

Cours de Physique des Capteurs : Conditionnement du signal

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

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



CERGY PARIS
UNIVERSITÉ



IUT
CERGY-PONTOISE



1 Avant propos

2 Amplification

3 Linéarisation

Avant propos

Définition

Conditionneur du signal : dispositif dont la fonction est en rapport direct avec la nature du signal telle que celle-ci résulte d'une part des caractéristiques propres du capteur et le cas échéant de son conditionneur et d'autre part des conditions pratiques de la mesure.

Définition

Conditionneur du signal : dispositif dont la fonction est en rapport direct avec la nature du signal telle que celle-ci résulte d'une part des caractéristiques propres du capteur et le cas échéant de son conditionneur et d'autre part des conditions pratiques de la mesure.

Il permet notamment de :

- **interfacer** la source du signal et le reste de la chaîne de mesure selon que cette source est un générateur de tension, de courant ou de charge ;

Définition

Conditionneur du signal : dispositif dont la fonction est en rapport direct avec la nature du signal telle que celle-ci résulte d'une part des caractéristiques propres du capteur et le cas échéant de son conditionneur et d'autre part des conditions pratiques de la mesure.

Il permet notamment de :

- **interfacer** la source du signal et le reste de la chaîne de mesure selon que cette source est un générateur de tension, de courant ou de charge ;
- **amplifier** le signal ;

Définition

Conditionneur du signal : dispositif dont la fonction est en rapport direct avec la nature du signal telle que celle-ci résulte d'une part des caractéristiques propres du capteur et le cas échéant de son conditionneur et d'autre part des conditions pratiques de la mesure.

Il permet notamment de :

- **interfacer** la source du signal et le reste de la chaîne de mesure selon que cette source est un générateur de tension, de courant ou de charge ;
- **amplifier** le signal ;
- **linéariser** le signal ;

Définition

Conditionneur du signal : dispositif dont la fonction est en rapport direct avec la nature du signal telle que celle-ci résulte d'une part des caractéristiques propres du capteur et le cas échéant de son conditionneur et d'autre part des conditions pratiques de la mesure.

Il permet notamment de :

- **interfacer** la source du signal et le reste de la chaîne de mesure selon que cette source est un générateur de tension, de courant ou de charge ;
- **amplifier** le signal ;
- **linéariser** le signal ;
- **extraire** l'information relative au mesurande lorsque ses variations modulent le signal électrique.

Définition

Conditionneur du signal : dispositif dont la fonction est en rapport direct avec la nature du signal telle que celle-ci résulte d'une part des caractéristiques propres du capteur et le cas échéant de son conditionneur et d'autre part des conditions pratiques de la mesure.

Il permet notamment de :

- **interfacer** la source du signal et le reste de la chaîne de mesure selon que cette source est un générateur de tension, de courant ou de charge ;
- **amplifier** le signal ;
- **linéariser** le signal ;
- **extraire** l'information relative au mesurande lorsque ses variations modulent le signal électrique.

Nous allons nous intéresser à l'**amplification** et à la **linéarisation analogique** du signal.

Amplification

D'une façon générale, un amplificateur remplit une triple fonction :

D'une façon générale, un amplificateur remplit une triple fonction :

- en augmentant son niveau, il assure une **protection du signal** vis-à-vis des parasites, du bruit de fond et des dérives des éléments suivants de la chaîne ;

D'une façon générale, un amplificateur remplit une triple fonction :

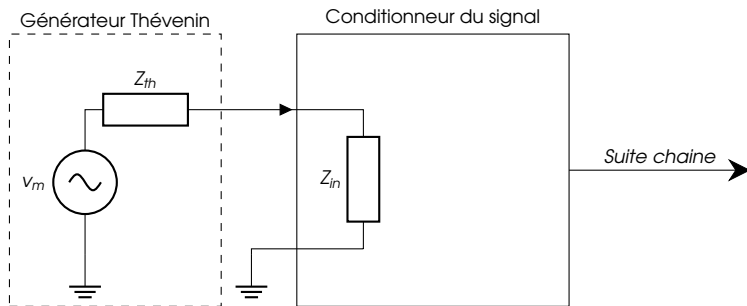
- en augmentant son niveau, il assure une **protection du signal** vis-à-vis des parasites, du bruit de fond et des dérives des éléments suivants de la chaîne ;
- par son impédance d'entrée élevée et sa faible impédance interne, il permet d'assurer un **transfert optimal du signal** entre les dispositifs qu'il relie ;

D'une façon générale, un amplificateur remplit une triple fonction :

- en augmentant son niveau, il assure une **protection du signal** vis-à-vis des parasites, du bruit de fond et des dérives des éléments suivants de la chaîne ;
- par son impédance d'entrée élevée et sa faible impédance interne, il permet d'assurer un **transfert optimal du signal** entre les dispositifs qu'il relie ;
- il **améliore la précision de mesure** en portant le signal au niveau requis par l'échelle d'entrée de l'élément final de la chaîne (le CAN, convertisseur analogique-numérique).

Adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure

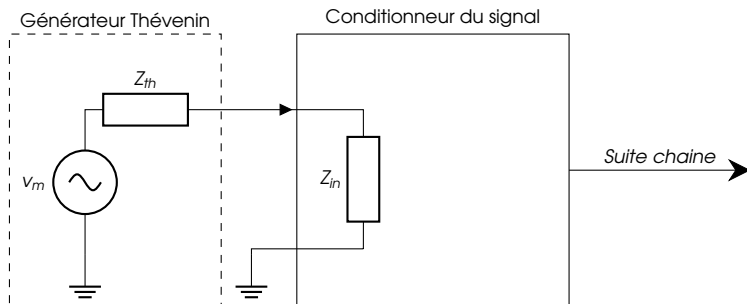
Lorsque l'information correspondant au mesurande m est délivrée sous la forme d'une tension v_m , nous devons prendre en compte le circuit équivalent Thévenin vu par le circuit aux bornes duquel est recueilli le signal v_m .



Adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure

Lorsque l'information correspondant au mesurande m est délivrée sous la forme d'une tension v_m , nous devons prendre en compte le circuit équivalent Thévenin vu par le circuit aux bornes duquel est recueilli le signal v_m .

Dans ce cas, l'impédance d'entrée Z_{in} du conditionneur du signal doit être très supérieure à l'impédance Thévenin Z_{th} .



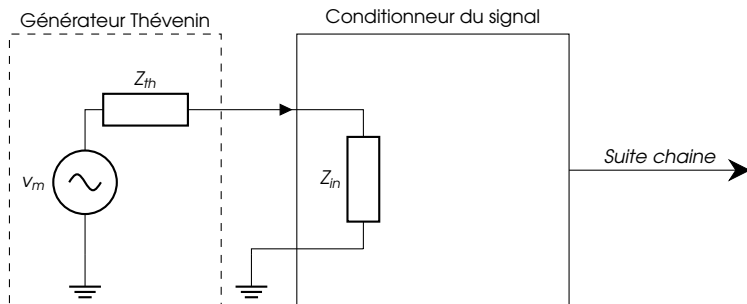
Adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure

Lorsque l'information correspondant au mesurande m est délivrée sous la forme d'une tension v_m , nous devons prendre en compte le circuit équivalent Thévenin vu par le circuit aux bornes duquel est recueilli le signal v_m .

Dans ce cas, l'impédance d'entrée Z_{in} du conditionneur du signal doit être très supérieure à l'impédance Thévenin Z_{th} .

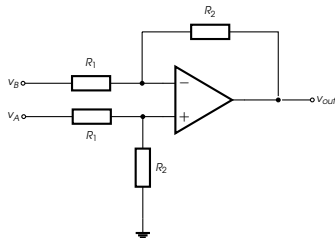
Les dispositifs à grande impédance d'entrée utilisables dans ce cas sont :

- l'AOP en montage suiveur ou non inverseur
- l'amplificateur différentiel, en général sous la forme de l'amplificateur d'instrumentation



Rappel : Amplificateur différentiel

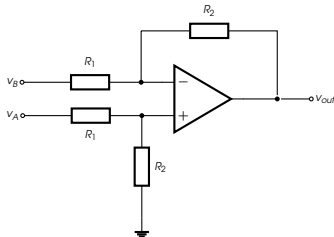
Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :



Solution

Rappel : Amplificateur différentiel

Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :



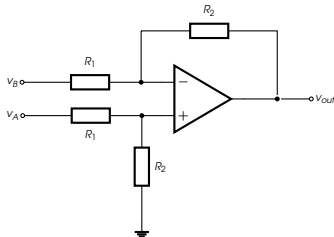
Solution

Un pont diviseur de tension permet d'exprimer v_+ par :

$$v_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_A$$

Rappel : Amplificateur différentiel

Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :



Solution

Un pont diviseur de tension permet d'exprimer v_+ par :

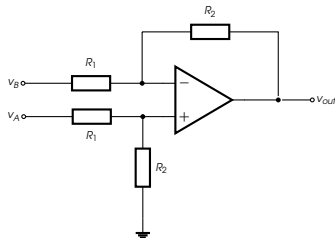
$$v_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_A$$

Le Théorème de Millman permet d'exprimer v_- par :

$$v_- = \frac{\frac{v_B}{R_1} + \frac{v_{out}}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2 v_B + R_1 v_{out}}{R_1 + R_2}$$

Rappel : Amplificateur différentiel

Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :

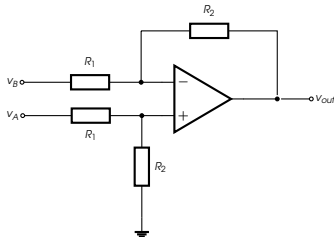


Solution

L'AOP fonctionne en régime linéaire, donc $v_+ = v_-$:

Rappel : Amplificateur différentiel

Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :



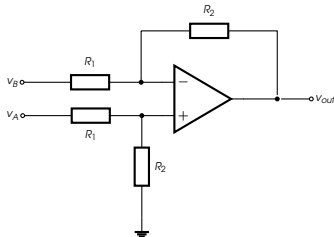
Solution

L'AOP fonctionne en régime linéaire, donc $v_+ = v_-$:

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_A = \frac{R_2 V_B + R_1 V_{out}}{R_1 + R_2}$$

Rappel : Amplificateur différentiel

Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :



Solution

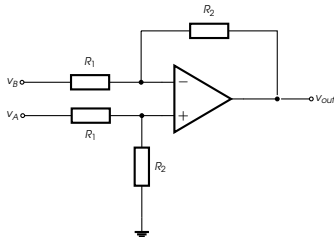
L'AOP fonctionne en régime linéaire, donc $v_+ = v_-$:

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_A = \frac{R_2 V_B + R_1 V_{out}}{R_1 + R_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1 V_{out}}{R_1 + R_2} = (V_A - V_B) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Rappel : Amplificateur différentiel

Nous avons déjà vu le montage amplificateur différentiel, rappelé ci-après :



Solution

L'AOP fonctionne en régime linéaire, donc $v_+ = v_-$:

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_A = \frac{R_2 v_B + R_1 v_{out}}{R_1 + R_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1 v_{out}}{R_1 + R_2} = (v_A - v_B) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Leftrightarrow v_{out} = \frac{R_2}{R_1} (v_A - v_B)$$

Amplification d'une tension différentielle

L'objectif d'un conditionneur de signal amplifiant la tension v_m est d'avoir :

- en entrée les deux tensions v_A et v_B
- en sortie une tension $v_{out} = Kv_m = K(v_A - v_B)$, où K est le coefficient d'amplification.

