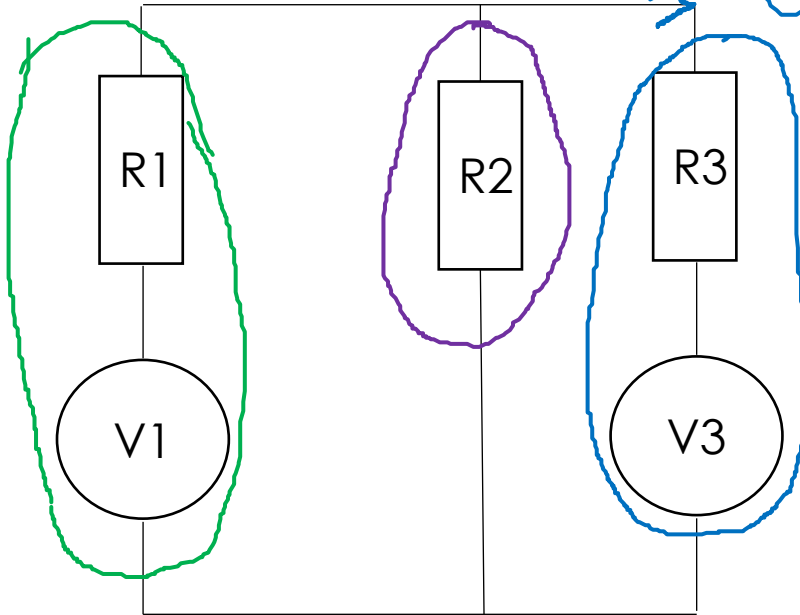
$$\left( \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$R_{eq} = R_2 // R_3$$

Alimentation  
Conditionneur

Capteur

Conditionneur  
Mesure



$$V_B \begin{pmatrix} V_3 \text{ ON} \\ V_1 \text{ OFF} \end{pmatrix}$$

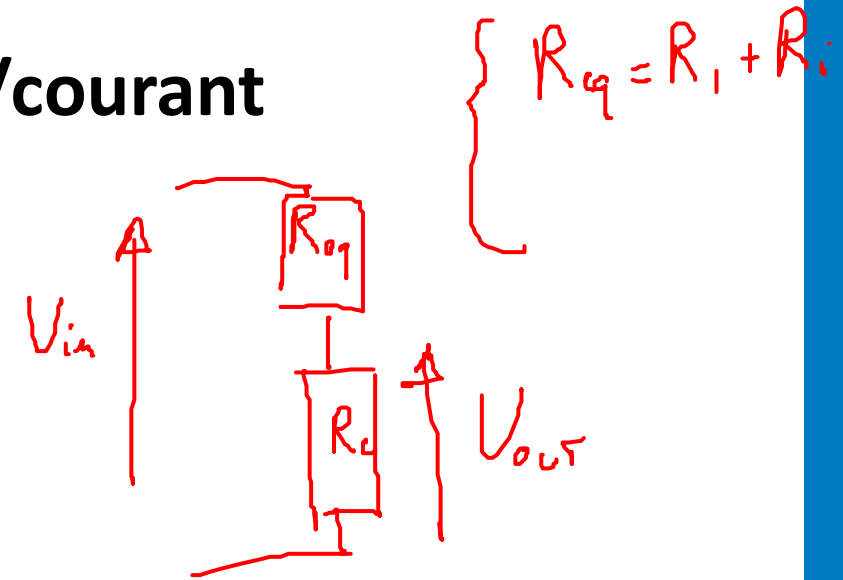
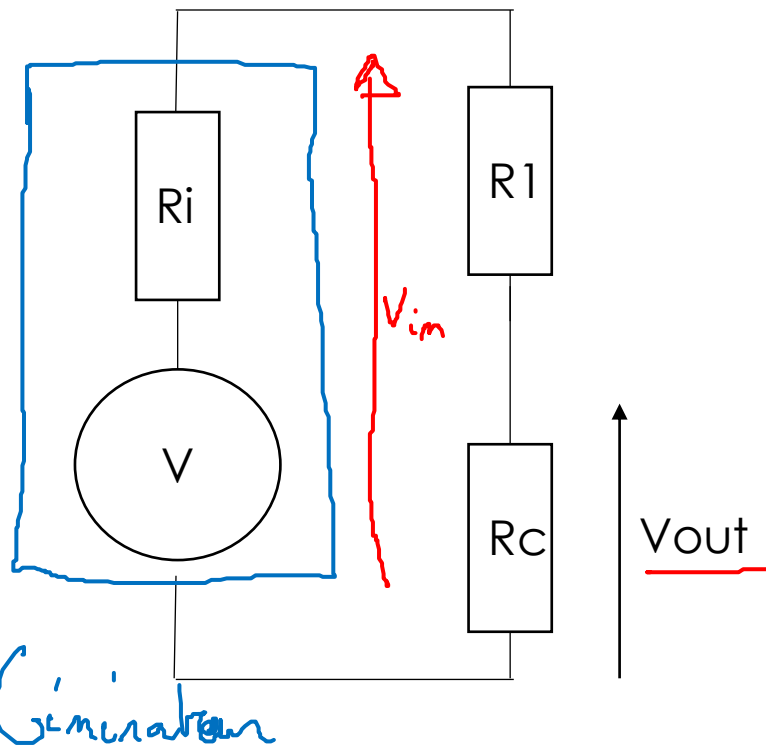
$$V_B = \frac{V_3 R_2 R_1}{R_3 (R_2 + R_1) + R_1 + R_2}$$

