

# MP22 – AMPLIFICATION DE SIGNAL

31 mars 2017

Jérémy Sautel & Alexandre Michel

« Ça sera répété, amplifié et distordu ! »  
UN MARSEILLAIS ANONYME

## Niveau : L2

## Commentaires du jury

2015 : L'amplificateur operationnel, comportant de nombreux circuits internes de compensation, n'est pas l'objet ideal pour aborder ce montage. On peut, au contraire, envisager des circuits simples a base de transistor(s). D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont eludes, comme la distorsion, les impedances caracteristiques et le rendement.

## Bibliographie

- *Expériences d'électricité*, Duffait
- *Electricité (Tome III)*, Quaranta
- *Principes d'électronique*, Malvino

- la base
- la base, le retour
- Pour lire le soir avant de dormir

## Prérequis

- notion d'impédance
- jonction PN, diodes

## Expériences

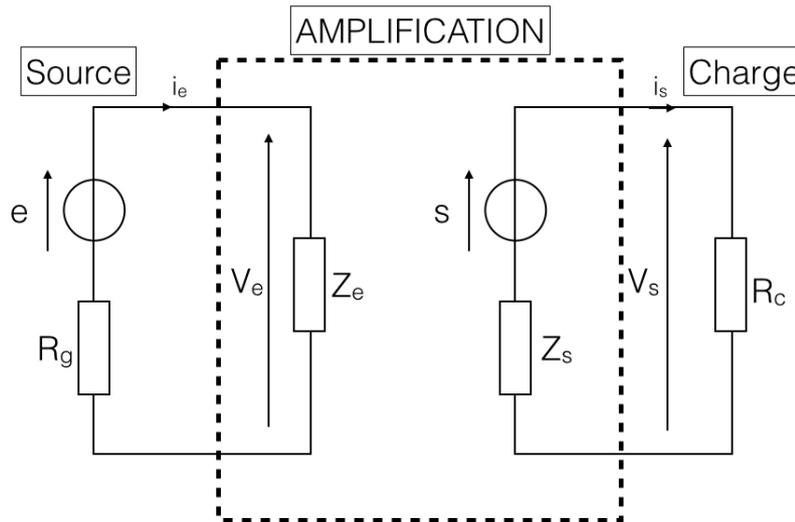
- ☛ Caractéristiques du transistor
- ☛ Emetteur commun
- ☛ Push-Pull

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Caractéristiques du transistor</b>	<b>2</b>
1.1	Définitions et ordres de grandeur . . . . .	2
1.2	Tracé des caractéristiques . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Montage à émetteur commun</b>	<b>4</b>
2.1	Circuit de polarisation . . . . .	4
2.2	Montage à emetteur commun . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Montage d'amplification Push-Pull</b>	<b>5</b>

## Introduction

L'amplification d'un signal est une étape indispensable au fonctionnement d'un appareil que l'on branche pour retranscrire un signal de faible amplitude. L'exemple du micro (faible amplitude) amplifié par un haut parleur est certainement l'exemple le plus parlant (lol), où l'on peut voir que brancher un micro directement à un haut parleur ne transmet pas de son. Il faut amplifier au préalable le signal électrique en sortie du micro. Ce montage est l'occasion de parler d'un composant important dans l'électronique et la micro-électronique de ces dernières années, le transistor. On passera en revue ses caractéristiques en entrée et en sortie ainsi que l'importance de sa place dans un montage électrique. Notamment, l'importance des impédances d'entrée et de sortie du circuit d'amplification sera mise en évidence à travers l'étude d'un montage push-pull.



## 1 Caractéristiques du transistor

✦ Duffait

Il s'agit simplement ici de tracer les caractéristiques du transistor, qui est l'élément fondamental pour l'amplification d'un signal avec le matériel qui est à notre disposition. D'abord quelques définitions simples.

