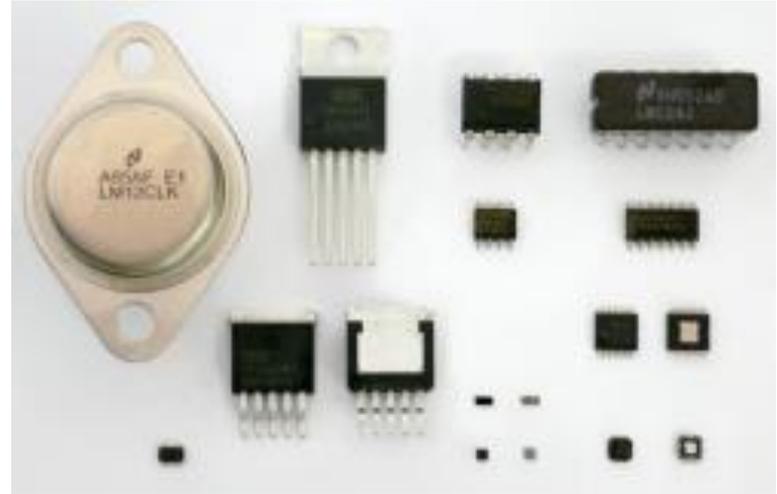


Electronique analogique



Chapitre 2 : Amplificateur opérationnel idéal



Amplificateur opérationnel

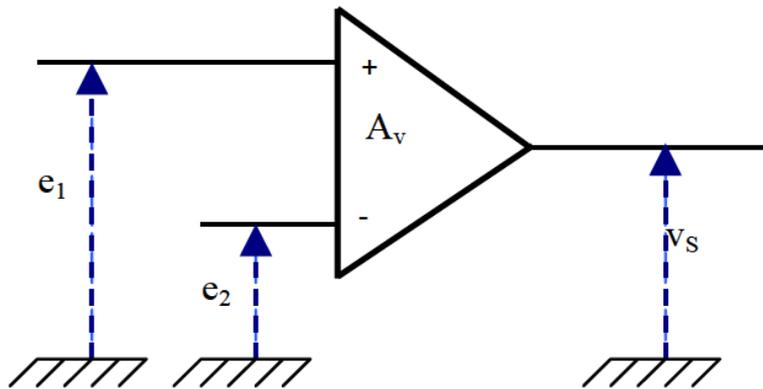
- I. Notions d'amplificateur différentiel
 - a) Définition
 - b) Représentation simplifiée
 - c) L'ampli différentiel réel
- II. L'amplificateur opérationnel
 - a) Définition
 - b) Régimes de fonctionnement
 - c) Schéma équivalent
 - d) Modes de fonctionnement
- III. L'amplificateur opérationnel idéal
 - a) Définition
 - b) Conséquences

Notions d'amplificateur différentiel

a) Définition

Un amplificateur différentiel est un montage qui permet d'amplifier la différence entre deux tensions.

b) Représentation simplifiée



Soient e_1 et e_2 les tensions d'entrée, et v_S la tension de sortie.

Si A_v est le gain en tension (>1) de l'amplificateur différentiel, on aura :

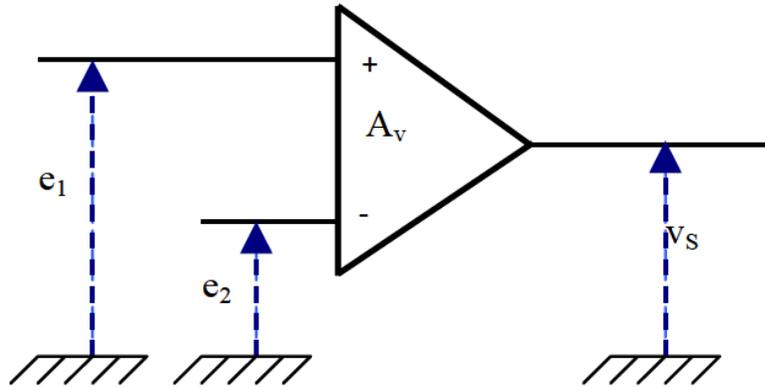
$$v_S = A_v (e_1 - e_2)$$



La tension de sortie correspond bien à une amplification de la différence des tensions d'entrée.

