AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL (AO)
EN REGIME LINEAIRE

Plan *(Cliquer sur le titre pour accéder au paragraphe)*

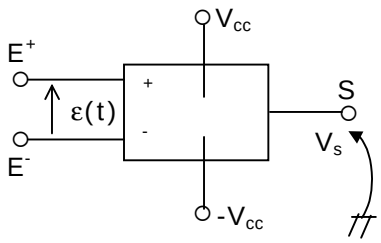
* *

I. Définitions : un AO est un tripôle, considéré comme une « boite noire », comportant deux entrées E^+ et E^-, et une sortie S. 1
II. Les quatre montages de base. 3
III. Quelques exemples d'utilisation d'un AO en régime linéaire. 8

* *

I. ***Définitions :*** un AO est un tripôle, considéré comme une « boite noire », comportant deux entrées E^+ et E^-, et une sortie S.

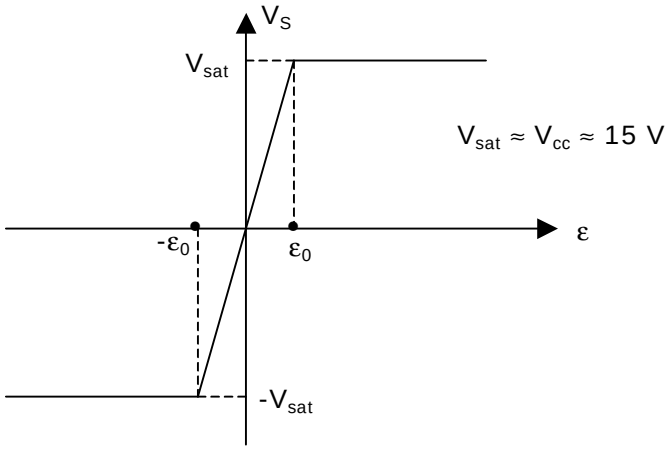
C'est un composant actif, nécessitant d'être alimenté par une alimentation continue, usuellement ± 15 V :



(V_{cc} = 15 V)

On pose usuellement : $\varepsilon(t) = e^+(t) - e^-(t)$, appelée tension différentielle d'entrée.

I.1. Caractéristique différentielle d'entrée.



 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 10 pages.

Cette caractéristique est valable en régime continu ou lentement variable.

Elle fait apparaître 2 modes de fonctionnement :

*Pour $|\varepsilon| < \varepsilon_0$: $\boxed{v_S(t) = \mu_0\, \varepsilon\,(t)}$

On dit que l'AO fonctionne alors en régime linéaire.

$\mu_0 \approx 10^5$ à 10^6 est le gain différentiel statique.

* $\begin{cases} \text{Pour } \varepsilon > \varepsilon_0 \ : \ v_s(t) = V_{sat} \ , \ \forall\varepsilon \\ \text{Pour } \varepsilon < -\varepsilon_0 \ : \ v_s(t) = -V_{sat} \ , \ \forall\varepsilon \end{cases}$

On dit que l'AO fonctionne alors en régime de saturation (haute ou basse).

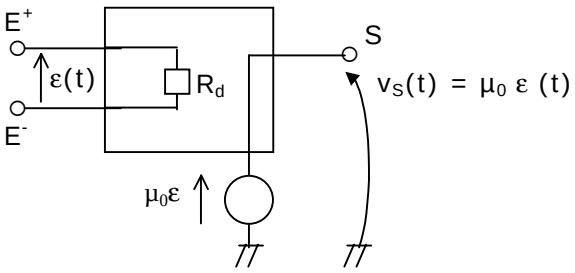
Nous n'étudierons dans ce chapitre que l'AO en régime linéaire.

Rem. : $e_0 = \dfrac{V_{sat}}{\mu_0} \approx 15$ mV est très faible. La moindre perturbation à l'entrée (bruit de fond ou rayonnement) fera saturer l'AO.

On en déduit qu'un AO « non bouclé » ne peut fonctionner en régime linéaire.

I.2. Schéma équivalent d'un AO en régime linéaire.

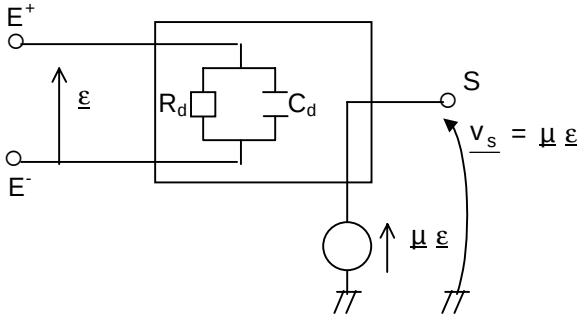
*Régime continu ou « basses fréquences » :



$R_d \approx 1$ à 10 M Ω.

