

# Cours de Physique des Capteurs : Conditionneurs des capteurs passifs

A. Arciniegas  
N. Wilkie-Chancellier  
G. Sauderais  
E. Dupont

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



- 1 Caractéristiques générales
- 2 Montage potentiométrique
- 3 Les ponts

# Caractéristiques générales

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

- une source de tension  $v_g$  (ou de courant  $i_g$ )

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

- une source de tension  $v_g$  (ou de courant  $i_g$ )
- et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur.

# Principaux types de conditionneurs (1/2)

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

- une source de tension  $v_g$  (ou de courant  $i_g$ )
- et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur.

On peut distinguer deux groupes **principaux** de **conditionneurs** selon qu'ils transfèrent l'information liée aux  $\Delta Z_c$ , soit sur :

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

- une source de tension  $v_g$  (ou de courant  $i_g$ )
- et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur.

On peut distinguer deux groupes **principaux** de **conditionneurs** selon qu'ils transfèrent l'information liée aux  $\Delta Z_c$ , soit sur :

- l'amplitude du signal de mesure,  $v_m = v_g \cdot F(Z_k, Z_c)$  ; **montages potentiométriques et ponts**



# Principaux types de conditionneurs (1/2)

Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

- une source de tension  $v_g$  (ou de courant  $i_g$ )
- et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur.

On peut distinguer deux groupes **principaux** de **conditionneurs** selon qu'ils transfèrent l'information liée aux  $\Delta Z_c$ , soit sur :

- l'amplitude du signal de mesure,  $v_m = v_g \cdot F(Z_k, Z_c)$  ; **montages potentiométriques et ponts**
- la fréquence du signal de mesure,  $f_m = G(Z_c, Z_k)$  ; **oscillateurs**

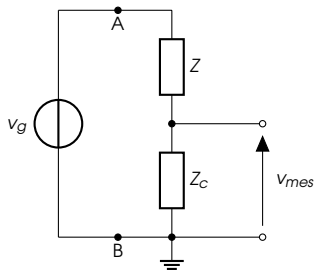
Les variations de l'impédance  $Z_c$  d'un capteur passif (notées  $\Delta Z_c$ ) liées aux variations d'un mesurande  $m$  (notées  $\Delta m$ ) ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur :

- une source de tension  $v_g$  (ou de courant  $i_g$ )
- et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur.

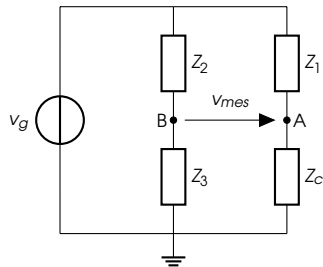
On peut distinguer deux groupes **principaux** de **conditionneurs** selon qu'ils transfèrent l'information liée aux  $\Delta Z_c$ , soit sur :

- l'amplitude du signal de mesure,  $v_m = v_g \cdot F(Z_k, Z_c)$  ; **montages potentiométriques et ponts**
- la fréquence du signal de mesure,  $f_m = G(Z_c, Z_k)$  ; **oscillateurs**

Dans ce module ne seront abordés que les **montages potentiométriques et les ponts**.



Montage Potentiométrique



Montage en pont

## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$

## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$
- Sensibilité du conditionneur :  $S_{cond} = \frac{\Delta V_m}{\Delta Z_c}$

## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$
- Sensibilité du conditionneur :  $S_{cond} = \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c}$
- Sensibilité de la mesure :  $S = S_c \cdot S_{cond} = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m} \cdot \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c} = \frac{\Delta v_m}{\Delta m}$

## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$
- Sensibilité du conditionneur :  $S_{cond} = \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c}$
- Sensibilité de la mesure :  $S = S_c \cdot S_{cond} = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m} \cdot \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c} = \frac{\Delta v_m}{\Delta m}$

## Remarques

- Le conditionneur est dit linéaire si  $S_{cond}$  est indépendante de  $Z_c$  (constante).

## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$
- Sensibilité du conditionneur :  $S_{cond} = \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c}$
- Sensibilité de la mesure :  $S = S_c \cdot S_{cond} = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m} \cdot \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c} = \frac{\Delta v_m}{\Delta m}$

## Remarques

- Le conditionneur est dit linéaire si  $S_{cond}$  est indépendante de  $Z_c$  (constante).
- L'association d'un conditionneur linéaire et d'un capteur linéaire délivre un signal de mesure proportionnel aux variations du mesurande.



## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$
- Sensibilité du conditionneur :  $S_{cond} = \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c}$
- Sensibilité de la mesure :  $S = S_c \cdot S_{cond} = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m} \cdot \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c} = \frac{\Delta v_m}{\Delta m}$

## Remarques

- Le conditionneur est dit linéaire si  $S_{cond}$  est indépendante de  $Z_c$  (constante).
- L'association d'un conditionneur linéaire et d'un capteur linéaire délivre un signal de mesure proportionnel aux variations du mesurande.
- Si le conditionneur n'est pas linéaire, il peut être linéarisé (montage « PUSH-PULL »).

## Sensibilité

- Sensibilité du capteur :  $S_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$
- Sensibilité du conditionneur :  $S_{cond} = \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c}$
- Sensibilité de la mesure :  $S = S_c \cdot S_{cond} = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m} \cdot \frac{\Delta v_m}{\Delta Z_c} = \frac{\Delta v_m}{\Delta m}$

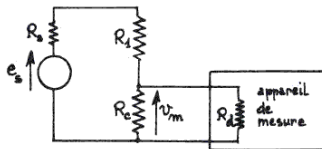
## Remarques

- Le conditionneur est dit linéaire si  $S_{cond}$  est indépendante de  $Z_c$  (constante).
- L'association d'un conditionneur linéaire et d'un capteur linéaire délivre un signal de mesure proportionnel aux variations du mesurande.
- Si le conditionneur n'est pas linéaire, il peut être linéarisé (montage « PUSH-PULL »).
- Lorsque le capteur lui-même n'est pas linéaire, il est quelquefois possible de compenser sa non-linéarité par une non-linéarité opposée du conditionneur, l'ensemble ayant un fonctionnement qui est quasi-linéaire, au moins dans une plage limitée du mesurande.

# Montage potentiométrique

# Montage potentiométrique (1/2)

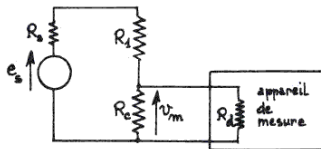
On étudie le montage suivant :



Solution

# Montage potentiométrique (1/2)

On étudie le montage suivant :



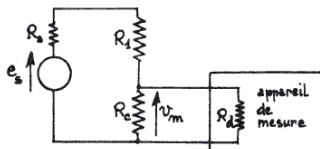
## Solution

- On voit que  $R_c$  et  $R_d$  sont en parallèle. La résistance équivalente est donc :

$$R_{eq} = R_c // R_d = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d}$$

# Montage potentiométrique (1/2)

On étudie le montage suivant :



## Solution

- On voit que  $R_c$  et  $R_d$  sont en parallèle. La résistance équivalente est donc :

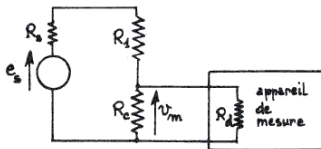
$$R_{eq} = R_c // R_d = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d}$$

- Un pont diviseur de tension permet d'exprimer  $v_m$  par :

$$v_m = \frac{R_{eq}}{R_g + R_1 + R_{eq}} \cdot e_g$$

# Montage potentiométrique (1/2)

On étudie le montage suivant :



## Solution

- On voit que  $R_c$  et  $R_d$  sont en parallèle. La résistance équivalente est donc :

$$R_{eq} = R_c // R_d = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d}$$

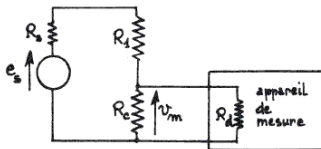
- Un pont diviseur de tension permet d'exprimer  $v_m$  par :

$$v_m = \frac{R_{eq}}{R_g + R_1 + R_{eq}} \cdot e_g$$

- Dans le cas d'un générateur et un appareil de mesures idéaux, on a  $R_g \rightarrow 0$  et  $R_d \rightarrow \infty$ , et donc :

# Montage potentiométrique (1/2)

On étudie le montage suivant :