Notions d'amplificateur différentiel

c) L'ampli différentiel réel



$$V_S = A_V (e_1 - e_2) + \frac{A_c}{2} (e_1 + e_2)$$

Terme utile

Terme parasite

En pratique, il existe un terme parasite

$$V_S = A_V (e_1 - e_2) + \frac{A_c}{2} (e_1 + e_2)$$

- Terme utile : amplification du mode différence
- Terme parasite : amplification du mode commun, moyenne des tensions d'entrée

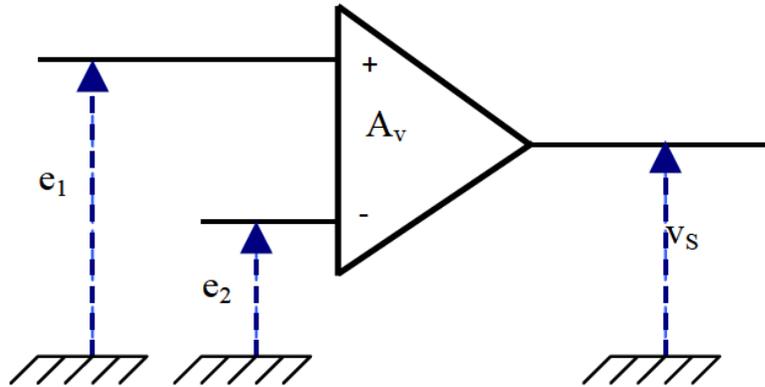


Un amplificateur différentiel

est d'autant plus performant que A_V est grand devant A_c .

Notions d'amplificateur différentiel

c) L'ampli différentiel réel



$$V_S = A_v (e_1 - e_2) + \frac{A_c}{2} (e_1 + e_2)$$

Terme utile

Terme parasite

Un amplificateur différentiel est d'autant plus performant que A_v est grand devant A_c .

Afin de définir mathématiquement l'importance du mode différentiel par rapport au mode commun, on définit le "**taux de réjection du mode commun**" (TRMC) :

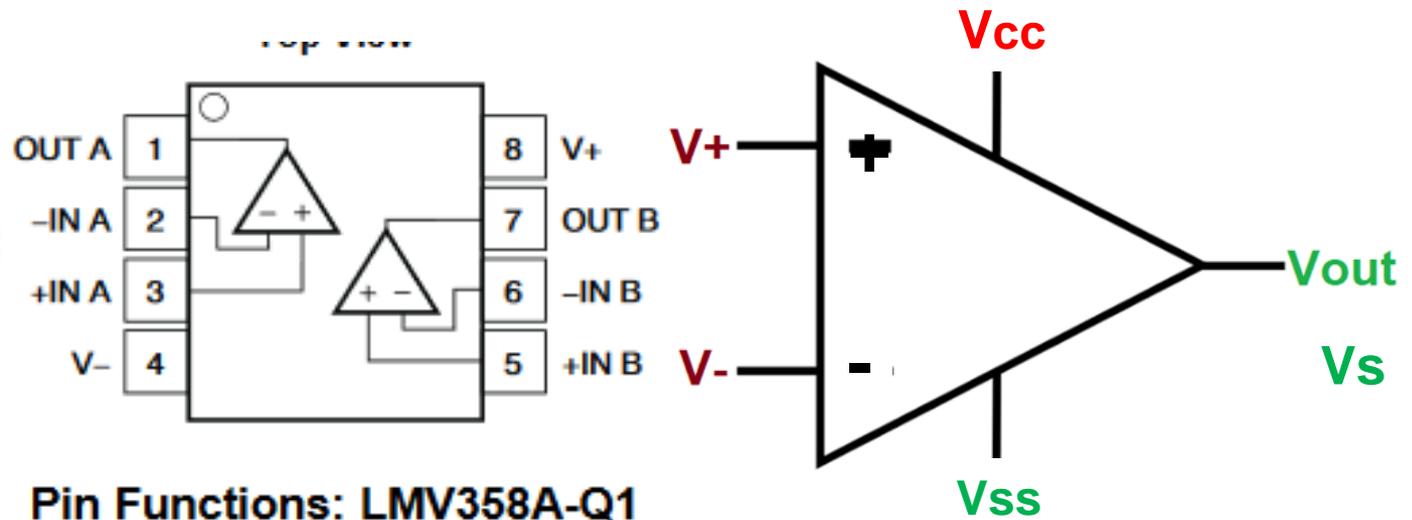
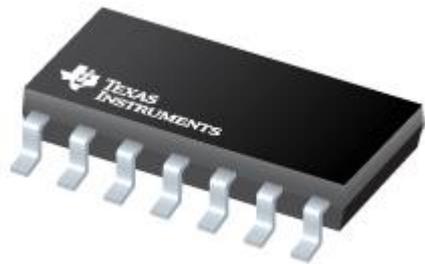


$$\left| \text{TRMC} = \frac{A_v}{A_c} \right. \text{ ou } \left. \text{TRMC}_{\text{dB}} = 20 \log \frac{A_v}{A_c} \right.$$