### 1.1 Définitions et ordres de grandeur

Nous définissons le gain linéaire du montage amplificateur comme étant la constante multiplicative entre la puissance d'entrée et la puissance de sortie.

$$P_e = V_e I_e$$

$$P_s = V_s I_s$$

$$\text{et } P_s = G \times P_e$$

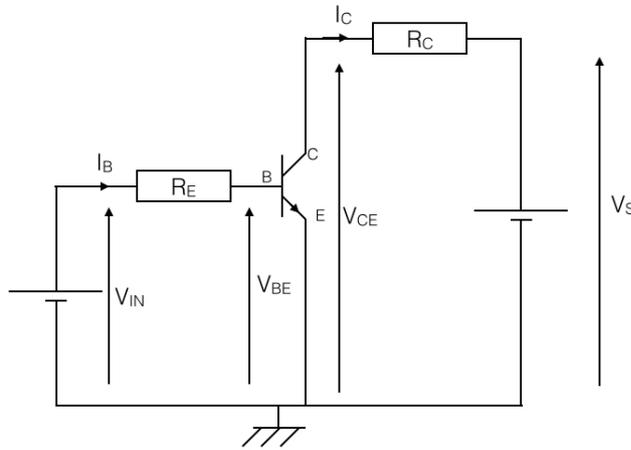
On différenciera dans la suite le gain en tension  $G_V$  et le gain en courant  $G_I$  de l'amplificateur en ayant aisément la relation  $G = G_V G_I$ .

On définit enfin le rendement (Attention bien différent du gain) comme  $\eta = \frac{P_s}{P_{\text{tot}}}$  où  $P_{\text{tot}} = P_e + P_{\text{alim}}$ .  $P_{\text{alim}}$  est la puissance électrique que l'on envoie dans l'amplificateur via le secteur.

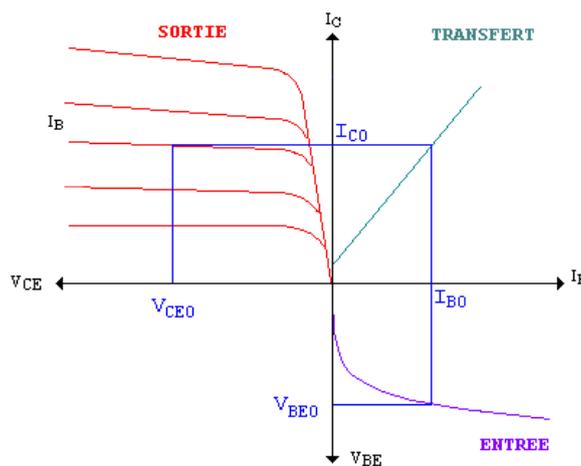
Concernant quelques ordres de grandeur, on voit que  $Z_e$  doit être très grande devant la résistance du circuit « source » pour que la tension d'entrée  $V_e$  soit entièrement transmise à l'amplificateur. Pour que le maximum de puissance soit transmis entre l'amplificateur et la sortie, on doit avoir  $Z_s \simeq R_C$  où  $R_C$  est appelée résistance de charge. En effet, on fait appel ici à la notion d'adaptation d'impédance entre le circuit amont et le circuit aval.

## 1.2 Tracé des caractéristiques

Pour étudier les caractéristiques du transistor qui est une double jonction soit PNP soit NPN (notre transistor est ici un 2N2222 de type NPN), on fait le montage simple suivant :



On utilise des alimentations continues du type Jeulin qui sont très bien. On choisit les valeurs de résistances de  $R_C = 620\Omega$  et  $R_B = 50k\Omega$ . Ainsi on mesure tour à tour les courants  $I_C = fct(V_{CE})$  en faisant varier  $V_E$ . Une valeur de  $V_E$  correspond à une caractéristique. Puis on fait la caractéristique de  $I_C = fct(I_B)$  qui a normalement un comportement linéaire dans une gamme large de  $I_B$ . De plus on parle d'effet transistor car  $I_C \gg I_B$ . Finalement, nous allons tracer la caractéristique d'entrée de  $V_{BE} = fct(I_B)$ . Sur cette caractéristique, nous approximerons par la suite que la tension de la jonction sera globalement égale à une valeur seuil 0.6V pour toutes valeurs de  $I_B$ .



On estime  $\beta = \pm$  . Notons que  $\beta$  est intrinsèque à chaque transistor.

