

## 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  $G^\infty$  le gain obtenu avec un gain infini pour l'AO.

### 1. Distorsion

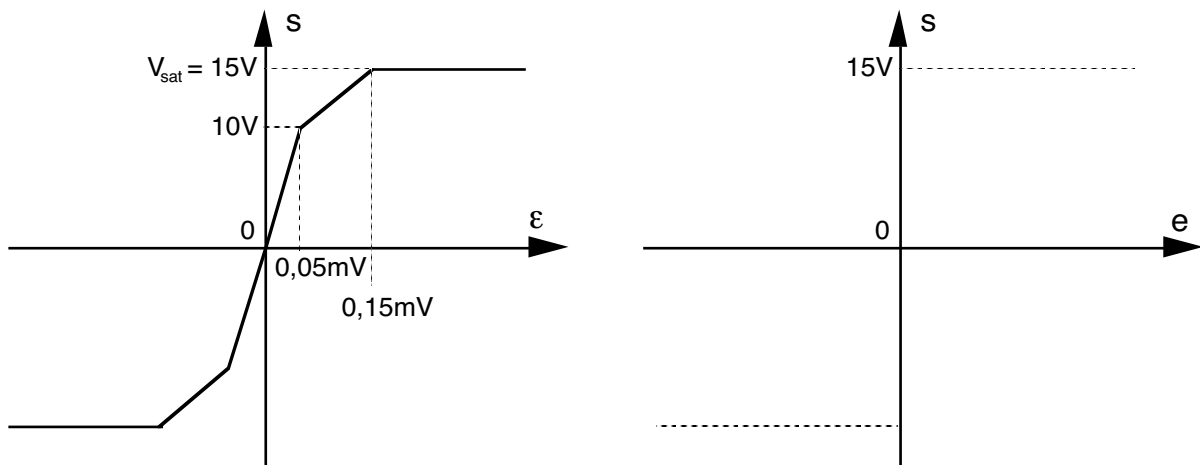
**1.a.** Si  $\varepsilon = \text{cte}$ , le gain  $A$  de l'AO est réel, et noté  $A_0$ . Il a ici une valeur finie :

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

- 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  $\varepsilon$ . 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,  $R_{\text{out}}$  en fonction de  $G^\infty$ , de  $A_0$ , et de  $R_0$ . Expliquer pourquoi cette approximation est légitime.

**A.N.** : Calculer  $R_{\text{out}}$  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  $G^\infty$ , 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  $G^\infty$ ,  $A_0$ , et  $\omega_0$ . 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  $A_0 = 10^5$ ,  $f_0 = 10 \text{ Hz}$ ).