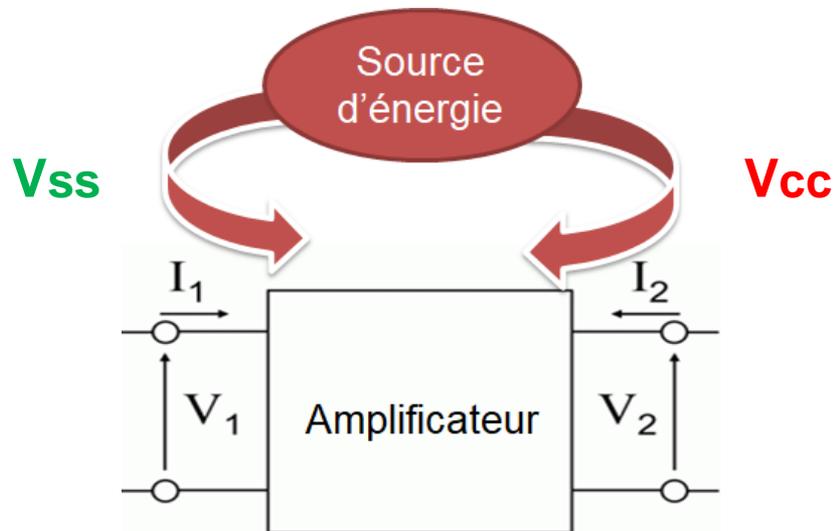
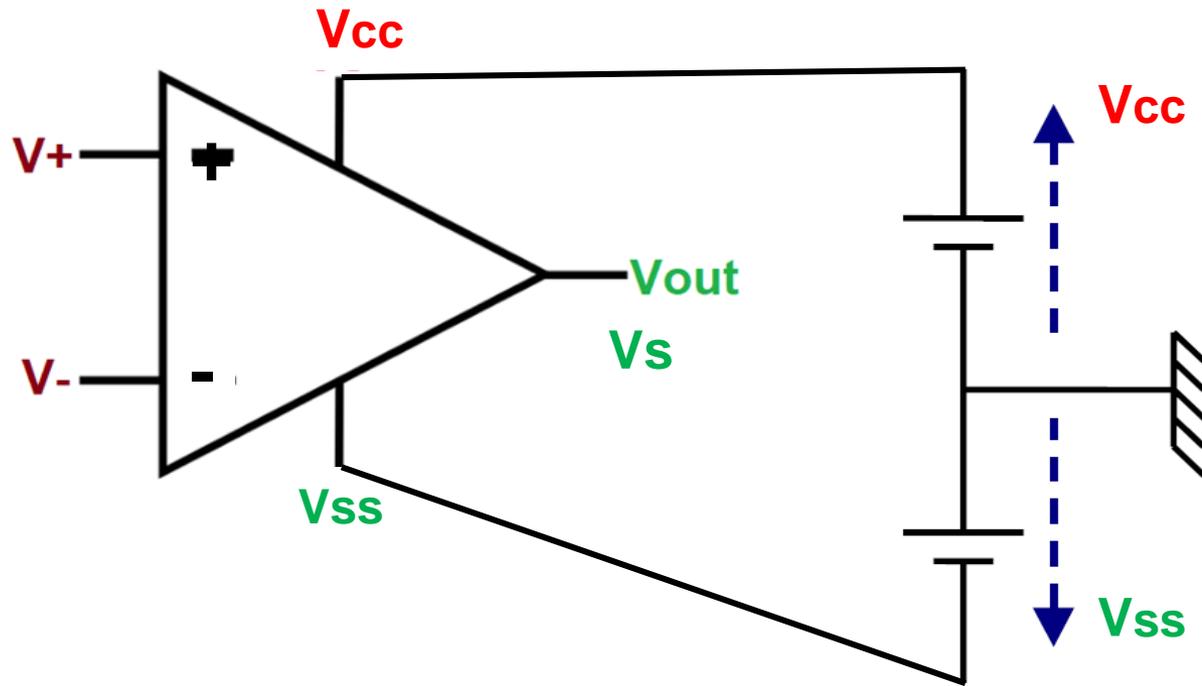
Amplificateur opérationnel

a) Définition

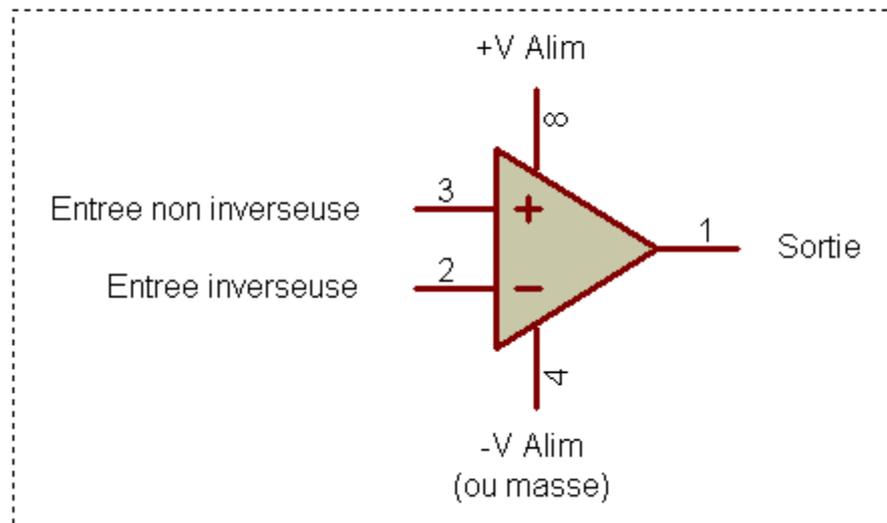
- C'est un amplificateur différentiel, classé dans les catalogues des constructeurs parmi les circuits intégrés linéaires. Il est représenté par un triangle auquel arrive au moins cinq bornes :
- deux bornes d'alimentation auxquelles il faut appliquer des tensions continues (souvent notées V_{dd} , V_{ss} , V_{cc})
- deux bornes d'entrée V_+ (entrée non inverseuse) et V_- (entrée inverseuse) ;
- " une borne de sortie V_{out} (souvent notée V_s).



