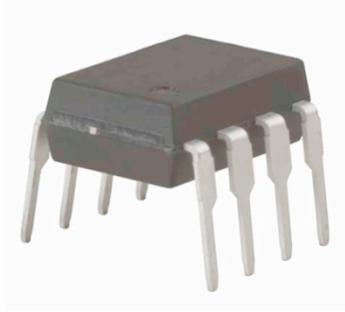


4.3

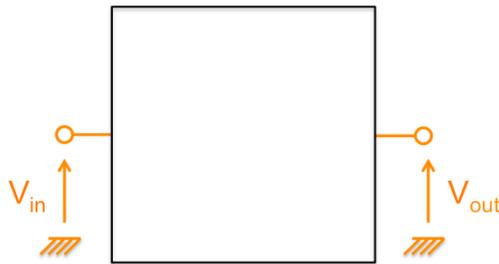
Montages à OPA



Les montages à OPA offrent
une **grande diversité de fonctions**

- Tout est dans la **rétroaction**

Les montages à OPA agissent
sur des grandeurs **analogiques**



..même si celles-ci portent parfois une *information* logique ou numérique

4.3

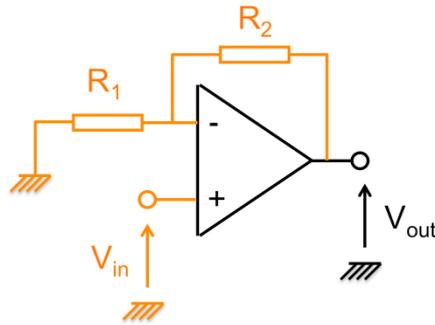
Montages à OPA

- Amplificateurs
- Circuits opérationnels
- Compareurs



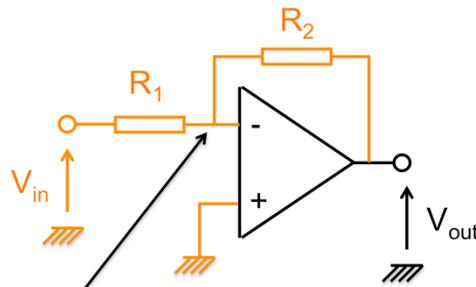
L'OPA est utilisé dans des circuits aux fonctions très diverses.
On a regroupé ici ces circuits en catégories relativement arbitraires. Chaque catégorie regroupe des circuits aux fonctions différentes mais dont la réalisation est proche.

L'amplificateur **non-inverseur**
amplifie un signal



Commençons par rappeler le montage en ampli non-inverseur. Il s'agit du montage déjà vu précédemment, dont le gain en rétroaction vaut $1+(R_2/R_1)$

L'amplificateur **inverseur**
amplifie un signal



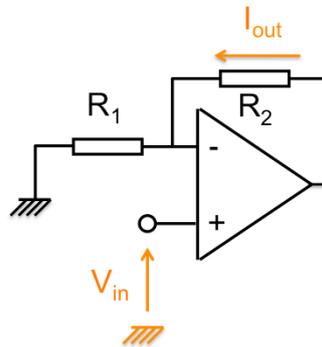
Il utilise une **masse virtuelle**

Il s'agit aussi du montage déjà vu précédemment, dont le gain en rétroaction vaut $-(R_2/R_1)$

Comme on va le voir, ce circuit est à la base de très nombreux montages à OPA réalisant des fonctions diverses.

L'intérêt du montage inverseur est en particulier la présence d'une masse virtuelle à l'entrée inverseuse, grâce à laquelle la ddp sur R1 est V_{in} et la ddp sur R2: $-V_{out}$.

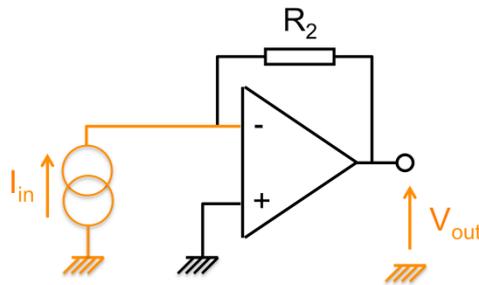
Ces montages sont aussi
des **convertisseurs tension/courant**



Dans les deux montages précédents, le courant dans R_2 est proportionnel à V_1/R_1 , et donc indépendant de R_2 .

En considérant que la grandeur de sortie de ce montage est le courant traversant R_2 (et non la tension V_2 ou V_{out}) et en considérant que R_2 est la charge du montage, celui-ci peut être vu comme un convertisseur tension/courant.