$$V_A = V_1 \left( \frac{R_{eq}}{R_1 + R_{eq}} \right)$$

# Capteur passif: alimentation en tension/courant

Générateur non idéal

$$I_{idéal} \Rightarrow R_i = 0$$

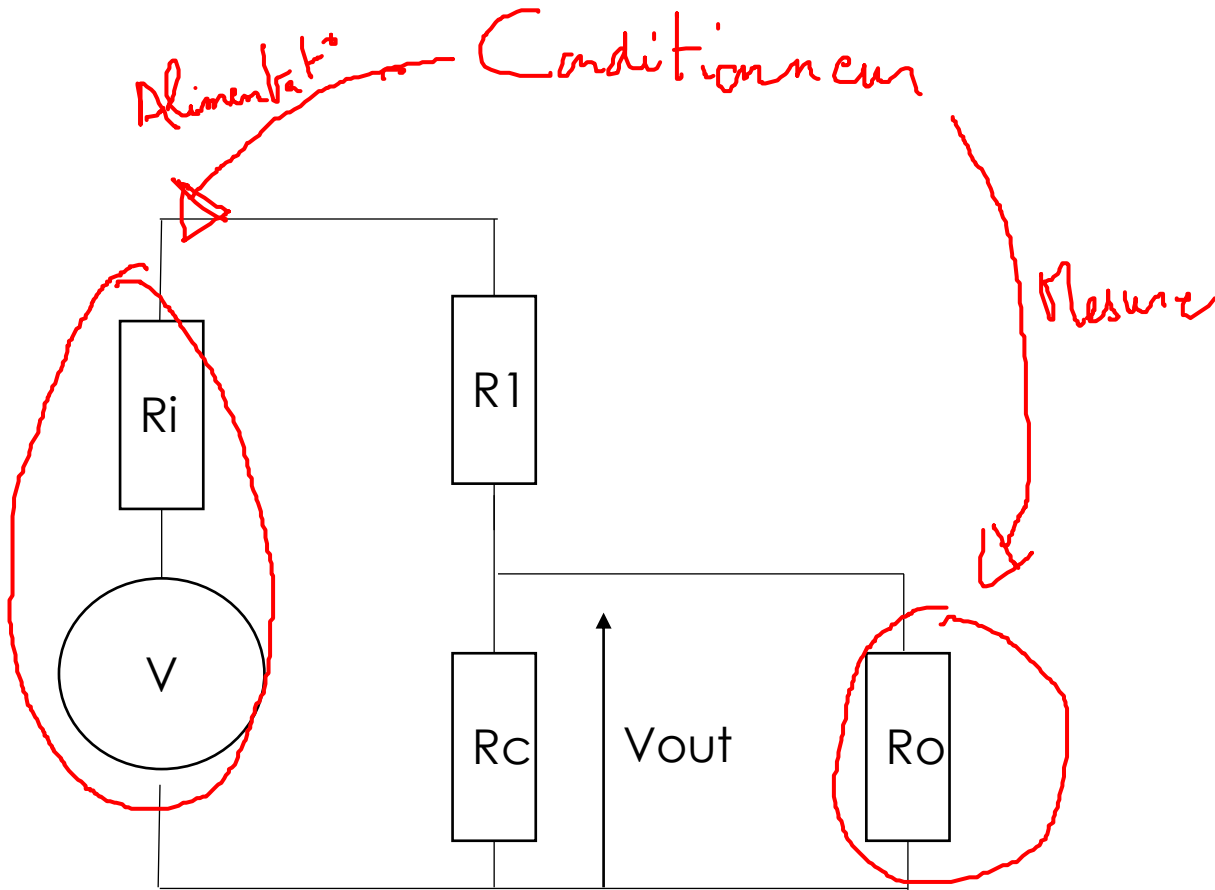


$$V_{out} = V_{in} \frac{R_c}{R_c + R_{eq}}$$

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_c}{R_c + R_1 + \underline{\underline{R_i}}}$$