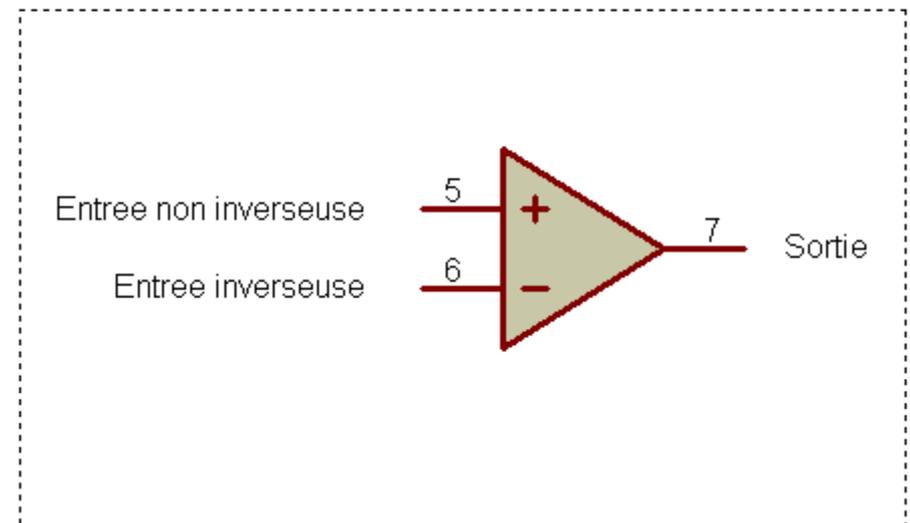
Amplificateur opérationnel : alimentations



Représentation avec les broches d'alimentation :



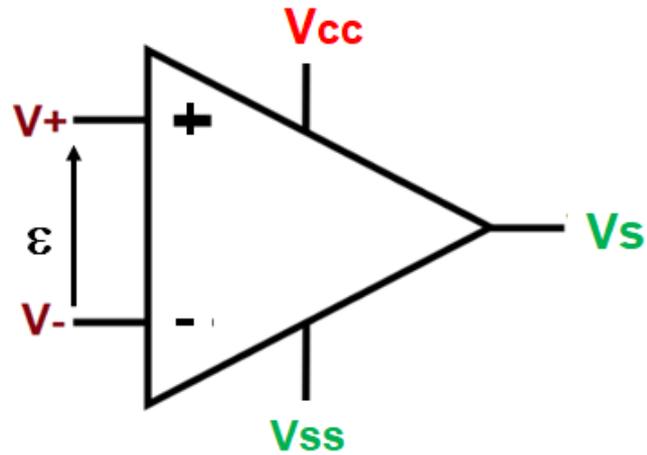
Représentation sans les broches d'alimentation :