Le **convertisseur courant/tension**
assure la conversion inverse



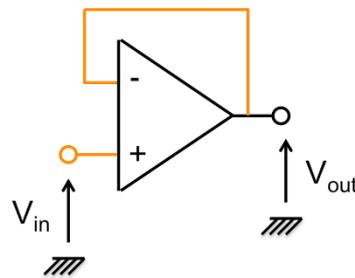
$$V_{out} = -R_2 \cdot I_{in}$$

base: inverseur

Le principe de ce montage est. d'injecter le courant dans R_2 (compte tenu de l'impédance d'entrée quasi-infinie de l'OPA). V_{out} est alors proportionnel au courant traversant R_2 , c'est-à-dire I_{in} .

Le **suiveur** résoud l'adaptation d'impédance

$$A_{\text{suiveur}} \approx 1$$



Cas partic. de non-inverseur

Le suiveur à OPA peut être vu comme un cas particulier de l'ampli non-inverseur qui aurait un gain unitaire ($A=1$).

En conséquence ce montage ne modifie pas le signal. Son intérêt réside dans son impédance d'entrée élevée et son impédance de sortie faible. Il peut donc être intercalé entre deux autres circuits pour résoudre un problème d'adaptation d'impédance en tension.

4.3

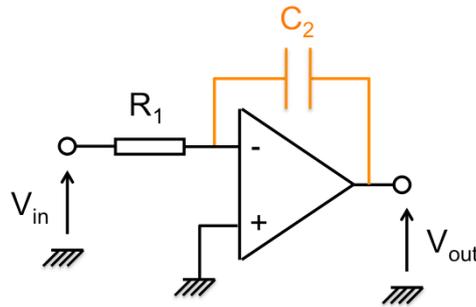
Montages à OPA

- Amplificateurs
- Circuits opérationnels
- Comparateurs



Dans les montages "opérationnels", l'OPA est utilisé pour réaliser des opérations mathématiques sur les grandeurs électriques analogiques. C'est d'ailleurs l'origine du terme "ampli opérationnel".

L'intégrateur intègre sa tension d'entrée

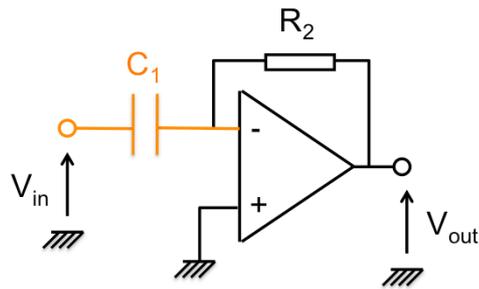


base: inverseur

Il s'agit d'un montage similaire à l'ampli inverseur, mais dans lequel l'impédance Z_2 est une capacité. La fonction "intégration" est réalisée par la capacité elle-même (cfr loi de la capacité), dont la ddp est liée par l'ampli-op à la tension d'entrée du montage: V_{in} .

Ce circuit permet encore de convertir une onde carrée en onde triangulaire (puisque l'intégrale d'une constante croît linéairement).

Le **dérivateur** dérive sa tension d'entrée

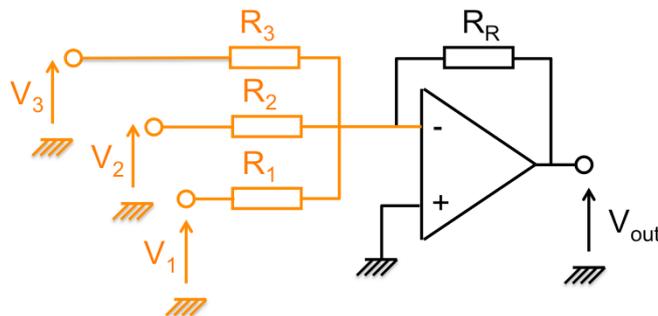


base: inverseur

En permutant les impédances du montage précédent, on réalise la fonction inverse: la dérivation.

$$V_{out} = -R_2 \cdot C_1 \left(\frac{dV_{in}}{dt} \right)$$

Le **sommateur** additionne N tensions



base: inverseur

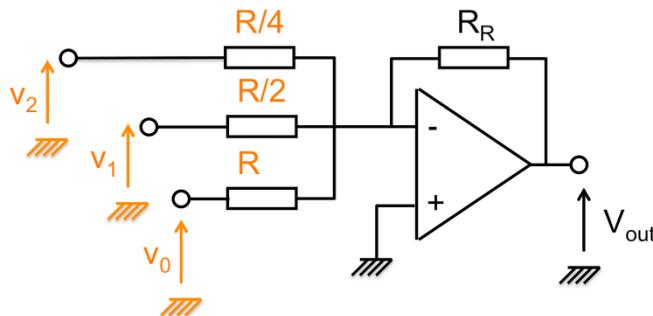
On reconnaît dans ce circuit un ampli inverseur, à la nuance près que le courant dans l'impédance R_r est la *somme* des courants i_j circulant dans les différentes impédances R_j . (La sommation se fait conformément à la "loi des noeuds" au noeud situé à l'entrée inverseuse).