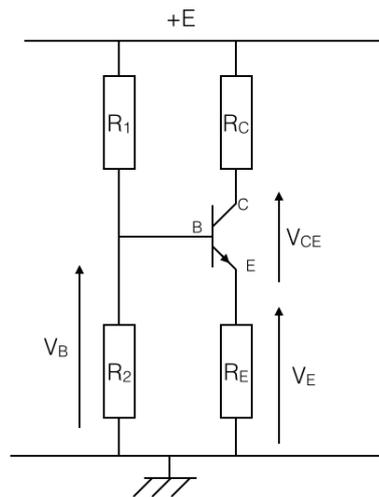
On peut alors faire une manipulation simple pour évaluer la déviation des caractéristiques lorsque la température varie. Pour cela on chauffe le transistor avec ses doigts ou avec un sèche-cheveux.  $\beta$  augmente avec  $T$ .

## 2 Montage à émetteur commun

✦ Duffait

Il est maintenant temps de s'intéresser à l'amplification, c'est-à-dire à la place du transistor dans un circuit électrique (on dit qu'on polarise le transistor). On réalise tout d'abord un circuit appelé montage à émetteur commun. Ce montage est également très intéressant car on a relié une résistance à l'émetteur, ce qui rend le gain  $\beta$  indépendant de la température, ce que nous allons vérifier. Petit raisonnement à la Philippe Odier : si  $T$  augmente alors  $\beta$  augmente donc  $I_C$  augmente donc  $V_E$  augmente et  $V_B = V_E + V_{BE}$  donc  $V_{BE}$  diminue donc  $I_B$  diminue donc  $I_C$  diminue.

### 2.1 Circuit de polarisation



On choisit  $R_e \simeq 100 \Omega$ ,  $R_1 \simeq 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 \simeq 2 \text{ k}\Omega$  sont déterminées pour que l'on ait un compromis entre la puissance délivrée par l'amplificateur et la stabilisation en température assurée par  $R_E$ . On trace la droite de polarisation du transistor sur les caractéristiques de  $I_C = \text{fct}(V_{CE})$ . On a alors polarisé le transistor et l'on vérifie que l'on soit bien sur un plateau (ou pseudo-plateau si l'on considère l'effet Early), qui montre que l'on est dans une zone de linéarité du transistor.

### 2.2 Montage à emetteur commun

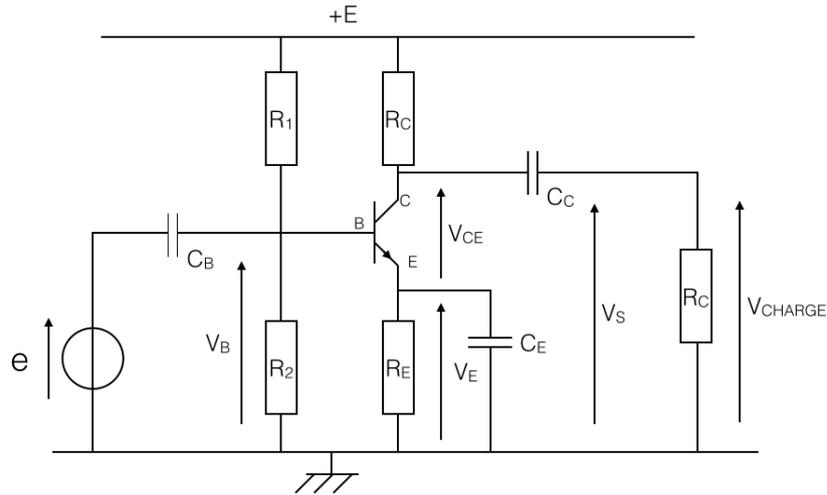
On place maintenant des condensateurs dans le circuit que l'on alimente avec un signal sinusoïdal de faible amplitude qui sera amplifié par le dispositif. Les condensateurs ont pour buts de couper les composantes continues en entrée et en sortie. En entrée, on veut couper la composante continue provenant de l'alimentation continue qui polarise le transistor. Pour la sortie, on ne veut pas envoyer une puissance liée à une composante continue pour ne pas griller l'appareil que l'on branche après le circuit d'amplification. Quant au condensateur  $C_E$ , il permet de court-circuiter la résistance  $R_E$  à haute fréquence pour que la puissance du transistor ne soit pas absorbée totalement par la résistance  $R_E$ .