Source : https://sonelec-musique.com/electronique_theorie_aop.html

Amplificateur opérationnel

b) Régimes de fonctionnement



$$\varepsilon = V^+ - V^-$$

$$V_s = A \varepsilon$$

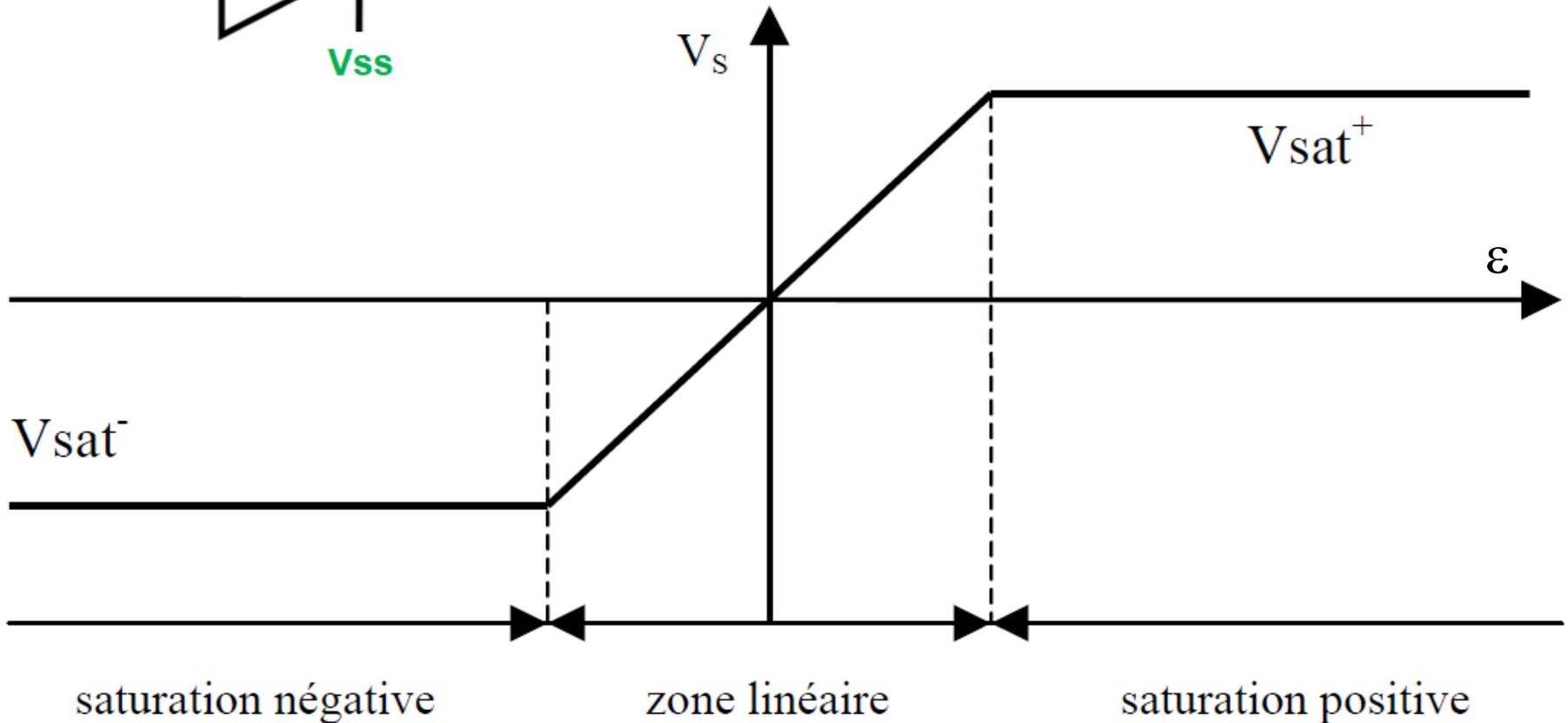
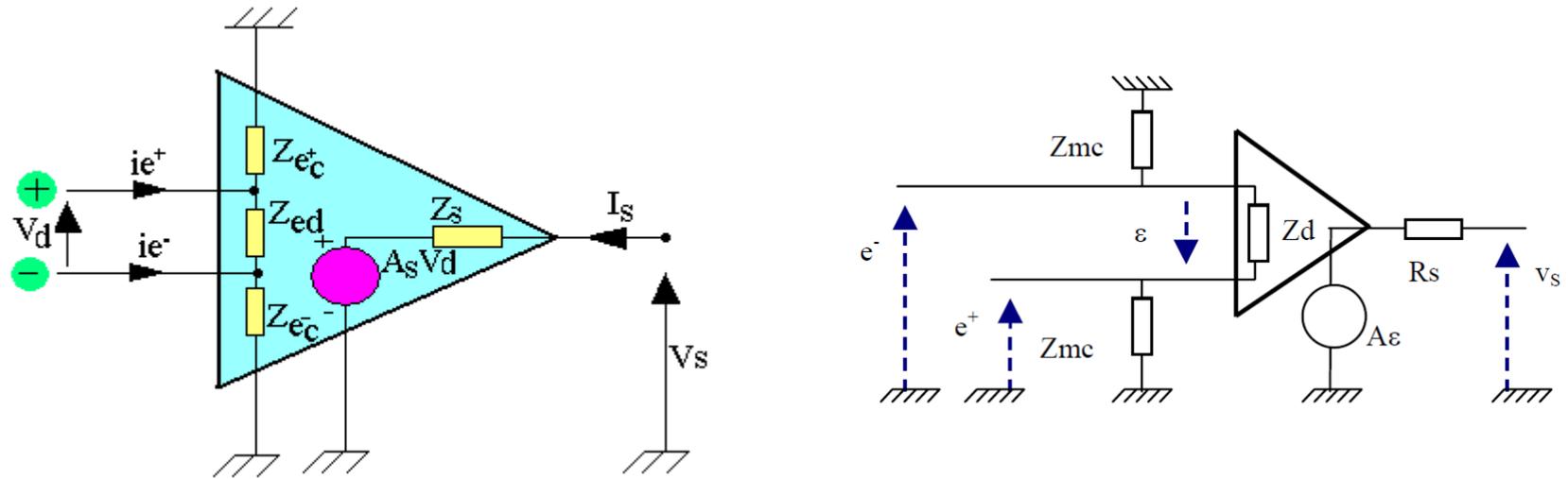


Schéma équivalent de l'AoP



- Impédances d'entrées : il y en a théoriquement 3
 - Impédance différentielle d'entrée Z_{ed}

C'est l'impédance entre les deux entrées (+) et (-) de l'A.O. Elle est en général très grande (10^9 à $10^{12} \Omega$).

