

LES BIENFAITS DE LA CONTRE-RÉACTION (ÉTUDE AVEC UN AMPLIFICATEUR DIRECT)

Pour ces exercices, on considère un amplificateur direct de gain désiré G construit avec un amplificateur opérationnel de gain différentiel noté A et deux résistances R_1 et R_2 . Pour chaque numéro d'exercice, le modèle choisi pour l'AO est différent afin de faire apparaître les avantages multiples de la contre-réaction. Ces avantages viennent essentiellement du fait que l'on réalise un amplificateur de gain désiré de valeur beaucoup plus faible que celle de l'AO : $G \ll A$.

S'il n'y a pas de mention particulière, l'AO possède une résistance d'entrée infinie, une résistance de sortie nulle et une bande passante infinie (c'est-à-dire que A est réel).

Noter G^∞ le gain obtenu avec un gain infini pour l'AO.

1. Distorsion

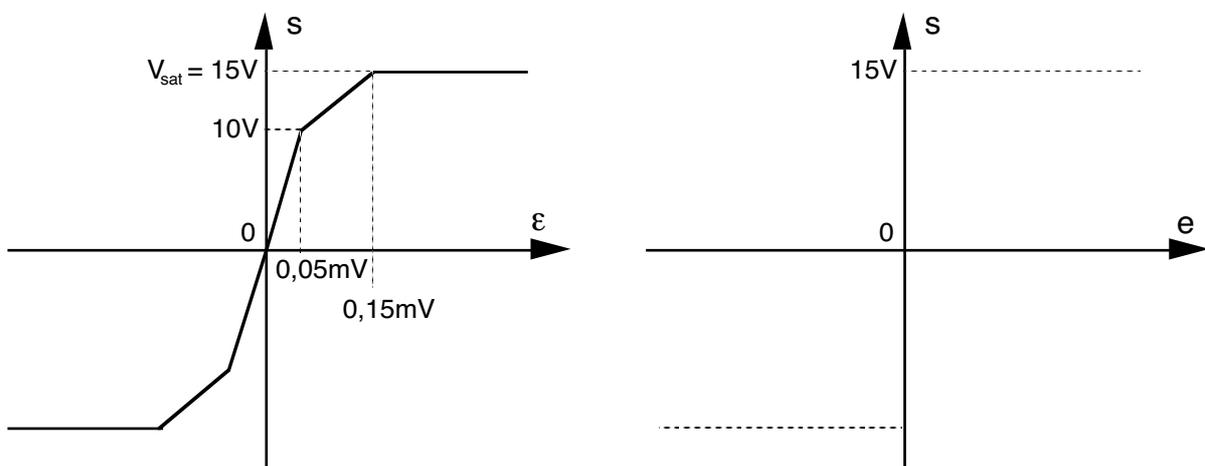
1.a. Si $\varepsilon = \text{cte}$, le gain A de l'AO est réel, et noté A_0 . Il a ici une valeur finie :

$$s = A_0(v^+ - v^-) = A_0 \varepsilon$$

- Exprimer le gain $G = \frac{s}{e}$ si $e = \text{cte}$.

A.N. : $A_0 = 10^5$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 99 \text{ k}\Omega$.

1.b. La relation $s = f(\varepsilon)$ est mieux représentée par la première des figures ci-dessous (caractéristique statique de l'AO, c'est-à-dire valable pour des signaux constants) . Le gain dépend donc de l'amplitude du signal d'entrée ε . Cette non-linéarité provoque une distorsion du signal amplifié.



- Calculer et tracer la caractéristique statique $s = f(e)$ de l'amplificateur direct avec $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 99 \text{ k}\Omega$.
- Que conclure quant à l'effet de la contre-réaction sur la distorsion provoquée par l'amplificateur direct ?

2. Polarisation de la sortie

L'AO est branché à une alimentation tripolaire +15 V; -15 Volts. Le potentiel de référence est le point milieu.

L'AO a été conçu avec une valeur de polarisation S_0 de sa sortie (pour $\varepsilon = v^+ - v^- = 0$). Cette valeur, difficile à mesurer à cause du bruit électrique, puisque la mesure doit être effectuée avec l'AO sans contre-réaction, est un peu différente d'un amplificateur à l'autre. On considère le fonctionnement aux basses fréquences (gain $A = A_0$ réel et fini.). La sortie de l'AO s'écrit alors :

$$s = A_0 \varepsilon + S_0$$

- Calculer la valeur de la sortie de l'amplificateur direct : $s = f(A_0, S_0, e, R_1, R_2)$.

A.N. : $A_0 = 10^5$; $S_0 = -2\text{v}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 99 \text{ k}\Omega$.

- Que peut-on dire de l'effet de la contre-réaction ?

3. Résistance de sortie

Le générateur de sortie de l'AO de gain réel A_0 possède une résistance de Thévenin R_0 :

$$s = A_0 \varepsilon - R_0 i_s$$

- Calculer l'expression de la résistance de sortie de l'amplificateur direct

$$R_{\text{out}} = f(A_0, R_1, R_2, R_0)$$

- Exprimer, au prix d'une approximation, R_{out} en fonction de G^∞ , de A_0 , et de R_0 . Expliquer pourquoi cette approximation est légitime.

A.N. : Calculer R_{out} pour $A_0 = 10^5$; $R_0 = 100 \Omega$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 99 \text{ k}\Omega$.

4. Résistance d'entrée

La résistance entre les entrées v^+ et v^- de l'AO (dite résistance d'entrée différentielle) est grande, mais finie, et notée R_i . L'AO possède un gain réel A_0 fini, et la sortie s'exprime simplement par : $s = A_0 \varepsilon$.

- Calculer l'expression de la résistance d'entrée de l'amplificateur direct

$$R_{in}=f(A_0, R_1, R_2, R_i)$$

- Exprimer, au prix d'une approximation, R_{in} en fonction de G^∞ , de A_0 , et de R_i . Expliquer pourquoi cette approximation est légitime.

A.N. : Calculer R_{in} pour $A_0 = 10^5$; $R_i = 1 \text{ M}\Omega$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 99 \text{ k}\Omega$.

5. *Bande passante*

Le gain de l'AO est limité en fréquence. Un filtre passe-bas du premier ordre le représente bien jusqu'à la fréquence unitaire :

$$A(\omega) = \frac{A_0}{1+j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

- Calculer l'expression du gain complexe de l'amplificateur direct. Donner son expression simplifiée en fonction de G^∞ , A_0 , et ω_0 . Quelle est l'expression de la pulsation de coupure de l'amplificateur direct ? Exprimer le produit du module du gain par la fréquence de coupure des amplificateurs directs construits avec un AO particulier (par exemple $A_0 = 10^5$, $f_0 = 10 \text{ Hz}$).