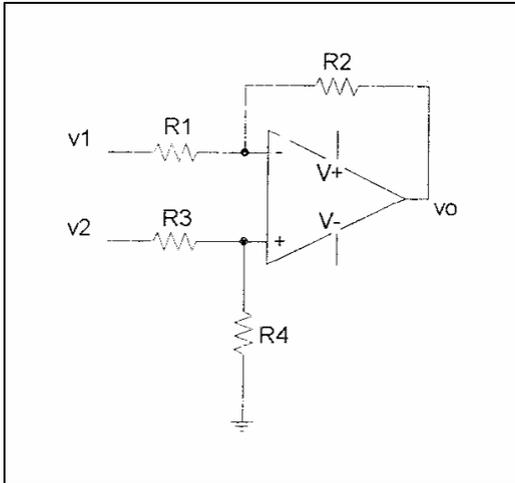


1.4.7 Soustracteur (= variante des montages amplificateurs inverseur et non inverseur)



Par application du théorème de superposition et en considérant l'ampli op comme idéal, on peut écrire :

- Influence de v_1 si $v_2 = 0 \Rightarrow$ le montage est un amplificateur inverseur ($v_+ = 0$) $\Rightarrow v_{o1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot v_1$

- Influence de v_2 si $v_1 = 0 \Rightarrow$ le montage est un amplificateur non inverseur, dont la tension d'entrée est :

$$v_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_2$$

$$\Rightarrow v_{o2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot v_+ = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_2$$

En additionnant les résultats partiels, on a : $v_o = v_{o1} + v_{o2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot v_1 + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot v_2$

Et, si l'on choisit : $R_1 = R_3$ et $R_2 = R_4$, on obtient : $v_o = v_{o1} + v_{o2} = (v_2 - v_1) \cdot \frac{R_2}{R_1}$

La tension de sortie est donc égale à la différence entre les deux entrées, multipliée par le gain R_2/R_1 , d'où le nom de *soustracteur* ou encore *amplificateur différentiel*.

Intérêt du montage

Puisque l'ampli op est déjà un amplificateur différentiel, précisez l'intérêt d'utiliser ce montage, plutôt qu'un simple ampli op, pour réaliser la fonction d'*amplificateur différentiel* :

« Qualité différentielle » du soustracteur ^[12]

Lorsque $v_1 = v_2 = v_{i_{commune}}$, on a idéalement : $v_{o_{commune}} = 0$. Cependant, même en admettant que l'ampli op est idéal, les résistances n'étant jamais exactement identiques, le montage amplifiera également la partie commune des tensions d'entrées et non uniquement leur différence !

$$\text{En effet : } v_{o_{commune}} = \left[-\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right] \cdot v_{i_{commune}}$$

On observe que cette composante de la tension de sortie peut être annulée en réglant la valeur de la résistance R_4 ^[13] de telle manière que : $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1}$ soit : $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$

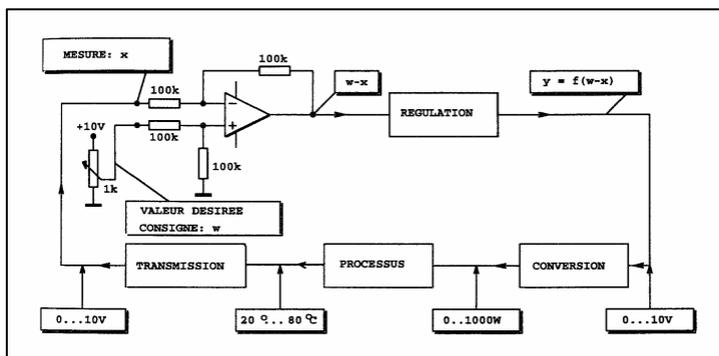
Ainsi, du point de vue pratique, cette résistance sera munie d'un potentiomètre.

Lorsque la résistance R_4 est correctement réglée, on retrouve la relation « idéale » du soustracteur.

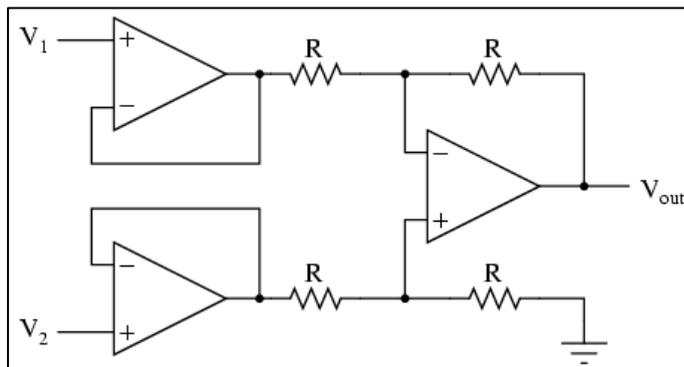
Exemple d'application : « Fonction proportionnelle » d'un régulateur

En régulation, le soustracteur peut être utilisé comme organe de comparaison, réalisant la fonction « proportionnelle » du régulateur.