- Impédances d'entrée en mode commun Z_{ec}

Il existe entre chaque entrée et la masse une impédance Z_{ec} qui est très grande en basses fréquences.

- Résistance de sortie R_s

Le circuit de sortie de l'A.O. est équivalent à un générateur de Thévenin dont la résistance interne est R_s . Celle-ci est très faible (quelques dizaines d'ohms).

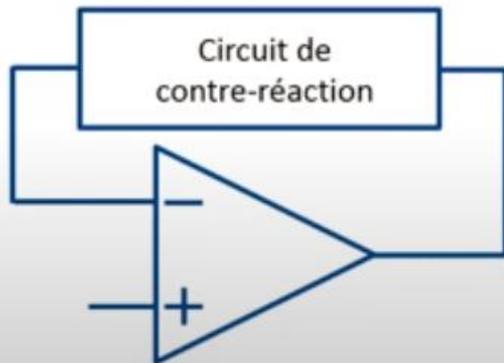
Modes de fonctionnement d'un AoP

- Vu sur la vidéo d'Eric Peronnin

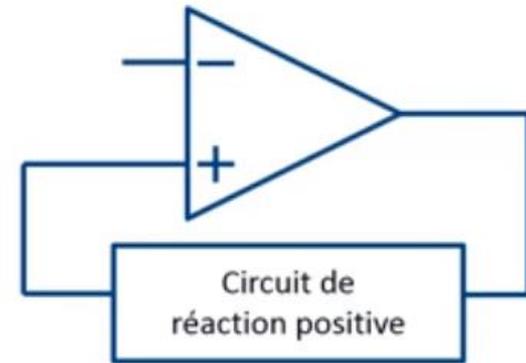
Contre-réaction et Réaction positive.

Définitions

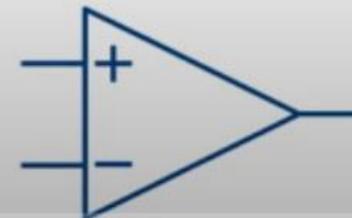
- Contre-réaction ou réaction négative = existence d'un lien, direct ou via un ensemble de composants, entre la sortie de l'amplificateur opérationnel et l'entrée inverseuse



- Réaction positive = existence d'un lien, direct ou via un circuit électrique, entre la sortie de l'amplificateur opérationnel et l'entrée non-inverseuse



- Boucle ouverte = inexistence de lien entre la sortie et les entrées



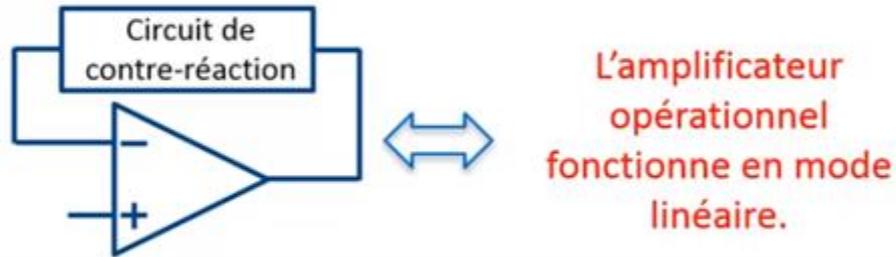
Modes de fonctionnement

- Vu sur la vidéo d'Eric Peronnin

Déterminer le mode fonctionnement d'un amplificateur opérationnel

- 3 cas de figures simples :

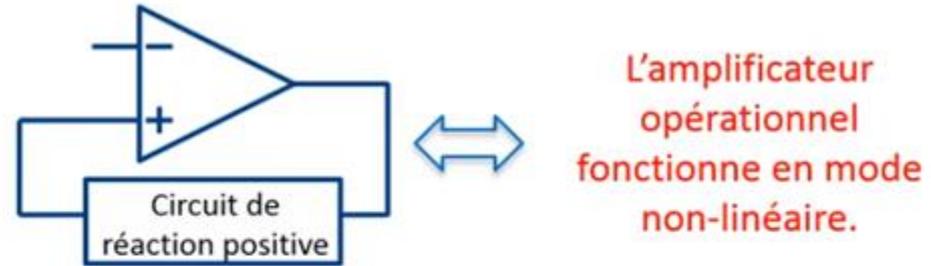
- Présence d'une contre-réaction seulement :



