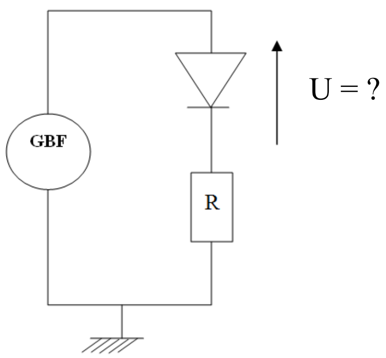
NOM : ……………………………………………………………… PRENOM : ……………………………………………… 2025-2026

PCPI – 1 TS CIRA Vizille BTS CIRA Contrôle Industriel et Régulation Automatique	Chapitre 6 Les filtres	Electricité

ACTIVITE 15 : Amplificateur d'instrumentation

CORRECTION

PRESENTATION

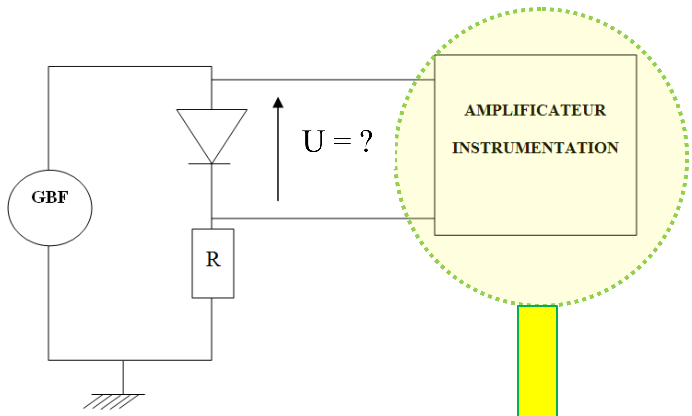


Soit le circuit schématisé ci-contre dans lequel nous souhaitons visualiser directement la tension aux bornes de la diode.

Problème : cette tension n'est pas référencée à la masse

Solution : utiliser une sonde différentielle.

Mais c'est quoi ?

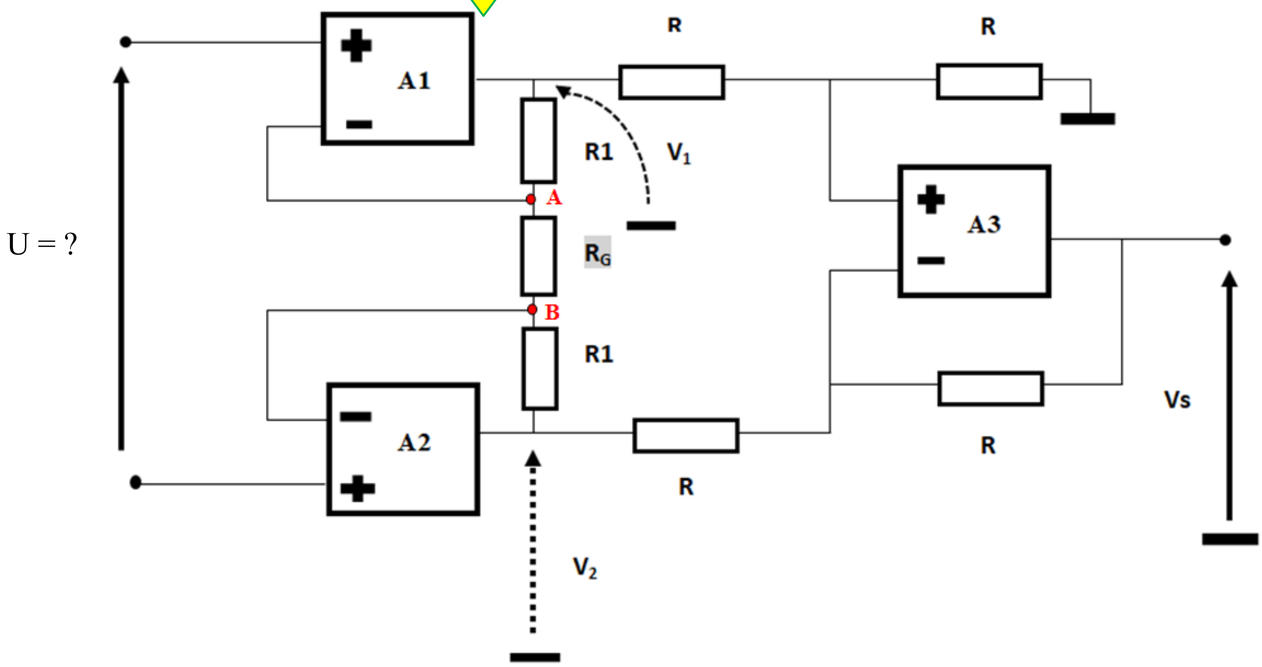


Une sonde différentielle comme son nom l'indique va effectuer la différence entre 2 potentiels et donc donner la valeur d'une tension.