Amplification d'une tension différentielle

L'objectif d'un conditionneur de signal amplifiant la tension v_m est d'avoir :

- en entrée les deux tensions v_A et v_B
- en sortie une tension $v_{out} = Kv_m = K(v_A - v_B)$, où K est le coefficient d'amplification.

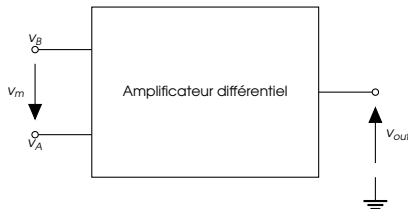
Cet amplificateur doit aussi avoir une impédance d'entrée très élevée pour assurer la *discrétion* du système, c'est-à-dire ne pas prélever d'intensité de courant dans le montage et ainsi ne pas perturber la mesure.

Amplification d'une tension différentielle

L'objectif d'un conditionneur de signal amplifiant la tension v_m est d'avoir :

- en entrée les deux tensions v_A et v_B
- en sortie une tension $v_{out} = Kv_m = K(v_A - v_B)$, où K est le coefficient d'amplification.

Cet amplificateur doit aussi avoir une impédance d'entrée très élevée pour assurer la *discrétion* du système, c'est-à-dire ne pas prélever d'intensité de courant dans le montage et ainsi ne pas perturber la mesure.

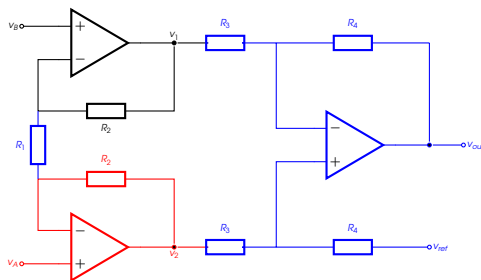


- Un des principaux amplificateurs d'instrumentation est constitué de 3 AOP.

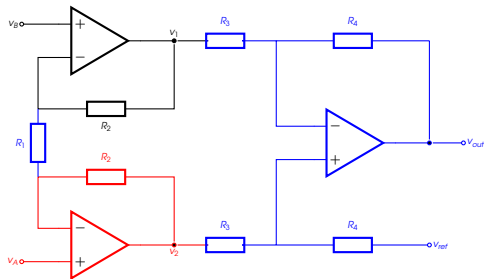
- Un des principaux amplificateurs d'instrumentation est constitué de 3 AOP.
- On retrouve bien en entrée de ce conditionneur les deux tensions v_A et v_B dont on veut amplifier la différence.

Amplificateur d'instrumentation (1/2)

- Un des principaux amplificateurs d'instrumentation est constitué de 3 AOP.
- On retrouve bien en entrée de ce conditionneur les deux tensions v_A et v_B dont on veut amplifier la différence.

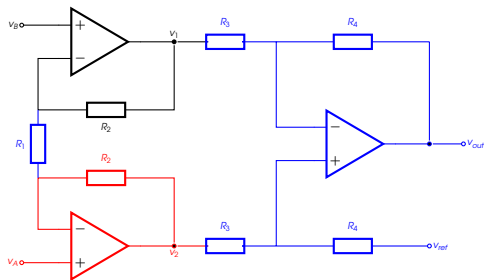


Amplificateur d'instrumentation (2/2)



Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

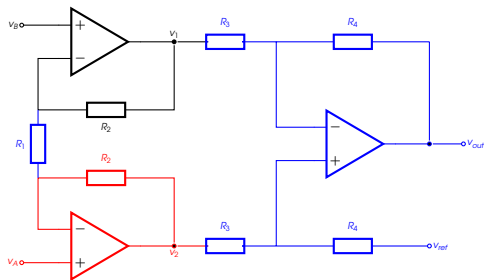


Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

$$V_- = V_B$$

$$V_- = V_A$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)



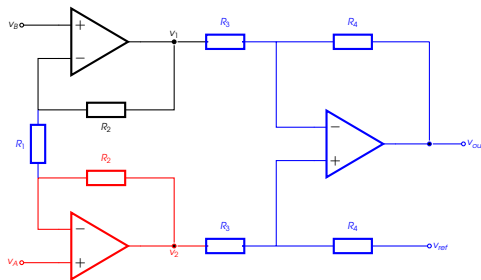
Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

$$V_- = V_B$$

$$V_- = V_A$$

$$V_- = \frac{\frac{V_1}{R_2} + \frac{V_A}{R_1}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}} = \frac{R_1 V_1 + R_2 V_A}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_1 = \frac{(R_1 + R_2) V_B - R_2 V_A}{R_1}$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)



Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

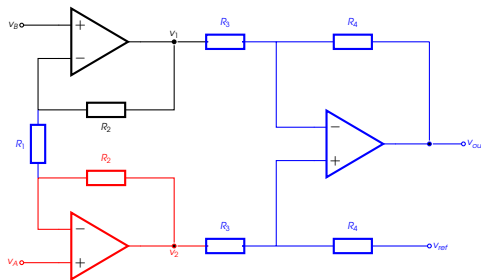
$$V_- = V_B$$

$$V_- = V_A$$

$$V_- = \frac{V_1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}} = \frac{R_1 V_1 + R_2 V_A}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_1 = \frac{(R_1 + R_2) V_B - R_2 V_A}{R_1}$$

$$V_- = \frac{V_2}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}} = \frac{R_1 V_2 + R_2 V_B}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_2 = \frac{(R_1 + R_2) V_A - R_2 V_B}{R_1}$$

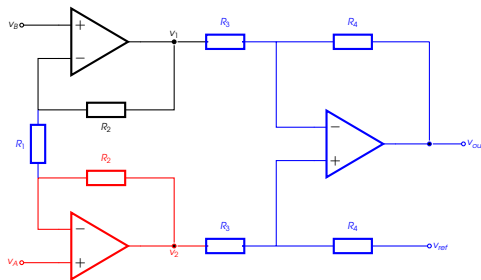
Amplificateur d'instrumentation (2/2)



Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

$$V_+ = \frac{V_2}{R_3} + \frac{V_{ref}}{R_4} = \frac{R_4 V_2 + R_3 V_{ref}}{R_3 + R_4}$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

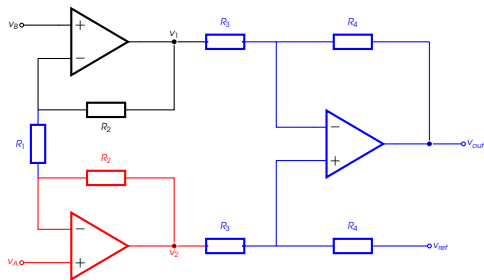


Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

$$V_+ = \frac{\frac{V_2}{R_3} + \frac{V_{ref}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{R_4 V_2 + R_3 V_{ref}}{R_3 + R_4}$$

$$V_- = \frac{\frac{V_1}{R_3} + \frac{V_{out}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{R_4 V_1 + R_3 V_{out}}{R_3 + R_4}$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

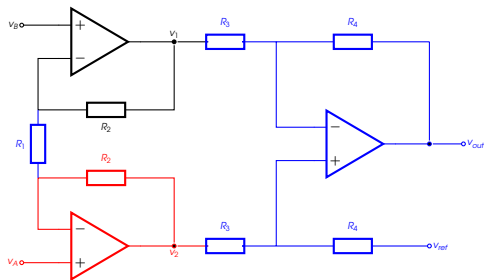


Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

$$V_+ = V_-$$

$$R_4 V_2 + R_3 V_{ref} = R_4 V_1 + R_3 V_{out}$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)



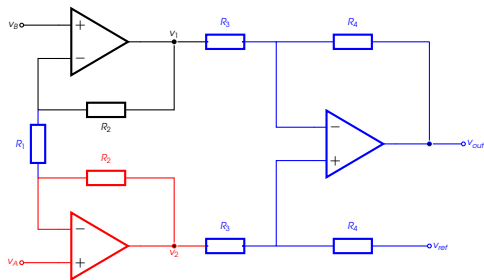
Les AOP fonctionnent en régime linéaire, on a alors :

$$V_+ = V_-$$

$$R_4 V_2 + R_3 V_{ref} = R_4 V_1 + R_3 V_{out}$$

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} (V_2 - V_1)$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

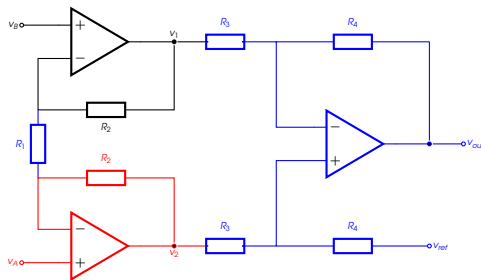


En remplaçant v_1 et v_2 par leurs expressions, il vient :

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} (v_2 - v_1)$$

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[\frac{(R_1 + R_2)V_A - R_2V_B}{R_1} - \left(\frac{(R_1 + R_2)V_B - R_2V_A}{R_1} \right) \right]$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

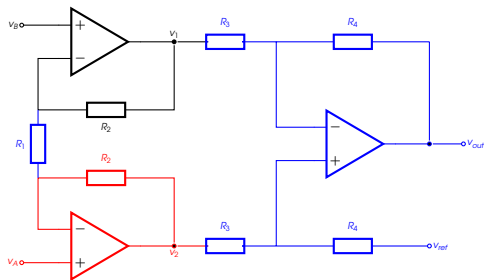


En remplaçant v_1 et v_2 par leurs expressions, il vient :

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[\frac{(R_1 + R_2)V_A - R_2V_B}{R_1} - \left(\frac{(R_1 + R_2)V_B - R_2V_A}{R_1} \right) \right]$$

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[V_A + \frac{R_2}{R_1} V_A - \frac{R_2}{R_1} V_B - V_B - \frac{R_2}{R_1} V_B + \frac{R_2}{R_1} V_A \right]$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

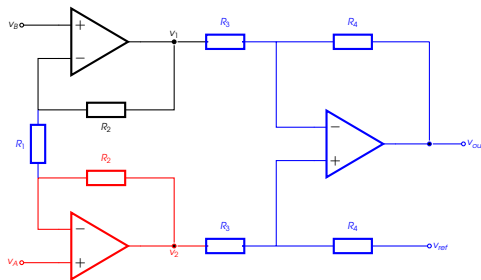


En remplaçant v_1 et v_2 par leurs expressions, il vient :

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[V_A + \frac{R_2}{R_1} V_A - \frac{R_2}{R_1} V_B - V_B - \frac{R_2}{R_1} V_B + \frac{R_2}{R_1} V_A \right]$$

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[V_A + 2 \frac{R_2}{R_1} V_A - V_B - 2 \frac{R_2}{R_1} V_B \right]$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

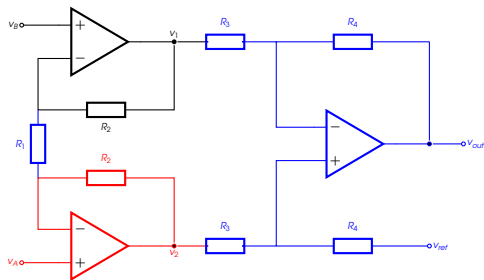


En remplaçant v_1 et v_2 par leurs expressions, il vient :

$$v_{out} = v_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[v_A + 2 \frac{R_2}{R_1} v_A - v_B - 2 \frac{R_2}{R_1} v_B \right]$$

$$v_{out} = v_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left[\left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right) v_A - \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right) v_B \right]$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)

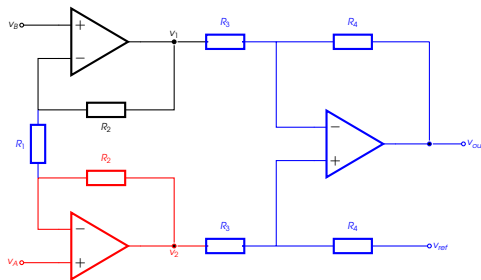


Au final :

Résumé

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right) (V_A - V_B)$$

Amplificateur d'instrumentation (2/2)



Au final :

Résumé

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right) (V_A - V_B)$$

Si $V_{ref} = 0$, alors $v_{out} = K v_m$ avec $K = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right)$ et $v_m = V_A - V_B$.

