

## RETROACTION NEGATIVE SUR UN AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

### 1. Objectifs et conditions expérimentales

La rétroaction négative sur un amplificateur de puissance améliore les propriétés de ce dernier, notamment : stabilité du gain, linéarité, réponse en fréquence, des résistances d'entrée et de sortie et réduit la sensibilité aux variations des paramètres de fabrication ou d'environnement. En raison de ces avantages, la rétroaction négative est utilisée dans les amplificateurs de nombreux systèmes de contrôle.

#### Liste du matériel utilisé :

- Maquette de test (voir Figure 1)
- Générateur de tension HAMEG 8030 (sinusoïdal, triangulaire, carré)
- Oscilloscope TEKTRONIX TBS1052B
- Alimentation RHODE&SCHWARZ NGE100

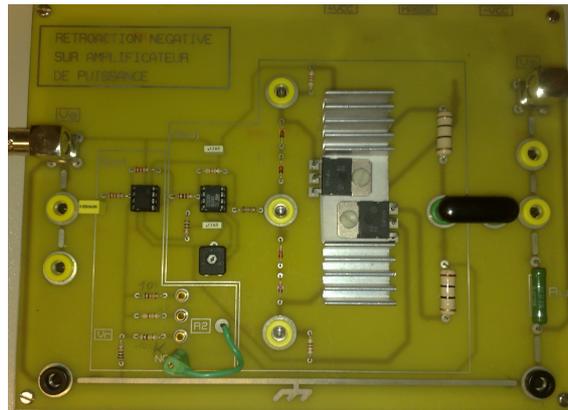


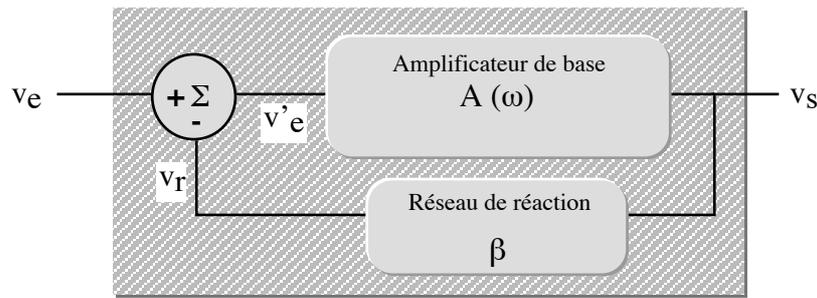
Figure 1 : Photographie de la maquette de test

### 2. RAPPELS THEORIQUES

Le principe de la rétro-action négative sur un amplificateur de tension est indiqué en figure 2. Considérons un amplificateur de base de gain  $A(\omega) = \frac{v_s}{v_e}$

- Sa tension de sortie est envoyée dans un réseau passif atténuateur, de manière à créer une tension  $v_r$  de « rétroaction » telle que :  $v_r = \beta \cdot v_s$  ( $\beta$  est le rapport de transfert ou le taux de rétroaction).
- Un élément différentiel  $\Sigma$  placé à l'entrée du montage réalise la fonction :  $v_e' = v_e - v_r$ .
- On obtient alors un nouvel amplificateur  $A'(\omega)$  « rétro-actionné négativement » dont la tension  $v_e$  constitue l'entrée et  $v_s$  la sortie.

*Ce document est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 France.*



**Figure 2 : la rétro-action négative sur un amplificateur de tension**

- Le gain en tension de l'amplificateur « rétro actionné » s'exprime selon :

$$A'(\omega) = \frac{v_s}{v_e} = \frac{A(\omega)}{1 + \beta \cdot A(\omega)}$$

Lorsque le « gain de boucle ouverte »  $\beta \cdot A(\omega)$  est très supérieur à 1, le gain de l'amplificateur « rétro-actionné » devient égal à  $1/\beta$ . Il ne dépend que du réseau passif de rétroaction.

Cette technique améliore (au détriment du gain global qui diminue) les caractéristiques générales de l'amplificateur :

- Augmentation de la résistance d'entrée
- Diminution de la résistance de sortie
- Augmentation de la bande passante
- Diminution de la distorsion
- Diminution de l'influence de la température.

### 3. PRESENTATION DU MONTAGE

On se propose d'étudier la rétroaction sur un amplificateur de puissance et de mettre en évidence les avantages de cette technique. Le montage proposé est donné en figure 3.

L'amplificateur de puissance de gain  $A(\omega)$  négatif, est composé de deux étages :

- Le premier étage utilise **un amplificateur opérationnel A2** monté en ampli inverseur dont le gain en tension, négatif est fixé par le rapport des résistances  $R_4$  et  $R_3$ .
- Le deuxième étage est un amplificateur de puissance composé de deux paires de transistors complémentaires (NPN PNP) formant un montage de type « **Darlington** » associées en « **Push-Pull** » de classe « **B** ».