Cette sonde différentielle n'est autre que le montage représenté ci-dessous.

Autre point positif
Pas de courant qui entre dans l'AOP → pas de perturbation engendrée par la mesure de tension

DECOUVERTE DU MONTAGE



1) On considère les AOP parfaits, quelle est la conséquence sur les courants d'entrée des AOP ?

$i^+ = i^- = 0A$

2) Les AOP sont en régime linéaire. **<u>Justifier</u>** cela, en étudiant le câblage de chaque AOP.

sortie reliée entrée inverseuse

3) **<u>Flécher</u>** sur le schéma ci-dessus les trois tensions différentielles d'entrée des 3 AO notées : **Ud_1**, **Ud_2, Ud_3**

4) **<u>Montrer</u>** avec une loi des mailles que la tension **U** se retrouve aux bornes de la résistance **R_G**
Autrement dit **<u>montrer</u>** que $U = U_{AB}$

$$U - \underbrace{Ud_1}_{=0} - U_{AB} + \underbrace{Ud_2}_{=0} = 0$$

$$U = U_{AB}$$

5) On appelle **V_1** la tension de sortie aux bornes de l'AOP 1
On appelle **V_2** la tension de sortie aux bornes de l'AOP 2

<u>Montrer</u> que **$Vs = V_1 - V_2$**

AOP3 :

$$V^+ = \frac{\frac{V_1}{R} + \frac{0}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{V_1}{2}$$

$$V^- = \frac{\frac{V_2}{R} + \frac{Vs}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{V_2 + Vs}{2}$$

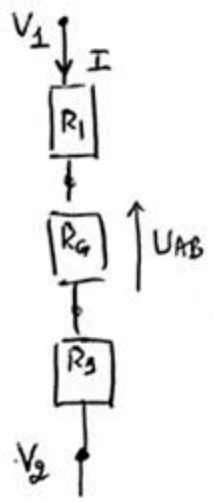
$$V^+ = V^-$$

$$\frac{V_1}{2} = \frac{V_2 + Vs}{2}$$

$$V_1 = V_2 + Vs \Rightarrow Vs = V_1 - V_2$$

6) On cherche à trouver l'expression de l'amplification différentielle $\mathbf{A_D} = \frac{Vs}{Ve}$ en fonction des résistances **R_1** et **R_G**
c'est à dire **<u>montrer</u>** que $\mathbf{A_D} = 1 + 2\times\frac{R1}{RG}$

On appelle ***I*** le courant qui circule dans **R_1**, **R_G** et **R_1**



Loi d'ohm :

$$I = \frac{V_1 - V_2}{2R_1 + R_G} = \frac{Vs}{2R_1 + R_G}$$

$$I = \frac{U_{AB}}{R_G} = \frac{U}{R_G}$$

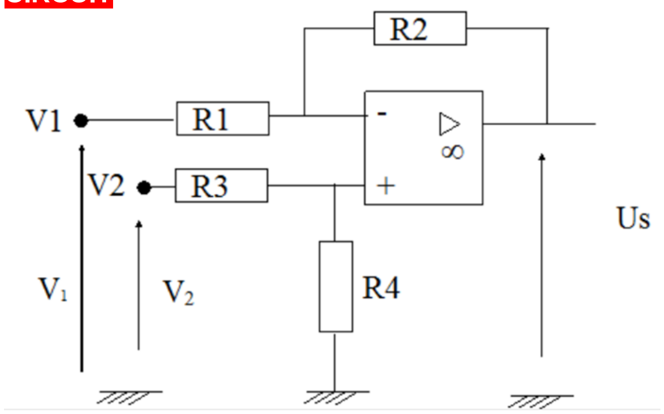
$$\frac{Vs}{2R_1 + R_G} = \frac{U}{R_G}$$

$$\frac{Vs}{U} = \frac{2R_1 + R_G}{R_G} = 2\frac{R_1}{R_G} + 1$$

EN REALITE …. QUE SE PASSE T IL ?

