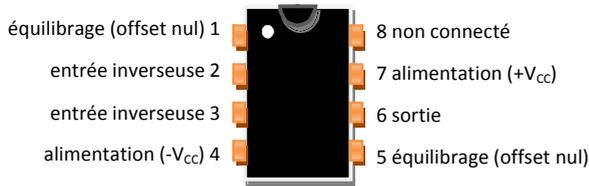


## L'amplificateur opérationnel

### Le composant

Circuit électronique, conçu initialement pour réaliser des opérations arithmétiques, depuis utilisé dans divers applications (amplificateur, comparateur, suiveur, ...).

Circuit intégré à 8 broches (TL081 ou  $\mu A741$ )

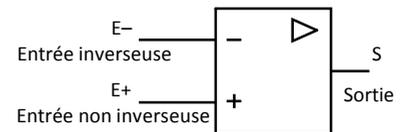


L'alimentation est symétrique (-15 V ; 0 V ; +15 V).

L'équilibrage est utilisé si nécessaire à l'aide d'un potentiomètre branché entre les bornes 1 et 5, avec le curseur à la masse, permettant de rendre symétriques les deux entrées.

Sur les schémas, ne figurent que les entrées et la sortie.

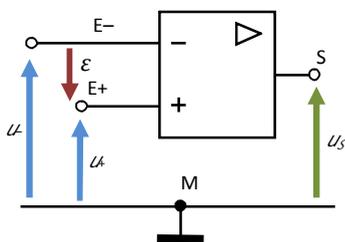
Symbole de l'ampli-op



### Caractéristiques

Dans le cas d'un ampli-op parfait les intensités des courants d'entrée  $i_+$  et  $i_-$  sont considérées comme quasi-nulles (impédances d'entrée infinies).

La résistance (impédance) de sortie est quasi-nulle (en fait, l'intensité est limitée à  $\approx 20$  mA).



La tension de sortie est donnée par :  $u_s = A_v(u_+ - u_-) = A_v \epsilon$ .

Le coefficient d'amplification en tension  $A_v$  est très grand ( $10^5$ ).

La tension de sortie est limitée par l'alimentation  $|u_s| < 15$  V.

Aussi, soit l'ampli-op fonctionne en comparateur (tout ou rien) ou en régime linéaire et alors la tension  $\epsilon \approx 0$  ; pour cela, il est nécessaire de renvoyer une partie de la sortie en contre-réaction sur l'entrée.

### Exemples de montages

#### Le comparateur

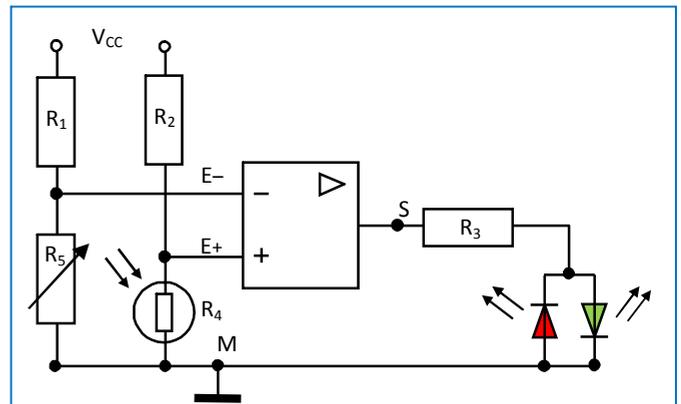
Principe : la valeur de la résistance  $R_4$  dépend de l'éclairement ; à la lumière, elle est faible, à l'obscurité elle est importante.

$R_1$  et  $R_5$  forment un pont diviseur de tension réglable avec  $R_5$  fixant ainsi le potentiel de l'entrée  $E_-$ .

Le potentiel de l'entrée  $E_+$  va donc dépendre de l'éclairement, la tension  $\epsilon$  sera soit positive soit négative et la sortie soit environ +12 V, soit -12 V ; elle est alors saturée.

À +12 V, la led verte s'allume (obscurité) et inversement pour la led rouge (lumière).

Il est possible ainsi de commander un système par la lumière, par la température, ...



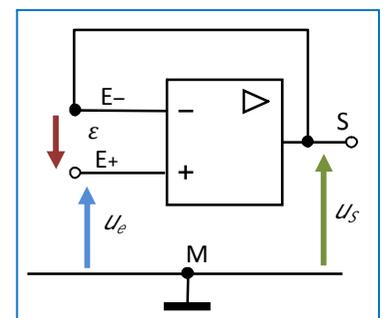
#### Le suiveur

Principe : l'ampli-op est considéré en régime linéaire ;  $\epsilon \approx 0$ .

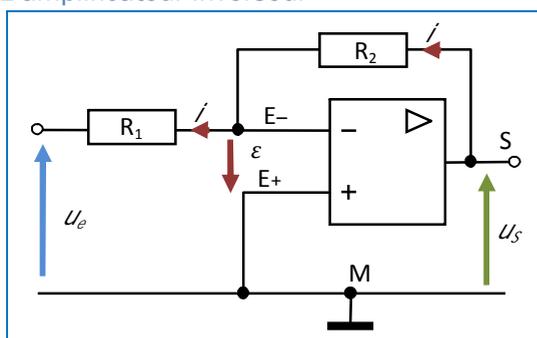
La loi des mailles indique :  $u_e - \epsilon - u_s = 0$

Soit  $u_e = u_s$ .

La tension de sortie est identique à celle de l'entrée, mais comme la résistance d'entrée est importante et celle de la sortie quasi-nulle, cela permet de transformer un GBF de qualité moyenne en un bon GBF insensible aux variations du circuit utilisé.



