

Electrocinétique - TP N°4

Amplificateur Linéaire Intégré (ou Amplificateur Opérationnel)

A. MARTIN



1/10

L'Amplificateur Linéaire Intégré (ou Opérationnel, ALI ou AO)

Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions d'utilisation

Montage suiveur

2/10

Présentation

- ▶ Système électronique complexe, intégré (1960), contenant de nombreux composants miniaturisés : résistances, transistors, condensateur...
- ▶ Inventé (1947) pour réaliser des fonctions mathématique : somme, différence, amplification, intégration, dérivation... dans le but de **résoudre de façon analogique des équations différentielles**. L'avènement du numérique a supplanté cette application.
- ▶ Très utilisé en raison de ses bonnes caractéristiques (temps de réponse rapide, grande impédance d'entrée et petite impédance de sortie, faible distorsion harmonique...) :
 - ▶ Amplification de signaux (c'est un "Amplificateur de différence intégré") : instrumentation, filtrage.
 - ▶ Comparateurs et opérations mathématiques analogiques (systèmes de mesure, asservissement, télécommunications).
 - ▶ Oscillateurs : Conception analogique de signaux électroniques périodiques (triangle, créneau...).

- ▶ Composant NON LINÉAIRE, ACTIF : Ne peut fonctionner que s'il est alimenté par une tension continue symétrique $\pm V_{CC}$ (souvent $\pm 15V$).

3/10

Présentation

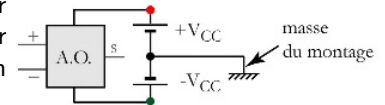
- ▶ Schéma simplifié de l'A.O. avec 3 bornes : l'entrée inverseuse (-), l'entrée non-inverseuse (+) et la sortie (s).



- ▶ Rôle de chaque connexion

-
- ▶ 2 : entrée inverseuse (-)
 - ▶ 3 : entrée non inverseuse (+)
 - ▶ 4 : alimentation négative, $-V_{CC}$
 - ▶ 7 : alimentation positive, $+V_{CC}$
 - ▶ 6 : sortie
 - ▶ 1 et 5 : servent à corriger une tension de décalage
 - ▶ 8 : non connectée

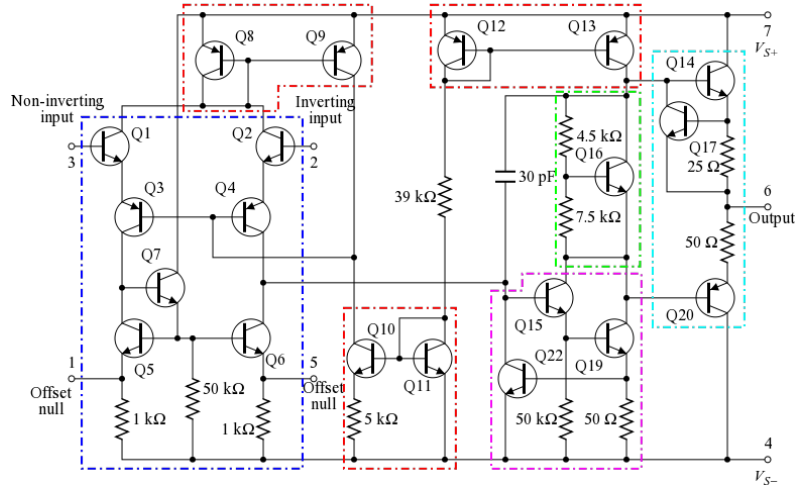
Il n'y a aucune borne pour la **masse**. Elle est définie par le point milieu de l'alimentation $+15V, 0, -15V$.



4/10

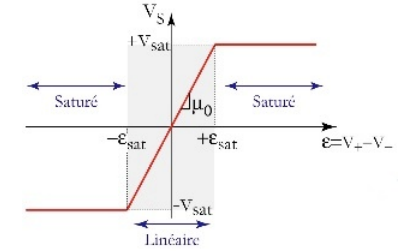
Présentation

Exemple du schéma interne de l'AO LM741 :



Fonctionnement de l'A.O. réel

On ne va pas étudier le comportement interne de l'A.O. mais ses caractéristiques externes. On rappelle qu'il possède **deux régimes**, selon la valeur de la tension différentielle :



$$\varepsilon = V_+ - V_-$$

- Régime LINÉAIRE** : $|\varepsilon| < \varepsilon_{sat}$ et $|V_s| < V_{sat}$, alors $V_s = \mu_0 \varepsilon$.
 $\mu_0 = \text{gain différentiel statique}$ ($\sim 10^5$).
Note : ε_{sat} a une valeur très faible de l'ordre de 0.15mV.
- Régime SATURÉ** : $|\varepsilon| > \varepsilon_{sat}$, alors 2 états possibles :