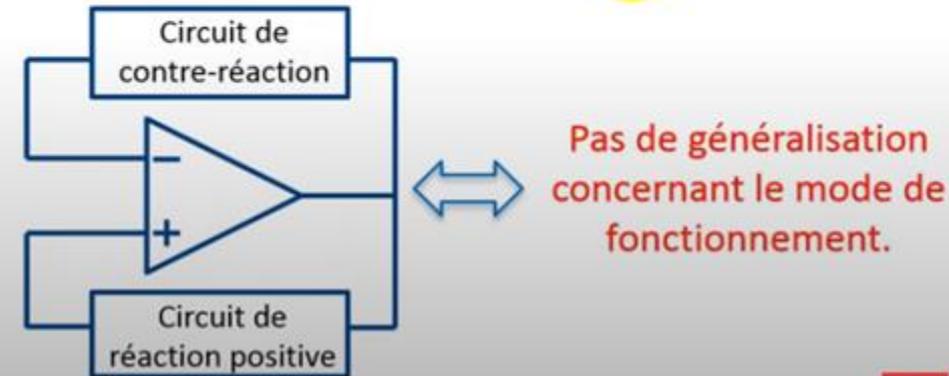
- Amplificateur en boucle ouverte :



- Présence d'une réaction positive seulement :

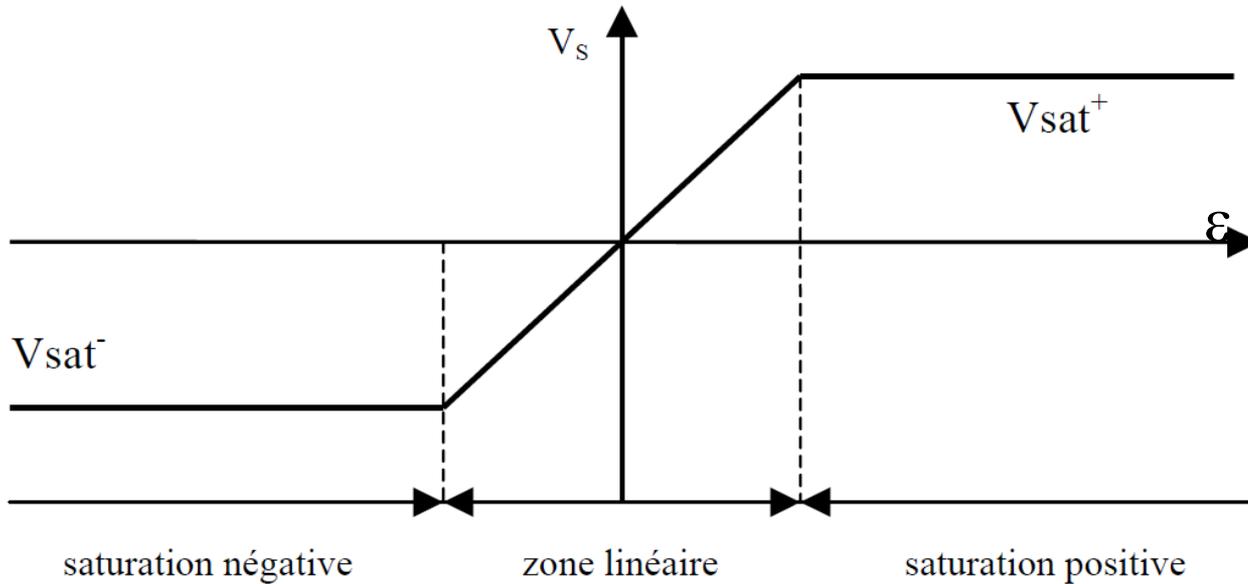


- 1 cas de figure nécessitant une étude plus poussée :

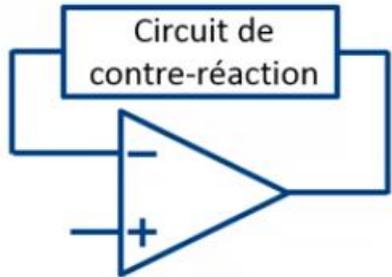


Mais pourquoi donc ?

Modes de fonctionnement



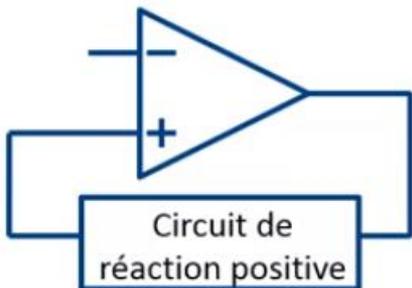
$$\varepsilon = V^+ - V^-$$
$$V_S = A \varepsilon$$



Si V_S augmente, alors V^- augmente, alors ε diminue.

Si ε diminue alors V_S diminue

Donc si V_S augmente, alors V_S diminue : Stabilité de la sortie



Si V_S augmente, alors V^+ augmente, alors ε augmente.