Linéarisation

Prenons l'exemple d'un capteur capacitif de déplacement dont la capacité est donnée par :

$$C(x) = C_0(1 + Ax)$$

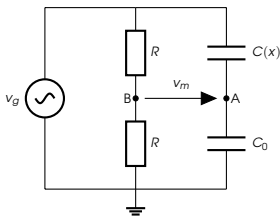
où C_0 est la capacité du capteur pour $x = 0$, et A est un coefficient dépendant des caractéristiques électriques (permittivité des milieux) et des dimensions du capteur.

Prenons l'exemple d'un capteur capacitif de déplacement dont la capacité est donnée par :

$$C(x) = C_0(1 + Ax)$$

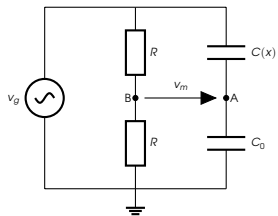
où C_0 est la capacité du capteur pour $x = 0$, et A est un coefficient dépendant des caractéristiques électriques (permittivité des milieux) et des dimensions du capteur.

Positionnons ce capteur $C(x)$ dans un pont de Sauty (déjà étudié auparavant). On retrouve ici $v_m = V_A - V_B$.



Pont de Sauty

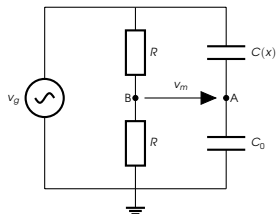
Problème de linéarisation de tension (2/6)



Pont de Sauty

Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

Problème de linéarisation de tension (2/6)

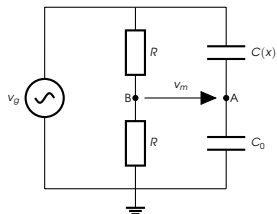


Pont de Sauty

Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$

Problème de linéarisation de tension (2/6)

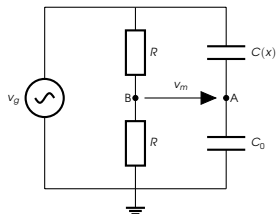


Pont de Sauty

Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

Problème de linéarisation de tension (2/6)



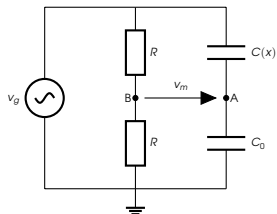
Pont de Sauty

Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

On peut ainsi exprimer v_m par :

Problème de linéarisation de tension (2/6)



Pont de Sauty

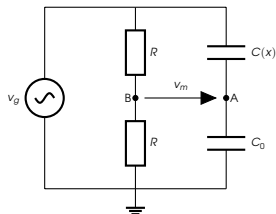
Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

On peut ainsi exprimer v_m par :

$$v_m = v_A - v_B$$

Problème de linéarisation de tension (2/6)



Pont de Sauty

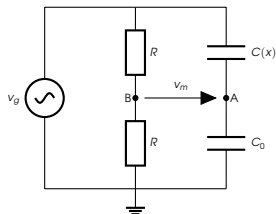
Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

On peut ainsi exprimer v_m par :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g - \frac{1}{2} v_g$$

Problème de linéarisation de tension (2/6)



Pont de Sauty

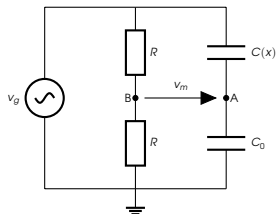
Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

On peut ainsi exprimer v_m par :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g - \frac{1}{2} v_g$$
$$v_m = \frac{C(x) - C_0}{C(x) + C_0} \frac{v_g}{2}$$

Problème de linéarisation de tension (2/6)



Pont de Sauty

Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

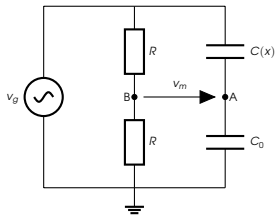
On peut ainsi exprimer v_m par :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g - \frac{1}{2} v_g$$
$$v_m = \frac{C(x) - C_0}{C(x) + C_0} \frac{v_g}{2}$$

En remplaçant $C(x)$ par son expression, on a alors :

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

Problème de linéarisation de tension (2/6)



Pont de Sauty

Deux ponts diviseurs de tension permettent d'écrire :

$$v_A = \frac{Z_{C0}}{Z_{C0} + Z_C} v_g = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g$$
$$v_B = \frac{R}{R + R} v_g = \frac{1}{2} v_g$$

On peut ainsi exprimer v_m par :

$$v_m = v_A - v_B$$
$$v_m = \frac{C(x)}{C_0 + C(x)} v_g - \frac{1}{2} v_g$$
$$v_m = \frac{C(x) - C_0}{C(x) + C_0} \frac{v_g}{2}$$

En remplaçant $C(x)$ par son expression, on a alors :

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

La présence du paramètre de position x au numérateur et au dénominateur indique que cette tension v_m n'est pas linéaire en fonction de x : il faut donc la linéariser par un conditionneur de signal.