$$C_B \simeq 100 \mu\text{F}$$

$$C_C \simeq 100 \mu\text{F}$$

$$C_E \simeq 1 \text{ mF}$$

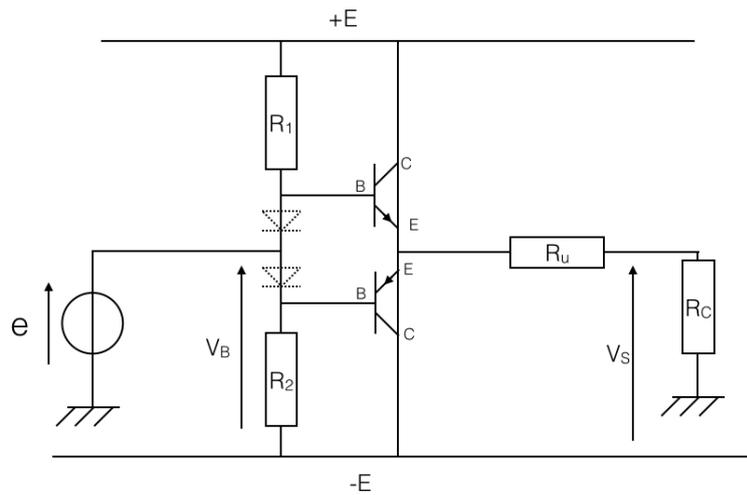
Calcul des impédances d'entrée ( $\simeq 2 \text{ k}\Omega$ , bonne impédance d'entrée car assez grosse) et de sortie ( $\simeq 500 \Omega$ , peut être trop grosse par rapport à l'impédance d'une charge comme un HP de l'ordre de  $50 \Omega$ ). On mesure aussi dans cette partie, la plage de fonctionnement en amplificateur du montage. Il s'agit simplement de tracer le gain du montage en fonction de la fréquence (diagramme de Bode). On voit que le gain en tension est constant dans une plage de fréquence allant de  $10 \text{ Hz}$  à  $1 \text{ MHz}$  en étant approximatif (Jérémy vous le fera très bien en détail!). On calcul un rendement



comme précisé dans la première partie  $\eta = \left(\frac{V_{max}}{E}\right)^2$  car  $Z_E \simeq Z_S$ . Ce rendement est normalement très faible car le montage emetteur commun n'est pas adapté à un circuit réel. Puis enfin on remarque qu'il y a de la distorsion dans le signal amplifié ce qui implique que l'on fasse une analyse harmonique du signal par rapport au signal d'entrée et que l'on juge l'importance de la distorsion en fonction de l'importance des pics qui apparaissent sur le signal de sortie mais pas sur celui d'entrée.

### 3 Montage d'amplification Push-Pull

Le montage Push-Pull comme son nom l'indique permet d'amplifier dans un sens puis dans l'autre en alternance. On voit ce comportement assez rapidement en regardant le montage ou l'on voit deux transistors (l'un NPN et l'autre PNP) tête-bêche.



On peut alors évaluer le gain en tension qui est de l'ordre de 1 MAIS on a aussi un gain en intensité et on voit que

lorsque l'impédance de la charge augmente, on a une amplification nette de puissance!! (et pas de tension a priori). C'est cet effet d'adaptation d'impédance dont nous avons parlé en introduction qui fait de ce montage Push-Pull, un bon candidat pour amplifier un signal correctement. On pourrait également améliorer ce montage en essayant de réduire la distorsion à l'aide de diode pour que le signal de sortie ne subisse pas de déformations fortes liées à la variation d'amplitude du signal d'entrée.

## Conclusion

Ce montage est le moyen de clarifier la chaîne d'amplification que l'on utilise en TP, bien qu'il soit purement pédagogique car actuellement en industrie (cf le Condo), les transistors ne sont guère utilisés.