Si ε augmente alors V_S augmente encore.

Donc si V_S augmente, alors V_S continue d'augmenter : saturation de la sortie

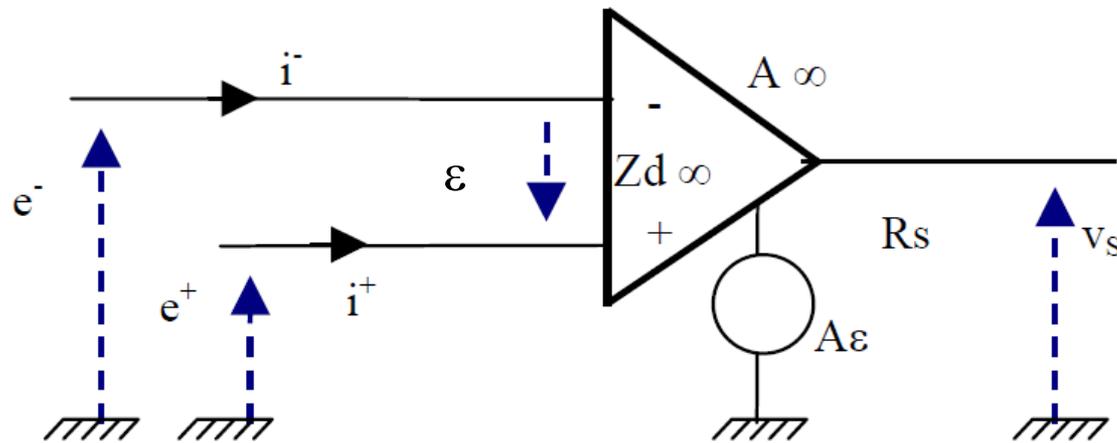
Amplificateur opérationnel idéal

Définition de l'AOP idéal

- Le gain en tension est A infini et indépendant de la fréquence
- La résistance de sortie est nulle
- Les impédances d'entrée sont infinies

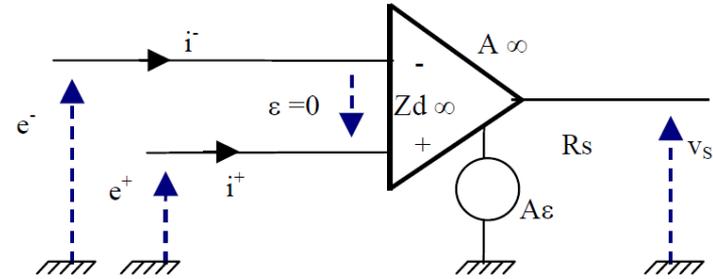
Conséquences

- Nouveau schéma équivalent

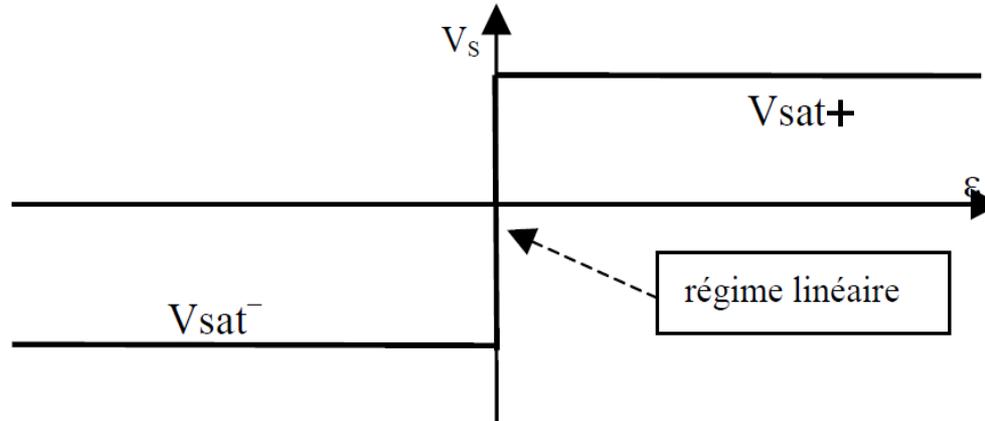


Amplificateur opérationnel idéal

Conséquences



- Z_d étant infinie, les courants d'entrée i_+ et i_- sont nuls (vrai quel que soit le régime)
- A étant infini, le schéma de fonctionnement devient



- Dans le régime linéaire, $\epsilon = 0$ et donc $V^+ = V^-$

Pour aller plus loin ou pour mieux comprendre



Fortement
recommandé

- <http://public.iutenligne.net/electronique/bach-poiraud/ampliop/Intro/index.html>
- https://sonelec-musique.com/electronique_theorie_aop.html
- A visionner avant le prochain cours :
- <https://www.youtube.com/watch?v=mnGD7p6SxXQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Ao2Lk9oX0yY>