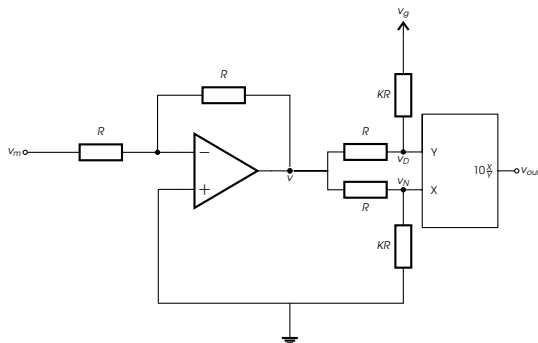
Problème de linéarisation de tension (3/6)

On souhaite donc linéariser la tension : $v_m = \frac{Ax}{2+Ax} \frac{v_g}{2}$

Problème de linéarisation de tension (3/6)

On souhaite donc linéariser la tension : $v_m = \frac{Ax}{2+Ax} \frac{v_g}{2}$

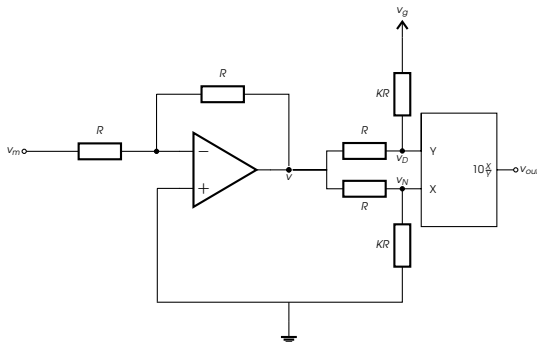
Ce signal doit être d'abord conditionné à l'aide d'un amplificateur d'instrumentation de gain unité afin d'obtenir une tension v_m référencée à la masse. Ensuite, on utilise le système de linéarisation suivant, avec la tension v_m en entrée.



Problème de linéarisation de tension (3/6)

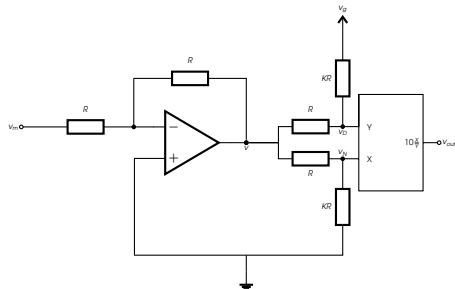
On souhaite donc linéariser la tension : $v_m = \frac{Ax}{2+Ax} \frac{v_g}{2}$

Ce signal doit être d'abord conditionné à l'aide d'un amplificateur d'instrumentation de gain unité afin d'obtenir une tension v_m référencée à la masse. Ensuite, on utilise le système de linéarisation suivant, avec la tension v_m en entrée.



On va montrer que la tension du conditionneur v_{out} peut être linéaire en fonction de x si on choisit bien le coefficient K permettant de régler la valeur des résistances KR .

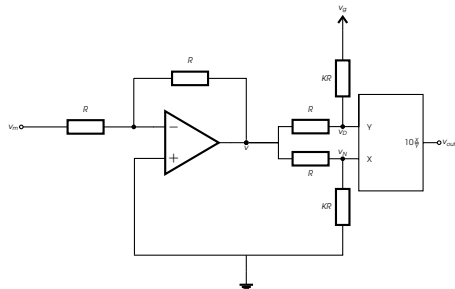
Problème de linéarisation de tension (4/6)



Dans ce conditionneur, on remarque :

- 1 AOP
- 1 diviseur analogique pondéré possédant 2 entrées (X et Y) et 1 sortie ($v_{out} = 10 \frac{X}{Y}$).

Problème de linéarisation de tension (4/6)

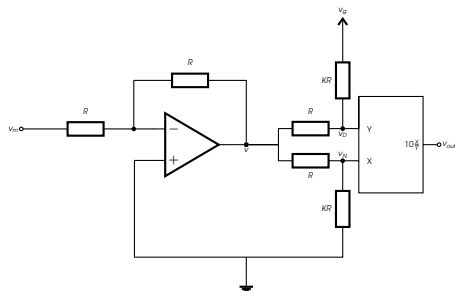


Dans ce conditionneur, on remarque :

- 1 AOP
- 1 diviseur analogique pondéré possédant 2 entrées (X et Y) et 1 sortie ($v_{out} = 10 \frac{X}{Y}$).

L'étude de l'AOP (montage inverseur) permet de voir que $v = -v_m$.

Problème de linéarisation de tension (4/6)



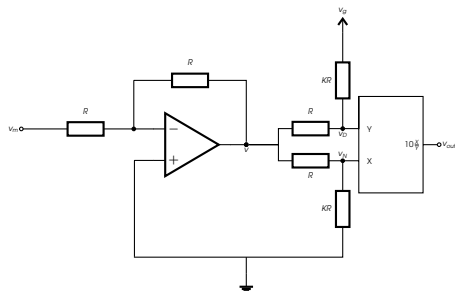
Dans ce conditionneur, on remarque :

- 1 AOP
- 1 diviseur analogique pondéré possédant 2 entrées (X et Y) et 1 sortie ($v_{out} = 10 \frac{X}{Y}$).

L'étude de l'AOP (montage inverseur) permet de voir que $v = -v_m$.

Deux ponts diviseurs de tension indiquent que :

Problème de linéarisation de tension (4/6)



Dans ce conditionneur, on remarque :

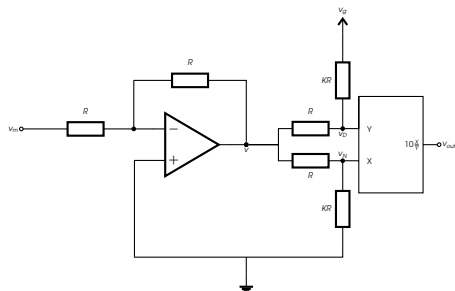
- 1 AOP
- 1 diviseur analogique pondéré possédant 2 entrées (X et Y) et 1 sortie ($v_{out} = 10 \frac{X}{Y}$).