Une tension d'entrée x est comparée à une valeur de consigne. La tension de sortie du soustracteur (souvent appelé à tort comparateur) est égale à l'écart $(w-x)$ entre les deux entrées. Cette tension d'erreur va être exploitée pour modifier le processus par l'intermédiaire d'un actionneur. L'état du processus en cours est observé par un capteur et transmis à l'entrée du soustracteur sous forme de la tension x .



Augmentation de l'impédance d'entrée du montage ⇒ buffer



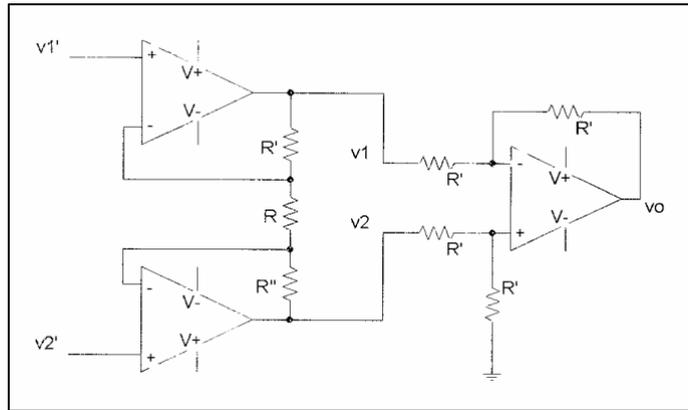
¹² On parle de « réjection du mode commun »

¹³ La résistance R_4 est la mieux adaptée pour assurer ce réglage car elle n'apparaît que dans l'un des deux termes de l'équation et a un effet au numérateur de celui-ci.

Amplificateur d'instrumentation

Le montage de base n'offre pas une bonne souplesse de réglage du gain. En effet, les résistances R_2 et R_4 doivent alors varier toutes deux de la même manière !

S'il existe des « potentiomètres doubles », il est cependant plus intéressant de recourir au montage ci-contre, appelée « **amplificateur d'instrumentation** »^[14].

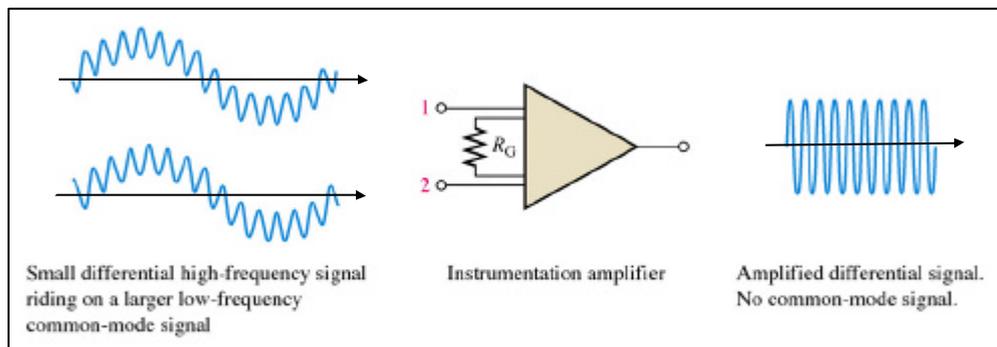


En effet, sa fonction de transfert, $v_o = \frac{R + R' + R''}{R} \cdot (v_2' - v_1')$ ^{[15] [16]}, montre que le gain peut ici être modifié à l'aide de l'unique résistance R .

En outre, le montage de base n'offre pas une forte impédance d'entrée, ce que procure par contre l'« amplificateur d'instrumentation », grâce aux deux ampli op placés en entrée du montage !

Rem: le réglage de la « qualité différentielle » se fait encore à l'aide de la résistance R_4 de la partie « montage soustracteur de base ».

L'« amplificateur d'instrumentation » est principalement destiné à amplifier des signaux de faibles amplitudes fournis par des transducteurs. En effet, étant donné la haute « réjection du mode commun » d'un amplificateur différentiel, les bruits^[17] captés le long des câbles de connexion peuvent être fortement rejetés^[18], comme l'illustre la figure ci-contre.



Le montage « ampli d'instrumentation » offre un tel intérêt que les constructeurs en proposent des versions intégrées. Le plus souvent, la résistance R est cependant externe, afin d'offrir à l'utilisateur la possibilité de régler le gain. On rencontre également des versions à gain programmable via des commutateurs analogiques internes commandés par des entrées numériques.

Des entrées supplémentaires permettent en outre l'ajustement de l'offset, de la bande passante, ...

¹⁴ Dans le domaine de la mesure, ce montage est celui utilisé pour réaliser la fonction d'amplificateur d'instrumentation.

¹⁵ Cette fonction de transfert est obtenue aisément en appliquant la « règle du pont diviseur de tension » et en utilisant la fonction de transfert du montage soustracteur de base.

¹⁶ On peut montrer qu'il est préférable de donner aux résistances R' et R'' des valeurs proches.

¹⁷ qui peuvent alors être très importants par rapport au signal « utile » de faible amplitude. Ces bruits électriques sont notamment dus à l'influence du réseau 50 Hz (c'est ce qu'illustre la figure ci-dessus).

¹⁸ Puisque les bruits affectent les câbles de la même manière (vu leur proximité), les signaux de bruits obtenus en entrée de l'amplificateur différentiel sont de mode commun.