Cet étage, chargé par la résistance  $R_u$  de  $18 \Omega$ , possède un gain en tension inférieur à un « 1 ».

L'élément différentiel  $\Sigma$  placé à l'entrée est réalisé par l'amplificateur opérationnel  $A_1$ . Celui-ci reçoit d'une part la tension d'entrée  $v_e$  de l'amplificateur rétro-actionné et d'autre part la tension de rétroaction :

$$v_r = v_s \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Aux fréquences moyennes où l'impédance de  $C_1$  est négligeable, la tension de sortie de l'amplificateur  $A_1$  est telle que :

$$v'_e = 2v_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} - v_e \quad (1)$$

Finalement, sachant que :  $v_s = A(\omega) \cdot v'_e$ , le gain de l'amplificateur rétro-actionné s'exprime selon :

$$A'(\omega) = -\frac{A(\omega)}{1 - \beta \cdot A(\omega)} \quad (2)$$

$$\text{avec : } \beta = \frac{2R_1}{R_1 + R_2}$$

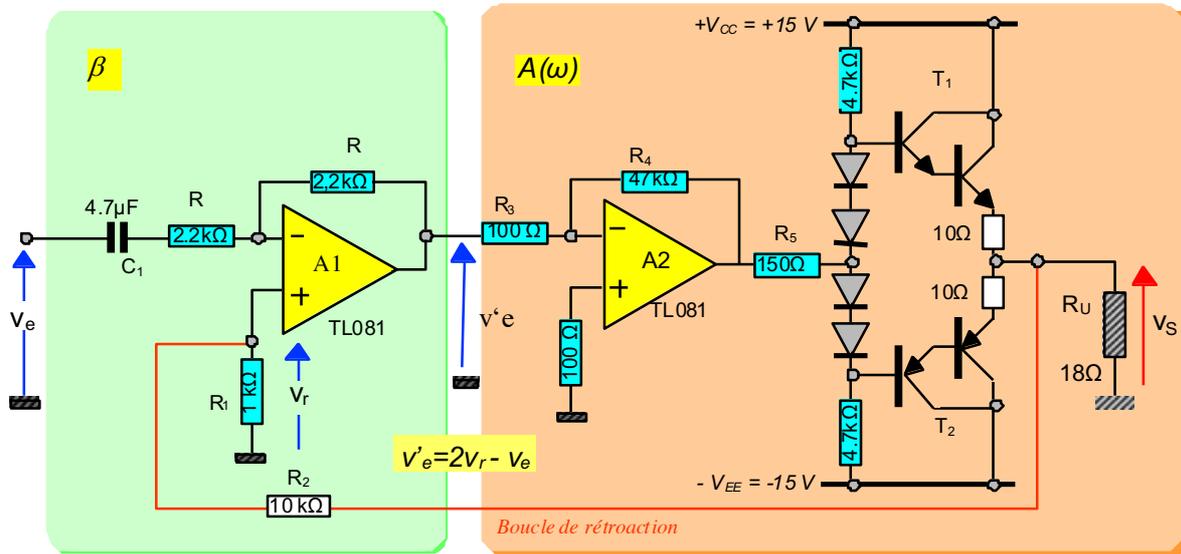


Figure 3 : schéma du montage complet

## 4. PRESENTATION

Le montage est alimenté sous deux tensions d'alimentation :  $+V_{CC} = +15V$  et  $-V_{EE} = -15V$ .

### 4.1. ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR DE BASE

On doit déterminer les performances de l'amplificateur de base  $A(\omega) = v_s/v'_e$ .

A cet effet, déconnecter  $R_2$ . La tension de rétroaction  $v_r$  selon l'équation (1) est alors nulle de sorte que  $v_e = -v'_e$ . Nous pouvons, dans ces conditions étudier l'amplificateur sans rétroaction sans exciter directement la tension  $v'_e$ .

Ajuster la valeur crête à crête de la tension sinusoïdale  $v_e$  à la valeur minimale (quelques millivolts) pour travailler en mode linéaire et la maintenir constante par la suite (donner la valeur choisie de la tension  $v_e$ ). Ne pas oublier de connecter la résistance de charge  $R_u$ .

4.1.1. Relever la réponse en fréquence de l'amplificateur et tracer le graphe du module du gain  $A(f)$  sur le papier semi-logarithmique.

4.1.2. Déterminer sur le graphe :

- Le gain en tension maximal  $A_{max}$  et la fréquence  $f_0$  correspondante.
- Mesurer les fréquences de coupures à  $-3$  dB,  $f_b$  et  $f_h$  et la bande passante.
- Remplir le tableau et commenter les résultats.