L'étude de l'AOP (montage inverseur) permet de voir que $v = -v_m$.

Deux ponts diviseurs de tension indiquent que :

$$v_N = \frac{KR}{KR + R} v$$
$$v_D = \frac{\frac{v}{R} + \frac{v_g}{KR}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{KR}}$$

Problème de linéarisation de tension (4/6)



Dans ce conditionneur, on remarque :

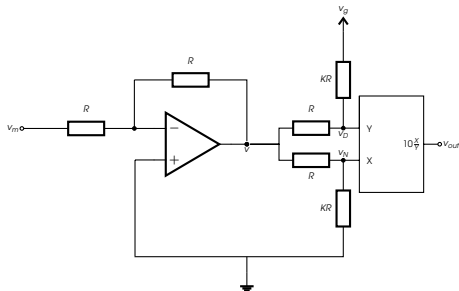
- 1 AOP
- 1 diviseur analogique pondéré possédant 2 entrées (X et Y) et 1 sortie ($v_{out} = 10 \frac{X}{Y}$).

L'étude de l'AOP (montage inverseur) permet de voir que $v = -v_m$.

Deux ponts diviseurs de tension indiquent que :

$$v_N = \frac{K}{K+1} v$$
$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K+1}$$

Problème de linéarisation de tension (5/6)



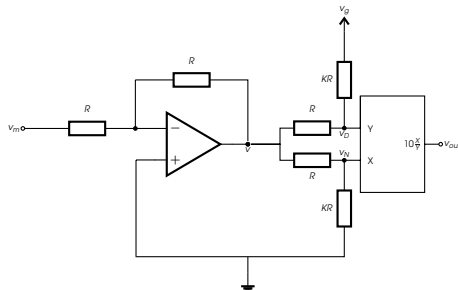
Résumé

$$V_m = \frac{A_x}{2 + A_x} \frac{V_g}{2}$$

$$V = -V_m$$

$$V_N = \frac{K}{K+1} V$$

$$V_D = \frac{Kv + v_g}{K + 1}$$



Résumé

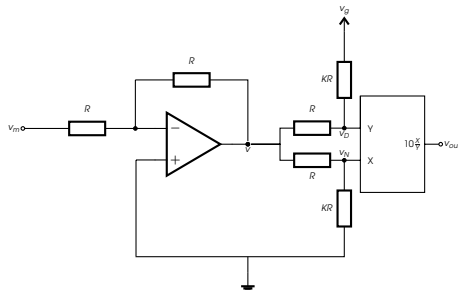
$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K + 1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K + 1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

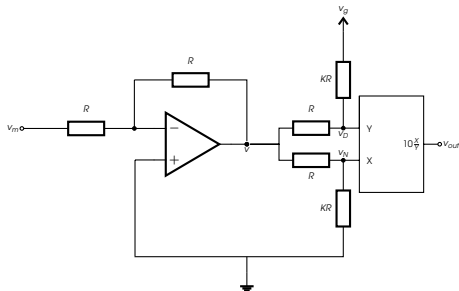
$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K + 1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K + 1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

Donc :



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

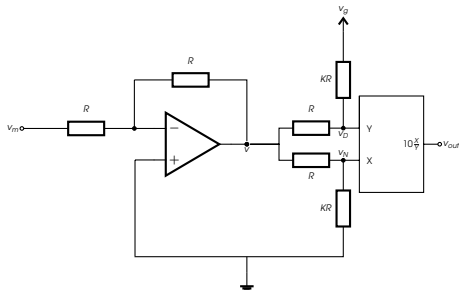
$$v_N = \frac{K}{K+1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K+1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}}$$



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

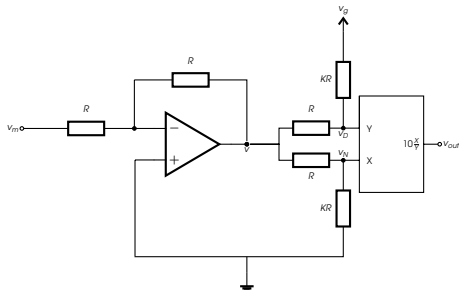
$$v_N = \frac{K}{K+1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K+1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g}$$



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

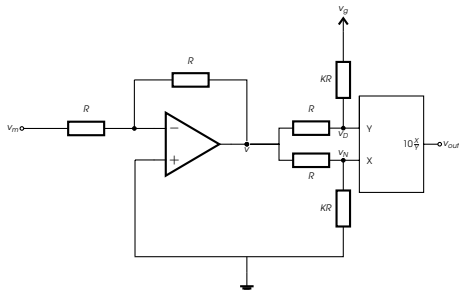
$$v_N = \frac{K}{K + 1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K + 1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g} = 10 \frac{-Kv_m}{v_g - Kv_m}$$



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K+1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K+1}$$

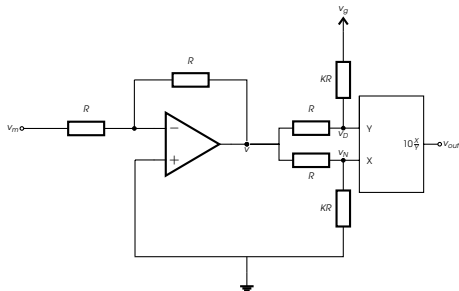
La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g} = 10 \frac{-Kv_m}{v_g - Kv_m}$$

En remplaçant v_m par son expression, on obtient :

Problème de linéarisation de tension (5/6)



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K + 1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K + 1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