#### L'amplificateur inverseur



Principe : l'ampli-op est en régime linéaire ;  $\epsilon \approx 0$ .

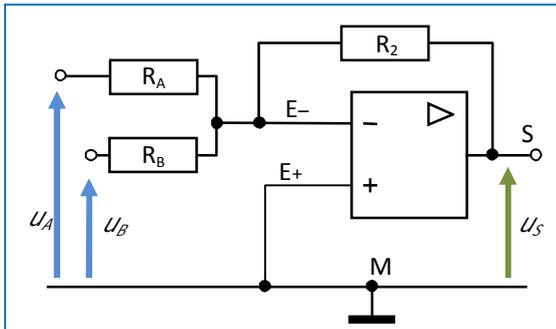
Loi des mailles :  $u_e + R_1 i + \epsilon = 0$ . Soit  $u_e = -R_1 i$ .

Loi des mailles :  $u_s - R_2 i + \epsilon = 0$ . Soit  $u_s = R_2 i$ .

Par élimination de  $i$ , la relation devient :  $u_s = -\frac{R_2}{R_1} u_e$ .

Comme  $R_2$  est supérieure à  $R_1$ , la tension de sortie est égale à la tension d'entrée amplifiée du facteur  $-\frac{R_2}{R_1}$ .

L'additionneur



Principe : c'est une généralisation du montage inverseur.

Aussi  $u_s = -R_2 \left( \frac{u_A}{R_A} + \frac{u_B}{R_B} \right)$ .

Utilisation : ajouter une composante continue à une tension alternative.

Le montage « résistance négative »

Principe : pour entretenir les oscillations d'un circuit RLC, il faut insérer dans le circuit une source d'énergie qui compense les pertes par effet joule dans le résistor R.

Comme  $\mathcal{P}_J = Ri^2$ , la source d'énergie doit fournir une puissance  $\mathcal{P}' = Ri^2$ .

Étude du montage

Les intensités des courants d'entrée de l'ampli-op sont nulles.

Le fonctionnement est linéaire :  $\varepsilon \approx 0$ .

Loi des mailles pour {E- ; E+ ; S ; E-} :  $\varepsilon + R'i' - R'i = 0$  soit  $R'i' = R'i$ .

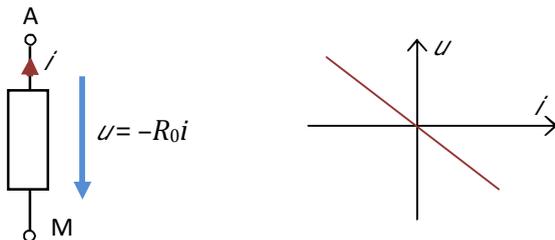
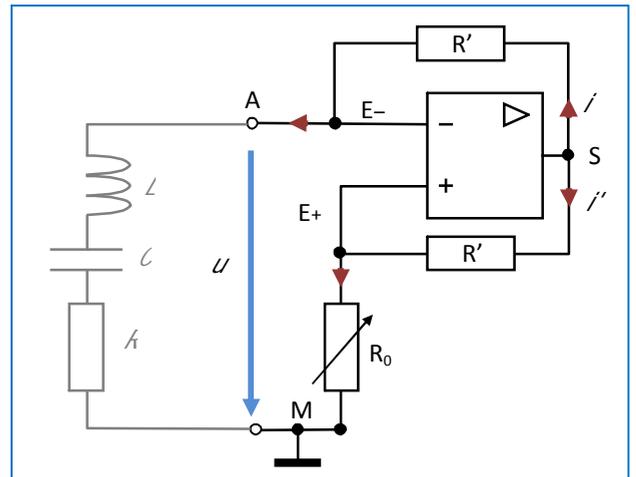
Les intensités  $i$  et  $i'$  sont égales.

Loi des branches pour {E- ; E+ ; M} :  $\varepsilon - R_0i = u$ .

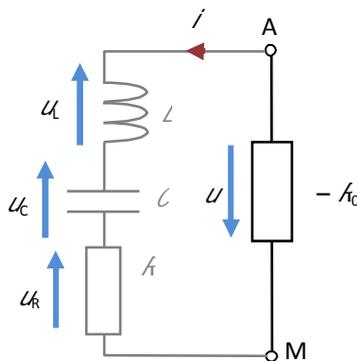
D'où  $u = -R_0i$ .

Forme : tension = résistance × intensité mais avec une résistance négative.

Montage équivalent vu des bornes A et M.



Équation du circuit



Loi des mailles :  $u_L + u_C + u_R + u = 0$

Comme  $u_L = L \frac{di}{dt}$  ;  $u_C = \frac{q}{C}$  ;  $u_R = Ri$  ;  $u = -R_0i$  et  $i = \frac{dq}{dt}$ .

Et en utilisant la notation  $\dot{q} = \frac{dq}{dt}$  et  $\ddot{q} = \frac{d^2q}{dt^2}$ .

L'équation différentielle du circuit s'écrit :

$$L \ddot{q} + (R - R_0) \dot{q} + \frac{q}{C} = 0$$

Si  $R \approx R_0 \Rightarrow L \ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$  les oscillations sont sinusoïdales.

si $R_0 < R$	l'énergie fournie est insuffisante, les oscillations ne peuvent pas naître car l'amortissement est trop important
si $R_0 \approx R$	la perte d'énergie est compensée par la résistance négative (l'alimentation de l'ampli-op), des oscillations sinusoïdales naissent dans le circuit.
si $R_0 > R$	l'apport d'énergie est trop important, le signal se déforme et se sature, il n'est plus sinusoïdal.