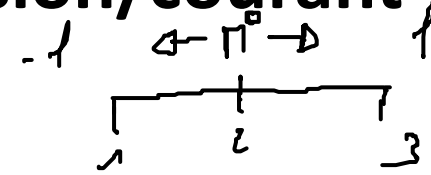
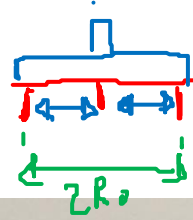
# Capteur passif: alimentation en tension/courant

*Générateur et système de mesure non idéals*



# Capteur passif: alimentation en tension/courant

## Application numérique

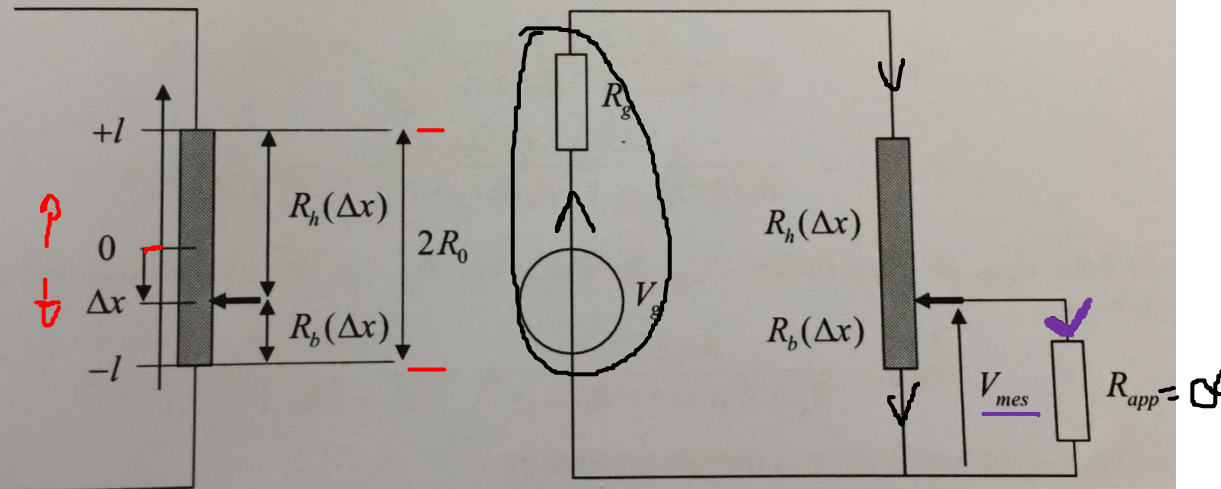


$$R_{13} = R_{12} = 2R_0$$

$$R_{12} = R_{13} = R_0$$

$$R_{12} + R_{13} = 2R_0 = R_{13}$$

Un capteur de déplacement rectiligne est constitué d'un potentiomètre linéaire schématisé sur la figure 1.1. On désigne par  $\Delta x$  la valeur du déplacement du curseur par rapport à la position milieu que l'on prend pour origine de l'axe  $x$ .



1) La course utile du potentiomètre est  $2l = 10 \text{ cm}$  et sa résistance totale est  $2R_0$ . En déduire l'expression des résistances  $R_b(\Delta x)$  et  $R_h(\Delta x)$  du potentiomètre (voir figure 1.1) pour un déplacement  $\Delta x$  du curseur par rapport à la position milieu.

2) Le potentiomètre est monté suivant le schéma de la figure 1.1. La tension de mesure  $V_{mes}$ , image de la position du curseur, est mesurée par une électronique d'impédance d'entrée  $R_{app}$ . Exprimer  $V_{mes}$  en fonction de  $R_b(\Delta x)$ ,  $R_h(\Delta x)$ ,  $R_g$ ,  $R_{app}$  et  $V_g$ .

3) Que devient cette expression pour  $R_{app} \gg R_0$  ?

4) En déduire la sensibilité  $S_{mes}$  de la mesure.

5) Quelle valeur doit-on donner à  $R_g$  pour que cette sensibilité soit maximale ? Que deviennent dans ce cas  $V_{mes}$  et  $S_{mes}$  ? Calculer la sensibilité réduite  $S_r$ .