Si toutes les résistance R_j sont identiques, on réalise un sommateur des tensions V_j . Mais on peut également réaliser une somme pondérée (en variant la valeur des résistances) ou calculer directement la moyenne des tensions d'entrée par exemple (en divisant par n la valeur des n résistances R_j).

Enfin on peut simultanément réaliser une amplification en réglant la valeur de la résistance R_r .

Le convertisseur N/A convertit un mot numérique

$$V = \dots + 2^2 v_2 + 2^1 v_1 + 2^0 v_0$$



La fonction de convertisseur numérique/analogique est fondamentale. Elle est utilisée pour reconvertir une grandeur numérique, après traitement par un microprocesseur par exemple, en une grandeur physique analogique.

Une manière de la réaliser est d'utiliser le circuit représenté ci-dessus, qui n'est rien d'autre qu'un cas particulier de sommateur ("sommateur à entrée graduée").

Ce circuit se caractérise par le poids des impédances R_j qui correspondent chacune à un valeur de base R divisée par une puissance de 2.

Par ailleurs chaque entrée est un signal "numérique", c'est-à-dire concrètement une tension analogique pouvant prendre deux valeurs nominales (par exemple 0V ou 5V) représentant chacune un état binaire (0 ou 1).

Dans l'exemple ci-dessus, le signal d'entrée comprend 3 bits (3 tensions) qui forment ensemble un mot binaire (voir partie numérique du cours). En conséquence, la valeur de tension à la sortie du montage ne peut prendre que 8 valeurs différentes: même s'il s'agit d'une valeur analogique, cette grandeur varie "par pas".

4.3

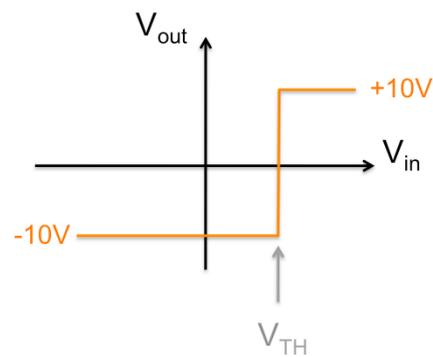
Montages à OPA

- Amplificateurs
- Circuits opérationnels
- Comparateurs



La dernière catégorie comprend les montages où l'ampli-op est fondamentalement utilisé comme comparateur.

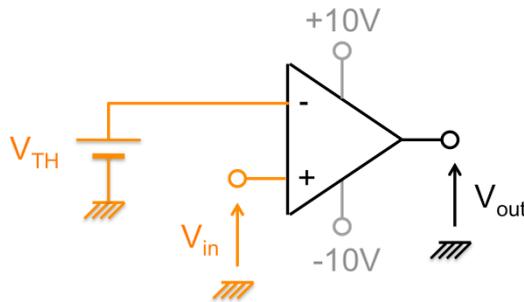
Le **comparateur** évalue V_{in}
par rapport à un seuil



Un comparateur est un circuit qui évalue la valeur d'un signal par rapport à un seuil V_{TH} et délivre une information binaire en conséquence: le signal d'entrée est-il au-dessus ou en dessous du seuil?

Comme pour d'autres montages précédents, la sortie du montage est une tension analogique mais qui ne peut prendre que deux valeurs nominales différentes (ici $+10V$ et $-10V$). Elle porte donc une information binaire.

Le **comparateur** évalue V_{in}
par rapport à un seuil



Pas de rétroaction

La fonction définie dans la page précédente peut être réalisée par le montage ci-dessus.

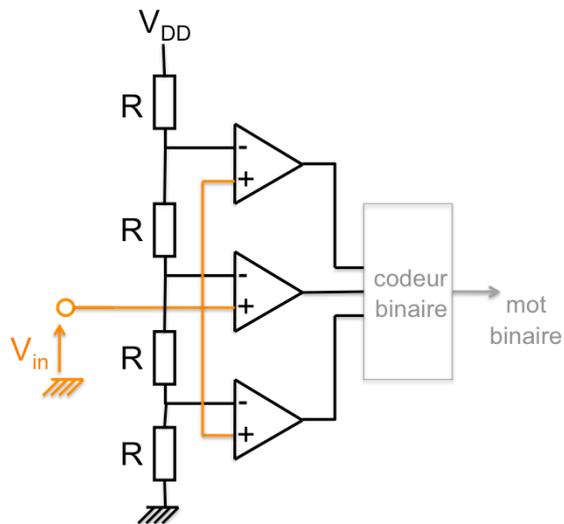
On exploite dans celui-ci le fait que l'OPA sature dès qu'il sort de sa zone linéaire qui est comme on le sait très étroite ($<1\text{mV}$).