4.1.3. A la fréquence qui correspond au gain maximum, déterminer la puissance utile  $P_{umax}$  reçue par  $R_u$  à la limite de la distorsion par écrêtage du signal de sortie  $v_s$ .

4.1.4. Mesurer à la fréquence  $f_0$  la résistance de sortie  $R_{s0}$  en utilisant la méthode donnée en annexe.

## 4.2. AMPLIFICATEUR RETROACTIONNE NEGATIVEMENT

### *A - Influence du rapport de transfert $\beta$ sur le gain en tension et la bande passante.*

Le taux de rétroaction  $\beta$  varie par l'intermédiaire de la résistance  $R_2$  pouvant prendre trois valeurs : **10 k $\Omega$** , **47 k $\Omega$**  et **100 k $\Omega$**  avec :  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ .

- 4.2.1. La tension d'entrée sera fixée à une valeur convenable afin d'éviter la distorsion de la sortie. Donner la valeur de  $v_e$ . Dresser le tableau de l'annexe.
- 4.2.2. Commenter les résultats et vérifier que  $A'_{exp}$  est sensiblement égal à  $1 / \beta$ . On rappelle que  $A(\omega)$  est négatif.

### *B - Influence du taux de rétroaction $\beta$ sur la résistance de sortie*

- 4.2.3. Mesurer à 500 Hz, la résistance de sortie  $R_s$  du montage pour les trois valeurs de la résistance  $R_2$ . Remplir le tableau des résultats.
- 4.2.4. Comparer  $R_s$  expérimental avec la théorie :

$$R_s = \frac{R_{s0}}{1 - \beta \cdot A_{max}}$$

où  $A_{max}$  est le gain maximum de l'ampli de base et  $R_{s0}$  sa résistance de sortie.

### *C - Influence du taux de rétroaction $\beta$ sur la distorsion de croisement de l'étage de sortie.*

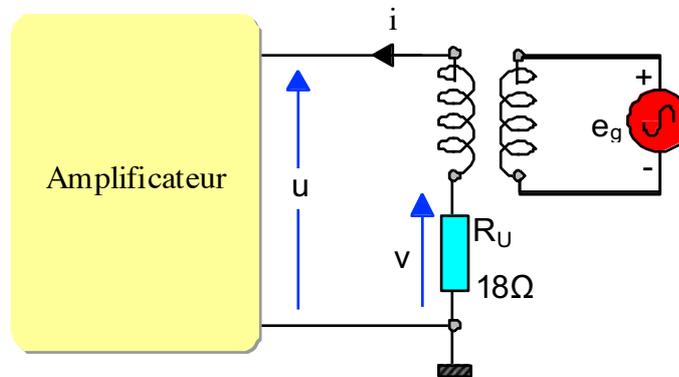
Pour faire apparaître la « distorsion de croisement » de l'étage de puissance polarisé en classe «B», court-circuiter les quatre diodes.

- 4.2.5. Amplificateur sans rétroaction ( $R_2$  infinie).  
Avec  $v_e = 10 \text{ mV}$  c à c à la fréquence de 300 Hz, relevez à l'oscilloscope la tension  $v_s$  crête à crête. Expliquer sur une figure, l'origine de la distorsion de croisement qui affecte  $v_s$ .
- 4.2.6. Amplificateur rétroactionné.  
Pour les trois valeurs de la résistance  $R_2$ , ajuster la tension  $v_e$  pour obtenir dans chaque cas la même valeur de la tension de sortie (par exemple  $v_s = 4 \text{ V}$  crête à crête).  
Que pensez-vous de la distorsion de croisement lorsque  $\beta$  varie?

## Annexe A. MESURE DE LA RESISTANCE DE SORTIE VUE PAR $R_U$

Sachant que la résistance de sortie du montage est faible, il n'est pas possible d'utiliser la méthode habituelle qui conduirait à mettre pratiquement la sortie en court-circuit.

Pour ce montage, la méthode utilisée consiste à introduire au niveau de la sortie des petites variations autour des valeurs de repos au moyen d'un transformateur, l'entrée du montage étant annulée.