Dans le montage précédent, il arrive que les 4 résistances **R ne soient pas identiques.**
On obtient donc le circuit schématisé ci-dessous avec R_1 R_2 R_3 et R_4
La tension U_S ne va donc plus avoir la même expression.

CIRCUIT



CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT

L'AO est supposé **parfait** donc :

- $i^+ = i^- =$ **0A**
- $R_S =$ **0Ω**

Régime de fonctionnement :
Le régime de fonctionnement de cet AO est **LINEAIRE**

Justification :
Il y a une réaction **NEGATIVE.** car la sortie est reliée à l'entrée **INVERSEUSE**

Conséquence : $U_d = V+ - V- = 0V$

donc **V+ = V-**

EXPRESSION DE LA TENSION DE SORTIE

a) Déterminer la valeur du potentiel V^+ (E^+)

$$V^+ = \frac{\frac{V_2}{R_3} + \frac{0}{R_4}}{1/R_3 + 1/R_4} = \frac{V_2 R_4}{R_3 + R_4}$$

b) Déterminer le potentiel V^- (E-)

$$V^- = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{U_S}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{V_1 . R_2 + U_S . R_1}{R_1 + R_2}$$

c) En déduire que $U_s = V_2.\alpha - V_1.\beta$ avec

$$\alpha = \frac{R_4.(R_1 + R_2)}{R_1.(R_3 + R_4)} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{R_2}{R_1}$$

régime linéaire : $V^+ = V^-$

$$\frac{V_2 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{V_1 . R_2 + U_S R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_S = V_2 \underbrace{\frac{R_4 (R_1 + R_2)}{R_1 (R_3 + R_4)}}_{\alpha} - V_1 \underbrace{\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}_{\beta}$$

TENSION DIFFERENTIELLE ET MODE COMMUN

Nous allons démontrer que la tension $U_s = V_2.\alpha - V_1.\beta$ de sortie peut s'exprimer :

$$U_s = (V_2 - V_1).A_d + \frac{(V_2 + V_1)}{2}.A_c$$

Le terme UTILE c'est à dire qui amplifie la tension différentielle

Le terme PARASITE dû aux incertitude sur les résistance qu'il faut le plus possible éliminer

Un amplificateur sera d'autant meilleur que
→ le coefficient A_c sera PETIT
→ le coefficient A_d GRAND
Donc le terme $\frac{A_d}{A_c}$ soit le plus GRAND possible

On appelle

- ✓ **TENSION DIFFERENTIELLE** **le terme** $U_d = V_2 - V_1$
- ✓ **TENSION MODE COMMUN** **le terme** $U_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$

Les constructeurs indiquent pour leurs amplificateurs un terme appelé TRMC (Taux de Réjection en Mode Commun) par

$$TRMC = 20.\log \frac{A_d}{A_c}$$

Ce TRMC doit être le plus GRAND possible

DEMONSTRATION (facultatif)

1) **Montrer** que $U_c - \frac{U_d}{2} = V_1$ et $U_c + \frac{U_d}{2} = V_2$

2) **Montrer** que la tension Us peut se mettre sous la forme $U_s = (V_2 - V_1).A_d + \frac{(V_2 + V_1)}{2}.A_c$

en posant $A_c = \alpha - \beta$

$$A_d = \frac{\alpha + \beta}{2}$$

On a montré que : $U_s = V_2.\alpha - V_1.\beta$

On a montré que : $U_c - \frac{U_d}{2} = V_1$ et $U_c + \frac{U_d}{2} = V_2$

Donc $U_s =$

DEMONSTRATION

1) **Montrer que** $U_c - \frac{U_d}{2} = V_1$ et $U_c + \frac{U_d}{2} = V_2$

$$U_c - \frac{U_d}{2} = \frac{V_1 + V_2}{2} - \frac{V_2 - V_1}{2} = V_1$$

$$U_c + \frac{U_d}{2} = \frac{V_1 + V_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{2} = V_2$$

$$U_S = V_2 \times \alpha - V_1 \times \beta$$

$$= \left(U_c + \frac{U_d}{2}\right)\alpha - \left(U_c - \frac{U_d}{2}\right) \times \beta$$

$$= U_c\,\alpha + \frac{U_d\,\alpha}{2} - U_c\,\beta + \frac{U_d}{2}\beta$$

$$= U_c(\alpha - \beta) + U_d\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)$$

$$= U_c \times A_c + U_d \times A_d$$

$$= \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \times A_c + \left((V_1 - V_2)\right) \times A_d$$

tension mode commun = terme parasite

tension différentielle = terme utile