## Solution

- On voit que  $R_c$  et  $R_d$  sont en parallèle. La résistance équivalente est donc :

$$R_{eq} = R_c // R_d = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d}$$

- Un pont diviseur de tension permet d'exprimer  $v_m$  par :

$$v_m = \frac{R_{eq}}{R_g + R_1 + R_{eq}} \cdot e_g$$

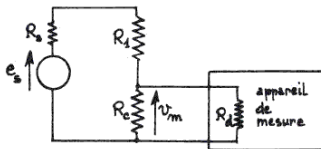
- Dans le cas d'un générateur et un appareil de mesures idéaux, on a  $R_g \rightarrow 0$  et  $R_d \rightarrow \infty$ , et donc :

$$R_{eq} = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d} \rightarrow R_c$$



# Montage potentiométrique (1/2)

On étudie le montage suivant :



## Solution

- On voit que  $R_c$  et  $R_d$  sont en parallèle. La résistance équivalente est donc :

$$R_{eq} = R_c // R_d = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d}$$

- Un pont diviseur de tension permet d'exprimer  $v_m$  par :

$$v_m = \frac{R_{eq}}{R_2 + R_1 + R_{eq}} \cdot e_s$$

- Dans le cas d'un générateur et un appareil de mesures idéaux, on a  $R_2 \rightarrow 0$  et  $R_d \rightarrow \infty$ , et donc :

$$R_{eq} = \frac{R_c R_d}{R_c + R_d} \rightarrow R_c$$

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

La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $R_C$ .

La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $R_c$ .

- Si le capteur est linéaire et  $R_1$  fixe, le conditionnement n'est pas linéaire.

La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $R_c$ .

- Si le capteur est linéaire et  $R_1$  fixe, le conditionnement n'est pas linéaire.
- Si le capteur est linéaire et que  $R_1$  est une résistance variable tel que  $R_1 + R_c = cte$  alors le conditionnement est linéaire (montage « PUSH-PULL »).

La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $R_c$ .

- Si le capteur est linéaire et  $R_1$  fixe, le conditionnement n'est pas linéaire.
- Si le capteur est linéaire et que  $R_1$  est une résistance variable tel que  $R_1 + R_c = cte$  alors le conditionnement est linéaire (montage « PUSH-PULL »).
- Si le capteur n'est pas linéaire on peut linéariser la mesure autour d'une valeur  $m_0$  du mesurande.

La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $R_c$ .

- Si le capteur est linéaire et  $R_1$  fixe, le conditionnement n'est pas linéaire.
- Si le capteur est linéaire et que  $R_1$  est une résistance variable tel que  $R_1 + R_c = cte$  alors le conditionnement est linéaire (montage « PUSH-PULL »).
- Si le capteur n'est pas linéaire on peut linéariser la mesure autour d'une valeur  $m_0$  du mesurande.

### Inconvénient

La difficulté majeure lors de l'utilisation du montage potentiométrique risque de venir de sa sensibilité aux dérives de la source et aux parasites.

## Les ponts

- L'utilisation d'un montage potentiométrique présente le défaut d'avoir en sortie la présence d'une tension continue, et ceci en l'absence de variations du mesurande ( $v_m \neq 0$  quand  $m = 0$ ).

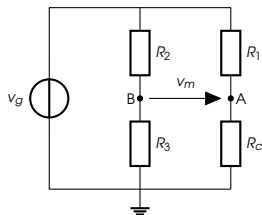


- L'utilisation d'un montage potentiométrique présente le défaut d'avoir en sortie la présence d'une tension continue, et ceci en l'absence de variations du mesurande ( $v_m \neq 0$  quand  $m = 0$ ).
- Le montage en pont permet de s'affranchir de cette tension continue.