- ▶ $V_s = +V_{sat}$ si $V_+ > V_- + \varepsilon_{sat}$
- ▶ $V_s = -V_{sat}$ si $V_+ < V_- - \varepsilon_{sat}$

Ici $V_{sat} \approx V_{CC} = 15V$. Il peut néanmoins y avoir une légère dissymétrie due à l'alimentation ou à l'A.O.

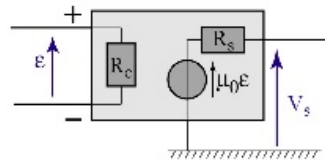
Fonctionnement de l'A.O. réel

Résistances d'entrée et de sortie :

En tant que quadripôle, un amplificateur peut être modélisé par le schéma ci-contre.

Quadr. idéal : $R_e \rightarrow \infty$ et $R_s = 0$.

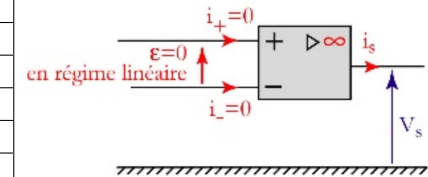
A.O. : $R_e \sim 10M\Omega$ et $R_s \sim 10\Omega$.



L'AO est donc usuellement considéré comme un très bon amplificateur car R_e est grand et R_s est petit.

De l'A.O. réel à l'A.O. idéal.

	A.O. réel (LM741)	A.O. idéal
μ_0	$\sim 2.10^5$	∞
ε_{sat}	0.15 mV	0
e_d	> 7.5 mV	0
R_e	$\sim M\Omega$	∞
i_e	~ 80 nA	0
R_s	$\sim 10 \Omega$	0



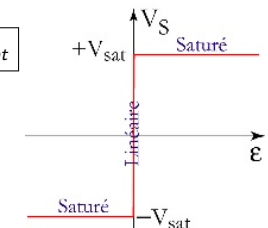
La caractéristique est idéalisée en prenant $\varepsilon_{sat} = 0$ et $\mu_0 \rightarrow \infty$.

- ▶ En régime LINÉAIRE :

$$\varepsilon = 0 \text{ ou } V_+ = V_- \text{ , et } |V_s| < V_{sat}$$

- ▶ En régime SATURÉ : 2 états possibles

- ▶ $V_s = +V_{sat}$ si $V_+ > V_-$
- ▶ $V_s = -V_{sat}$ si $V_+ < V_-$

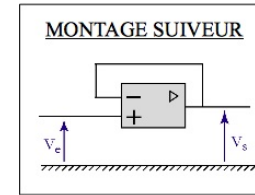


Précaution d'utilisation d'un A.O. en T.P.



- ▶ Montage d'un circuit avec A.O.
 1. Câbler le circuit **sans brancher les éventuels générateurs.**
 2. **Alimenter l'A.O. avec l'alimentation continue**
 3. **En dernier**, brancher les générateurs.
- ▶ Démontage d'un circuit avec A.O.
 1. Commencer par éteindre et débrancher les générateurs.
 2. Puis éteindre l'alimentation de l'A.O.
 3. Défaire le circuit

Effet de la rétroaction et intérêt



- ▶ Grâce au bouclage sur l'entrée inverseuse, l'A.O. est **stable en régime linéaire.**
- ▶ La sortie "suit" l'entrée : $V_s = V_e$ d'où le nom de *montage suiveur*.

- ▶ Avantages : **Impédance d'entrée (quasi) infinie, impédance de sortie (quasi) nulle**¹.
- ▶ Il réalise une **adaptation d'impédance** : grâce aux impédances d'entrée (∞) et de sortie (0), il rend indépendants l'amont et l'aval (la charge) de la chaîne de traitement.
- ▶ Il réalise une **amplification de puissance**. L'impédance d'entrée étant infinie, la puissance d'entrée est nulle alors que la puissance en sortie est non nulle.
- ▶ Rmq pratique : ce montage très simple permet de vérifier rapidement le bon fonctionnement de l'A.O.

1. Pour un gain statique fini μ_0 on a $R_e = \mu_0 R_{eAO}$ et $R_s = R_{sAO} / \mu_0$.