### METHODE :

- Enlever toute excitation de l'entrée  $v_e$ .
- Enlever le cavalier reliant la sortie à  $R_U$
- Introduire à sa place le secondaire d'un transformateur excité au primaire par une tension sinusoïdale de fréquence 500 Hz et d'amplitude telle que la distorsion soit juste atteinte.
- La mesure des tensions  $u$  et  $v_s$  conduit à déterminer :

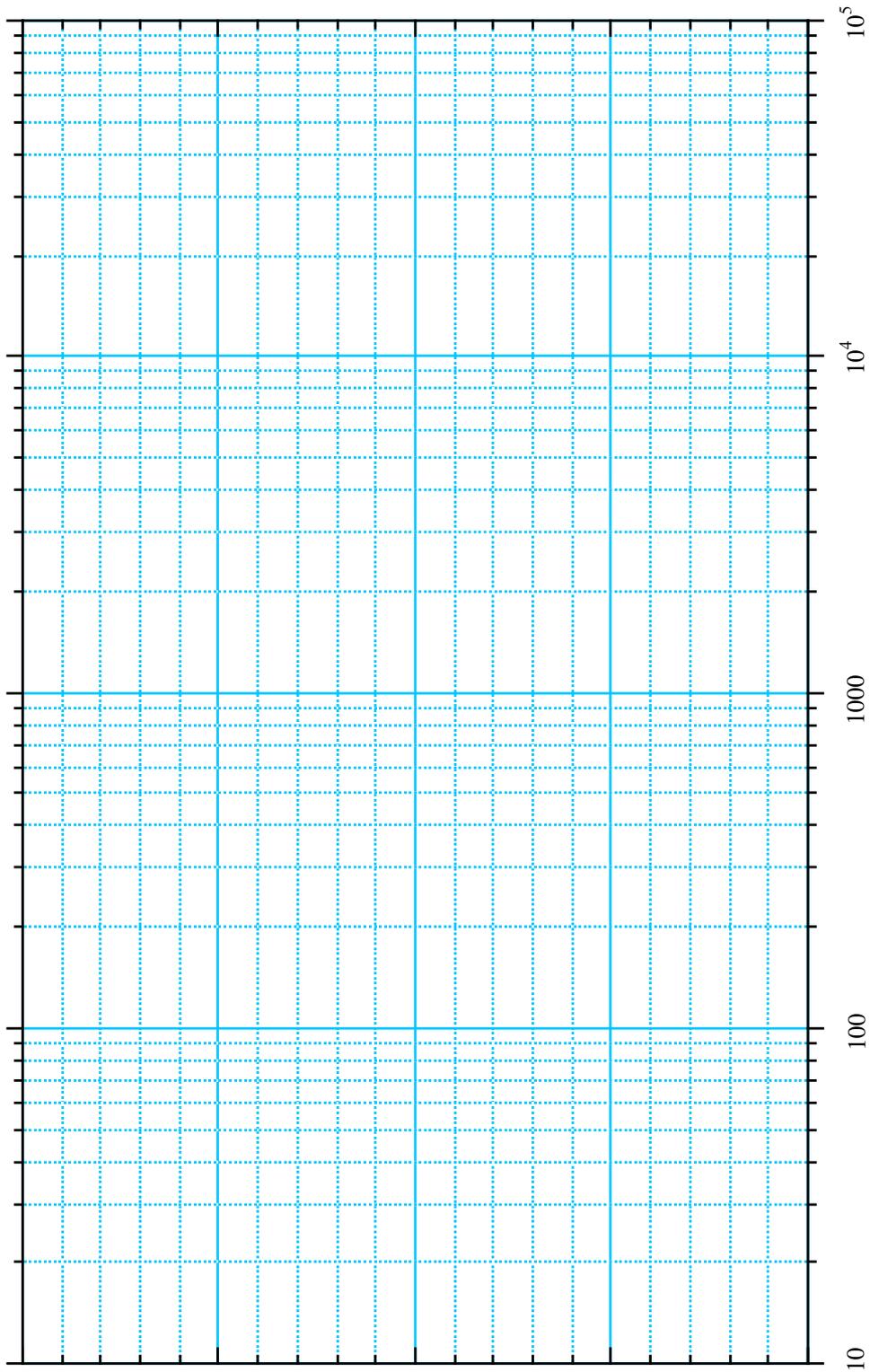
$$R_s = \frac{u}{i} = \frac{u}{\frac{v_s}{R_u}} = \frac{u}{v_s} R_u$$



*AMPLIFICATEUR RETROACTIONNÉ : DOCUMENT RÉPONSE*

GROUPE : .....

NOMS : .....



**AMPLIFICATEUR DE BASE :**

$A_{max}$	$f(A_{max})$	$f_b$	$f_h$	$\Delta f$	$R_s$

**AMPLIFICATEUR RETRO ACTIONNE :**

**Evolution du gain en tension et de la bande passante.**

$R_2$	$\beta_{théor}$	$A'_{théor}(f.moy.)$	$A'_{exp}(f.moy.)$	$f_b$ et $f_h$	$\Delta f$ (kHz)
100 k $\Omega$					
47 k $\Omega$					
10 k $\Omega$					

**Evolution de la résistance de sortie.**

$R_2$	$\beta_{théor}$	$R_s$ théor	$R_s$ exp
100 k $\Omega$			
47 k $\Omega$			
10 k $\Omega$			