- L'utilisation d'un montage potentiométrique présente le défaut d'avoir en sortie la présence d'une tension continue, et ceci en l'absence de variations du mesurande ( $v_m \neq 0$  quand  $m = 0$ ).
- Le montage en pont permet de s'affranchir de cette tension continue.
- L'idée est de faire une mesure de tension basée sur une différence de deux tensions (mesure différentielle).

$$v_m = V_A - V_B$$

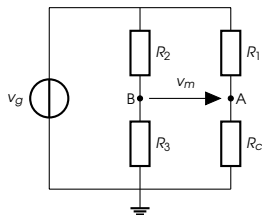
## Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

### Principe

On s'intéresse ici au montage en 1/4 de pont avec :

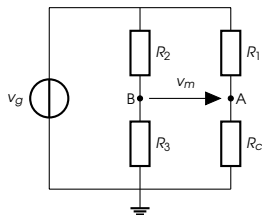


Montage en 1/4 de pont

## Principe

On s'intéresse ici au montage en 1/4 de pont avec :

- 1 capteur résistif  $R_c = R_{c0} + \Delta R$

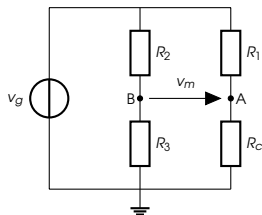


Montage en 1/4 de pont

## Principe

On s'intéresse ici au montage en 1/4 de pont avec :

- 1 capteur résistif  $R_c = R_{c0} + \Delta R$
- 3 résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$

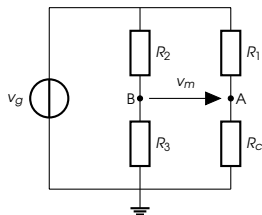


Montage en 1/4 de pont

## Principe

On s'intéresse ici au montage en 1/4 de pont avec :

- 1 capteur résistif  $R_c = R_{c0} + \Delta R$
- 3 résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$
- 1 générateur de tension



Montage en 1/4 de pont

## Principe

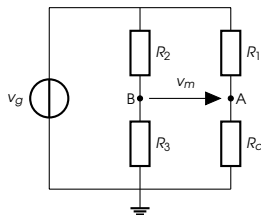
On s'intéresse ici au montage en 1/4 de pont avec :

- 1 capteur résistif  $R_c = R_{c0} + \Delta R$
- 3 résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$
- 1 générateur de tension

La tension de mesure ou tension d'équilibre est :

$$v_m = V_A - V_B$$

## Pont de Wheatstone (1/2)



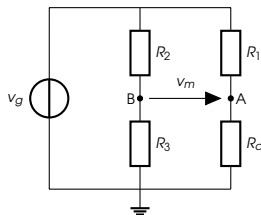
Montage en 1/4 de pont

## Tension d'équilibre (1/2)

En appliquant 2 ponts diviseurs de tensions, on peut exprimer les potentiels  $V_A$  et  $V_B$  :



## Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

## Tension d'équilibre (1/2)

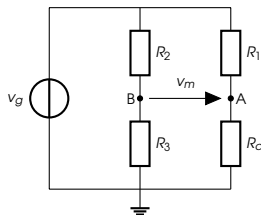
En appliquant 2 ponts diviseurs de tensions, on peut exprimer les potentiels  $V_A$  et  $V_B$  :

$$V_A = \frac{R_C}{R_C + R_1} \cdot v_g$$

$$V_B = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot v_g$$

et on obtient alors une tension de mesure :

# Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

## Tension d'équilibre (1/2)

En appliquant 2 ponts diviseurs de tensions, on peut exprimer les potentiels  $V_A$  et  $V_B$  :

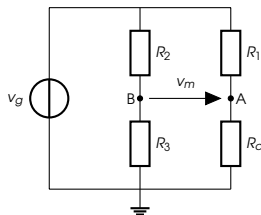
$$V_A = \frac{R_C}{R_C + R_1} \cdot v_g$$

$$V_B = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot v_g$$

et on obtient alors une tension de mesure :

$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

## Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

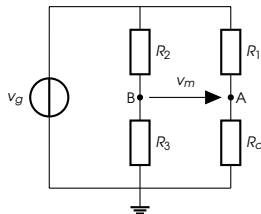
## Tension d'équilibre (2/2)

Rappel :

$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

avec  $R_C = R_{C0} + \Delta R$

# Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

## Tension d'équilibre (2/2)

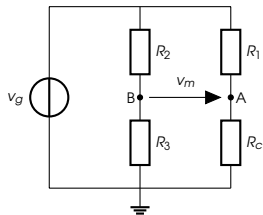
Rappel :

$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

avec  $R_C = R_{C0} + \Delta R$

Pour assurer  $v_m = 0$  lorsque  $m = 0$  (cas stable où  $\Delta R = 0$  et donc  $R_C = R_{C0}$ ), on trouve la condition d'équilibre d'un pont de Wheatstone :

## Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

## Tension d'équilibre (2/2)

Rappel :

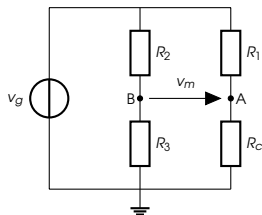
$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

avec  $R_C = R_{C0} + \Delta R$

Pour assurer  $v_m = 0$  lorsque  $m = 0$  (cas stable où  $\Delta R = 0$  et donc  $R_C = R_{C0}$ ), on trouve la condition d'équilibre d'un pont de Wheatstone :

$$R_{C0} R_2 = R_1 R_3$$

# Pont de Wheatstone (1/2)



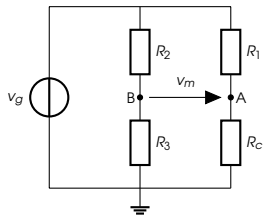
Montage en 1/4 de pont

## Tension de déséquilibre

Rappel :

$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

avec  $R_C = R_{C0} + \Delta R$



Montage en 1/4 de pont

## Tension de déséquilibre

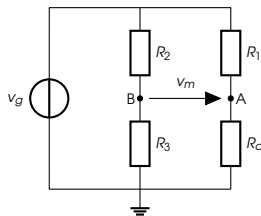
Rappel :

$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

avec  $R_C = R_{C0} + \Delta R$

**Prenons maintenant le cas où  $R_{C0} = R_1 = R_2 = R_3 = R$  :** cela correspond à une sensibilité maximum pour le cas de la branche potentiométrique, et l'on suppose que le mesurande évolue autour d'une valeur  $R_{C0}$  :  $R_C - R_{C0} = \Delta R$ , avec  $R_{C0} = R$ .

# Pont de Wheatstone (1/2)



Montage en 1/4 de pont

## Tension de déséquilibre

Rappel :

$$v_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_2 - R_1 R_3}{(R_C + R_1)(R_2 + R_3)} \cdot v_g$$

avec  $R_C = R_{C0} + \Delta R$

Avec  $R_{C0} = R_1 = R_2 = R_3 = R$  on obtient alors :

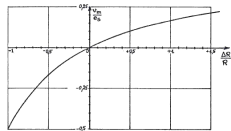
$$V_A = \frac{1 + \frac{\Delta R}{R}}{1 + \frac{\Delta R}{2R}} \cdot \frac{v_g}{2} \text{ et } v_B = \frac{v_g}{2}$$

$$v_m = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{1 + \frac{\Delta R}{2R}} \cdot \frac{v_g}{4}$$



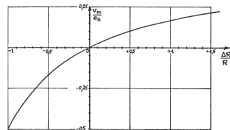
La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $\frac{\Delta R}{R}$ .

$$v_m = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{1 + \frac{\Delta R}{2R}} \cdot \frac{v_g}{4}$$



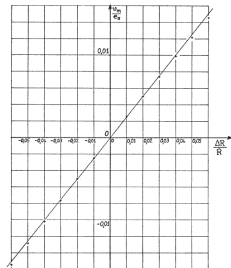
La tension  $v_m$  n'est pas une fonction linéaire de  $\frac{\Delta R}{R}$ .

$$v_m = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{1 + \frac{\Delta R}{2R}} \cdot \frac{v_g}{4}$$



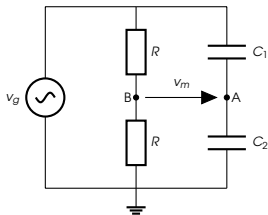
**Cependant**, pour de très faibles variations de  $R_C$ , en faisant une étude autour du voisinage de zéro (avec  $\frac{\Delta R}{R} \ll 1$ ), **on peut linéariser la relation entre  $v_m$  et  $\Delta R$**  :

$$v_m = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{v_g}{4}$$



# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

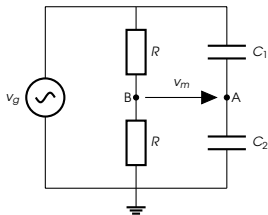
## Tension de déséquilibre (1/2)