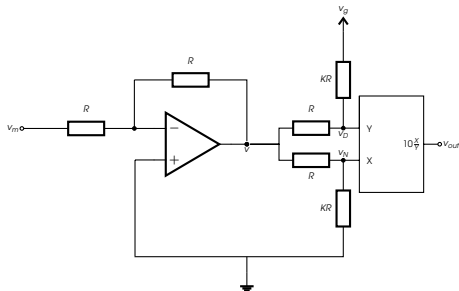
Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g} = 10 \frac{-Kv_m}{v_g - Kv_m}$$

En remplaçant v_m par son expression, on obtient :

$$v_{out} = 10 \frac{-K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}}{v_g - K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}}$$

Problème de linéarisation de tension (5/6)



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K+1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K+1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

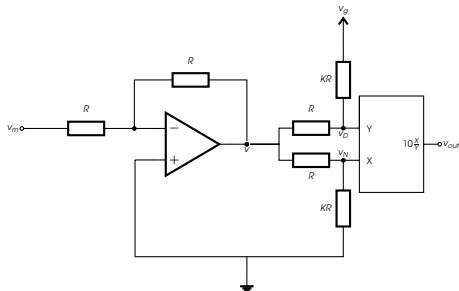
Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g} = 10 \frac{-Kv_m}{v_g - Kv_m}$$

En remplaçant v_m par son expression, on obtient :

$$v_{out} = 10 \frac{-K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}}{v_g - K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}} = \frac{-10K \frac{Ax}{2 + Ax}}{2 - K \frac{Ax}{2 + Ax}}$$

Problème de linéarisation de tension (5/6)



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K+1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K+1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

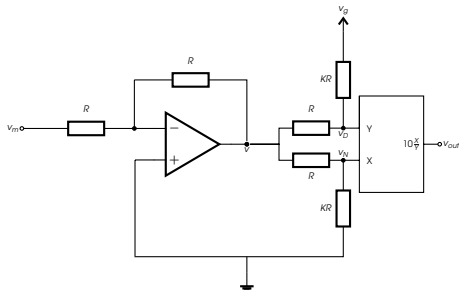
Donc :

$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g} = 10 \frac{-Kv_m}{v_g - Kv_m}$$

En remplaçant v_m par son expression, on obtient :

$$v_{out} = 10 \frac{-K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}}{v_g - K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}} = \frac{-10K \frac{Ax}{2 + Ax}}{2 - K \frac{Ax}{2 + Ax}} = \frac{-10KAx}{2(2 + Ax) - KAx}$$

Problème de linéarisation de tension (5/6)



Résumé

$$v_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}$$

$$v = -v_m$$

$$v_N = \frac{K}{K + 1} v$$

$$v_D = \frac{Kv + v_g}{K + 1}$$

La tension de sortie du conditionneur est alors : $v_{out} = 10 \frac{v_N}{v_D}$.

Donc :

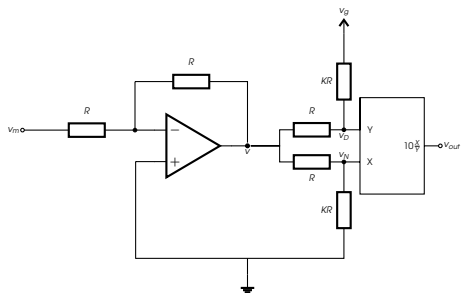
$$v_{out} = 10 \frac{\frac{K}{K+1} v}{\frac{Kv + v_g}{K+1}} = 10 \frac{Kv}{Kv + v_g} = 10 \frac{-Kv_m}{v_g - Kv_m}$$

En remplaçant v_m par son expression, on obtient :

$$v_{out} = 10 \frac{-K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}}{v_g - K \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{v_g}{2}} = \frac{-10K \frac{Ax}{2 + Ax}}{2 - K \frac{Ax}{2 + Ax}} = \frac{-10KAx}{2(2 + Ax) - KAx} = \frac{-10KAx}{4 + (2 - K)Ax}$$

Au final, on a :

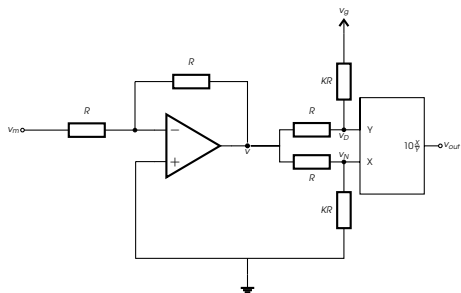
$$V_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{V_g}{2}$$



$$V_{out} = \frac{-10KAx}{4 + (2 - K)Ax}$$

Au final, on a :

$$V_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{V_g}{2}$$

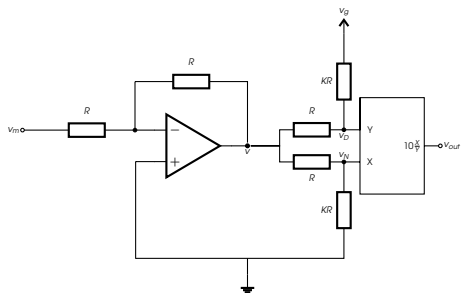


$$V_{out} = \frac{-10KAx}{4 + (2 - K)Ax}$$

En conclusion, il suffit de prendre $K=2$ dans le montage pour que x « disparaisse » du dénominateur, et donc pour que v_m soit linéaire en fonction de la position x .

Au final, on a :

$$V_m = \frac{Ax}{2 + Ax} \frac{V_g}{2}$$



$$V_{out} = \frac{-10KAx}{4 + (2 - K)Ax}$$

En conclusion, il suffit de prendre $K=2$ dans le montage pour que x « disparaisse » du dénominateur, et donc pour que v_m soit linéaire en fonction de la position x .

Résumé

On a alors un système complet fournissant une tension de mesure linéarisée : $V_{out} = -5Ax$