Le principe est simplement que dès que dans la tension d'entrée s'écarte du seuil V_{TH} en positif ou en négatif, l'OPA sort de sa zone linéaire et sature à la tension d'alimentation correspondante.

On remarquera d'ailleurs que dans ce montage il n'y a pas de rétroaction. On ne respecte pas non plus le principe du zéro virtuel. C'est donc une utilisation fondamentalement différente de l'OPA que dans les montages des autres catégories. L'OPA est ici utilisé comme un composant fortement non-linéaire.

Ce montage peut encore être vu comme un convertisseur analogique/numérique à un seul bit de sortie.

Le convertisseur A/N (type FLASH)



On peut à partir du principe précédent créer un convertisseur analogique/numérique (ou ADC): il suffit d'utiliser plusieurs comparateurs auxquels on donne des seuils régulièrement espacés, construits via un diviseur résistif.

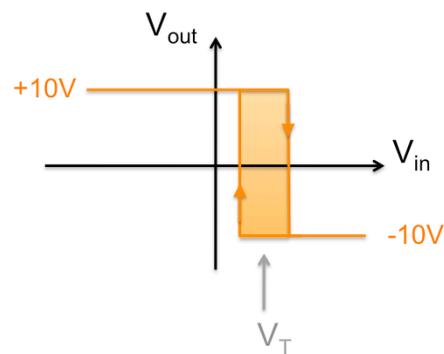
Chaque comparateur bascule vis-à-vis de son propre seuil.

On peut ainsi "catégoriser" le signal d'entrée dans différents intervalles.

En analysant la sortie des différents comparateurs, on sait dans quel intervalle se trouve la tension d'entrée. Il est alors facile de construire un circuit auxiliaire purement numérique ("codeur binaire") convertissant cette information en un nombre binaire (plusieurs formats de codage possibles).

N.B.: le circuit illustré est celui d'un convertisseur analogique/numérique de type "FLASH". C'est le plus rapide des ADCs car on compare tous les seuils en parallèle mais il a l'inconvénient de demander un très grand nombre de comparateurs (imaginez le circuit pour 256 ou 1024 niveaux). Il existe d'autres architectures plus économes en nombre de composants mais elles sont plus lentes. Le choix du convertisseur dépend de l'application concernée.

Le trigger de Schmitt introduit une **hystérèse** dans la comparaison

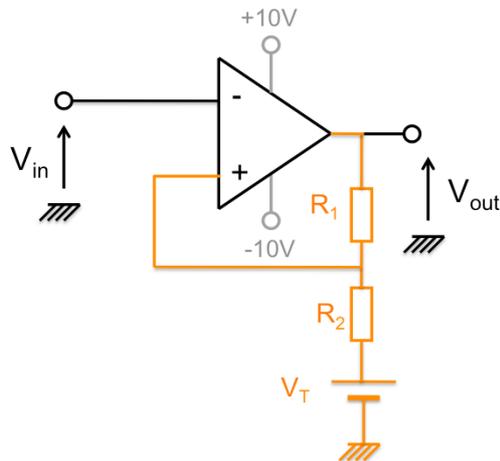


Revenons au simple comparateur. En présence de bruit sur l'entrée, un comparateur risque de voir sa sortie osciller lorsque l'entrée franchit le seuil de basculement. Le fonctionnement du circuit aval risque d'être perturbé.

Pour éviter ces oscillations, on peut créer une hystérèse (c'est-à-dire un cycle dans la caractéristique du composant).

L'idée est en fait de créer deux seuils de basculement différents suivant que V_{in} croît ou décroît.

Le **trigger de Schmitt** introduit une **hystérèse** dans la comparaison



rétroaction positive

On voit ici comment introduire une hystérèse: en ajoutant une instabilité dans le circuit via une *rétroaction positive*.

Le seuil de basculement est fixé dans ce montage par la tension sur la borne V_+ , qui est donc bien le seuil par rapport auquel va être comparé le signal V_{in} . La rétroaction (dans ce cas-ci positive) modifie cette tension V_+ dès qu'on franchit le seuil de basculement dans un sens, de sorte qu'une légère variation de la tension d'entrée après le basculement ne fait pas "rebasculer" l'ampli dans l'autre sens. Le trigger de Schmitt est très couramment utilisé en électronique numérique.

Il existe de nombreux autres montages

- Ampli d'instrumentation et ampli d'isolation
- Filtres actifs
- Oscillateurs
- Régulateurs

Les montages à OPA offrent
une **grande diversité de fonctions**

- Tout est dans la **rétroaction**