On considérera presque toujours $R_d \to \infty$.

*Régime sinusoïdal « moyennes fréquences »



 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 10 pages.

On considère là aussi presque toujours $Z_d \to \infty$.

De plus $\underline{\mu}(j\omega) \approx \dfrac{\mu_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}}$ est le gain différentiel complexe (filtre passe-bas du 1er ordre).

Usuellement : $\omega_0 \approx 10^{+2} s^{-1}$

Si $\omega << \omega_0$: $\underline{\mu} \approx \mu_0$ et on retrouve $V_S(t) = \mu_0\, \varepsilon(t)$.

Rem. : $\underline{v_s} = \dfrac{\mu_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}}\underline{\varepsilon}$

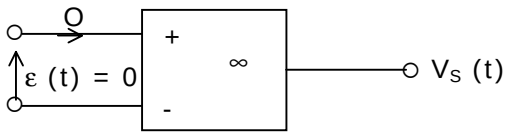
$$\Leftrightarrow \quad \boxed{\tau \overset{o}{V_s} + v_s = \mu_0\, \varepsilon(t)} \qquad (\tau = \frac{1}{\omega_0})$$

appelée équation différentielle caractéristique de l'AO.

I.3. Cas de l'AO idéal.

$Z_d \to \infty$

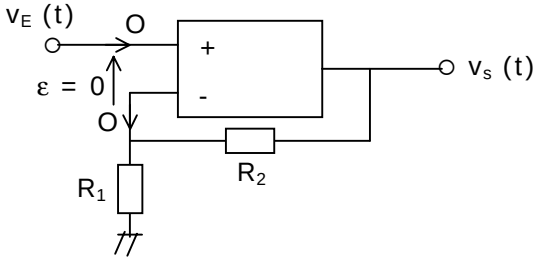
$|\underline{\mu}| \sim \mu_0 \to \infty$: $\underline{\varepsilon = 0\ (\varepsilon^+ = \varepsilon^-)}$



Rem. : il peut sembler a priori que l'on ne puisse considérer un AO idéal que si $\omega << \omega_0$, ce qui semble limiter l'intérêt de cette modélisation. En fait, le bouclage va « élargir la bande passante » (cf 6.2.i), et on peut usuellement considérer un AO comme idéal dans l'ensemble du spectre utilisé en TP (100 Hz → 100 kHz).

II. Les quatre montages de base.

II.1. Montage non-inverseur.



Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 10 pages.

*<u>AO idéal</u> : $v_E(t) = e^+(t) = e^-(t) = \frac{R_1}{R_1+R_2} v_s(t)$

$$\Rightarrow \quad \boxed{v_s(t) = (1 + \underbrace{\frac{R_2}{R_1}}_{>0}) v_E(t)}$$

(v_s et v_E sont en phase : montage « non inverseur »).

Validité : $|v_S| < V_{sat} \Rightarrow |V_E| < \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{sat}$

*<u>AO non idéal</u>

$$\begin{cases} Z_d \to \infty \\ \underline{\mu}(j\omega) = \dfrac{\mu_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}} = \dfrac{\underline{V_s}}{\underline{\varepsilon}} \end{cases}$$

Ce modèle va nous permettre de montrer que l'AO, <u>bouclé sur l'entrée E⁻</u>, fonctionne bien en régime <u>linéaire</u>, et que l'on peut alors le considérer comme idéal dans tout le domaine usuel de fréquences utilisées en TP. En effet :

$$\begin{cases} \underline{v_s} = \underline{\mu}\,\underline{\varepsilon} \\ \underline{\varepsilon} = \underline{v_E} - \dfrac{R_1}{R_1+R_2}\underline{V_s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad \underline{v_s}\left(\frac{1}{\underline{\mu}} + \frac{R_1}{R_1+R_2}\right) = \underline{v_E}$$

$$\Rightarrow \quad \underline{H} = \frac{\underline{v_s}}{\underline{v_E}} = \frac{1}{\dfrac{1}{\underline{\mu}} + \dfrac{R_1}{R_1+R_2}} = \frac{\mu_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0} + \mu_0 \dfrac{R_1}{R_1+R_2}}$$

Soit $\boxed{\underline{H} = \dfrac{H_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}}}$, avec $\left| \begin{array}{l} H_0 = \dfrac{\mu_0}{1 + \mu_0 \dfrac{R_1}{R_1+R_2}} \\ \omega_0' = \omega_0 \left(1 + \mu_0 \dfrac{R_1}{R_1+R_2}\right) \end{array} \right.$

On en déduit :

*- ω_0' est le pôle négatif de H(p) : le régime libre est bien amorti, ce qui assure la stabilité d'un fonctionnement en régime linéaire (toute petite perturbation sur l'entrée est spontanément amortie).

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 10 pages.