Le capteur

Le montage

Figure 1.1 Potentiomètre linéaire en capteur push-pull

# Capteur passif: alimentation en tension/courant

## Application numérique

$$S_i: \Delta x = 0 \quad R_H(\Delta x) = R_0$$

$$S_i: \Delta x = l \quad R_H(\Delta x) = 0$$

$$S_i: \Delta x = -l \quad R_H(\Delta x) = 2R_0$$

$$\Delta x \nearrow \quad R_H(\Delta x) \searrow$$

$$\Delta x \searrow \quad R_H(\Delta x) \nearrow$$

$$R_H(\Delta x) = R_0 - R_0 \left( \frac{\Delta x}{l} \right)$$

$$R_B(\Delta x) = R_0$$

$$R_B(\Delta x) = 2R_0$$

$$R_B(\Delta x) = 0$$

$$R_B(\Delta x) \nearrow$$

$$R_B(\Delta x) \searrow$$

$$R_B(\Delta x) = R_0 + R_0 \left( \frac{\Delta x}{l} \right)$$



# Capteur passif: alimentation en tension/courant

## Application numérique

$$\frac{V_{mes}}{R_B(\Delta x) // R_{app}} = \frac{V_g}{\underline{R_g} + \underline{R_H(\Delta x)} + \underline{R_B(\Delta x) // R_{app}}}$$

$$V_{mes} = \frac{V_g R_B(\Delta x) R_{app}}{\underbrace{R_g R_B(\Delta x) + R_H(\Delta x) R_B(\Delta x)}_{\checkmark} + \underbrace{R_g R_{app}}_{\checkmark} + \underbrace{R_H(\Delta x) R_{app}}_{\checkmark} + \underbrace{R_B(\Delta x) R_{app}}_{\checkmark}}$$

$$\textcircled{3} \quad R_{app} \gg R_0 \quad R_{app} \gg R_B(\Delta x) \quad R_{app} \gg R_H(\Delta x)$$

$$V_{mes} = \frac{V_g R_0(\Delta x) R_{app}}{(R_g + \underbrace{R_H(\Delta x) + R_B(\Delta x)}_{2R_0}) R_{app}} = V_g \frac{R_0}{R_g + 2R_0} \left( 1 + \frac{\Delta x}{l} \right)$$



# Capteur passif: alimentation en tension/courant

Application numérique

Sensibilité

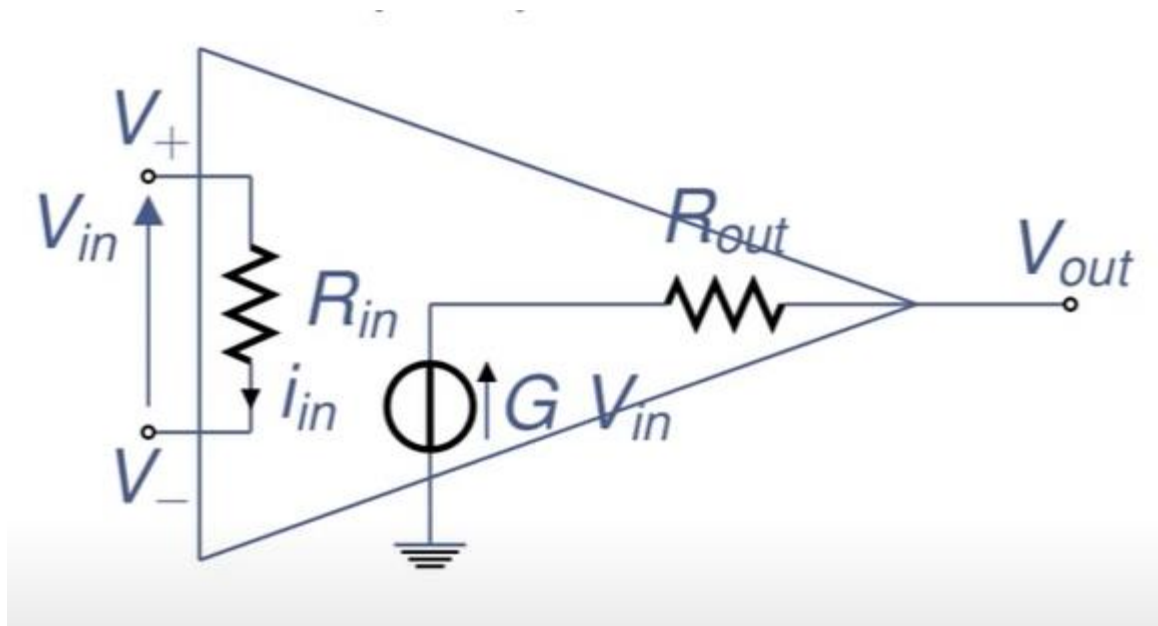
$$S_{mes} = \frac{\Delta V_{mes}}{\Delta x}$$



$$\frac{\Delta \left( \frac{R_o}{R_g + 2R_o} + \frac{R_o \Delta x}{(R_g + 2R_o) l} \right) V_g}{\Delta x} = \frac{R_o V_g}{(R_g + 2R_o) l}$$

# Amplificateur Opérationnel

*Rappel sur l'AOP idéal*





# Amplificateur Opérationnel

- ▶ Amplificateur inverseur
- ▶ Amplificateur non inverseur
- ▶ Amplificateur suiveur
- ▶ Amplificateur différentiel