D'après le schéma,  $v_A = \frac{Z_{C2}}{Z_{C1} + Z_{C2}} \cdot v_g$  et  $v_B = \frac{v_g}{2}$ , alors :

$$v_m = v_A - v_B$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

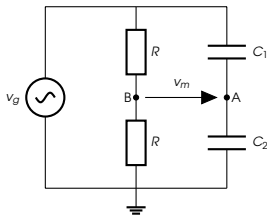
## Tension de déséquilibre (1/2)

D'après le schéma,  $v_A = \frac{Z_{C2}}{Z_{C1} + Z_{C2}} \cdot v_g$  et  $v_B = \frac{v_g}{2}$ , alors :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{Z_{C2} - Z_{C1}}{Z_{C1} + Z_{C2}} \cdot \frac{v_g}{2}$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

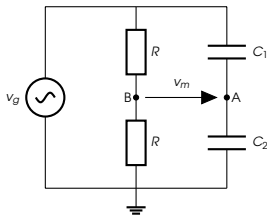
## Tension de déséquilibre (1/2)

D'après le schéma,  $v_A = \frac{Z_{C2}}{Z_{C1} + Z_{C2}} \cdot v_g$  et  $v_B = \frac{v_g}{2}$ , alors :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{\frac{1}{j\omega C_2} - \frac{1}{j\omega C_1}}{\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2}} \cdot \frac{v_g}{2}$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

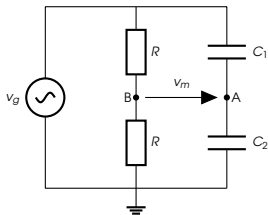
## Tension de déséquilibre (1/2)

D'après le schéma,  $v_A = \frac{Z_{C2}}{Z_{C1} + Z_{C2}} \cdot v_g$  et  $v_B = \frac{v_g}{2}$ , alors :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \cdot \frac{v_g}{2}$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

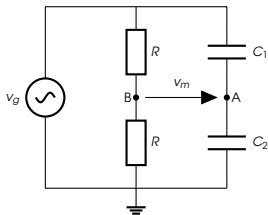
## Tension de déséquilibre (1/2)

D'après le schéma,  $v_A = \frac{Z_{C2}}{Z_{C1} + Z_{C2}} \cdot v_g$  et  $v_B = \frac{v_g}{2}$ , alors :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{v_g}{2}$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

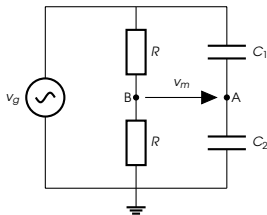
## Tension de déséquilibre (2/2)

Si  $C_2 = C_0 + \Delta C$  et  $C_1 = C_0$ ,



# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

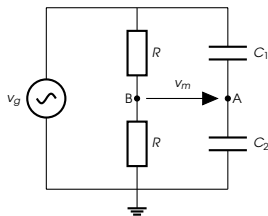
## Tension de déséquilibre (2/2)

Si  $C_2 = C_0 + \Delta C$  et  $C_1 = C_0$ ,

$$v_m = \frac{-\Delta C}{2C_0 + \Delta C} \cdot \frac{v_g}{2}$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

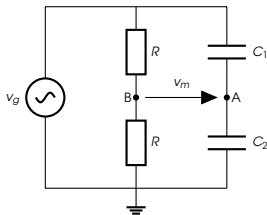
## Tension de déséquilibre (2/2)

Si  $C_2 = C_0 + \Delta C$  et  $C_1 = C_0$ ,

$$v_m = - \frac{\Delta C}{C_0 \left(1 + \frac{\Delta C}{2C_0}\right)} \cdot \frac{v_g}{4}$$

# Pont de Sauty

Dans le cas très fréquent où le capteur est un condensateur dont le diélectrique est l'air, les pertes sont négligeables et l'impédance se réduit à celle de la capacité.



Pont de Sauty

## Tension de déséquilibre (2/2)

Si  $C_2 = C_0 + \Delta C$  et  $C_1 = C_0$ ,

$$v_m = - \frac{\Delta C}{C_0 \left(1 + \frac{\Delta C}{2C_0}\right)} \cdot \frac{v_g}{4}$$

dont l'approximation linéaire est :

$$v_m = - \frac{\Delta C}{C_0} \cdot \frac{v_g}{4}$$