

François Damien & Johan Pinard

* Plan : I) Caractéristique d'un transistor

Trace des la caractéristique

- 1) $I_B = f(V_{BE})$ à V_{CE} fixe
- 2) $I_C = f(I_B)$ à V_{CE} fixe
- 3) $I_C = f(V_{CE})$ à I_B fixe

II) Montage à émetteur commun

- 1) Point de fonctionnement
- 2) Gain en tension

III) Montage Push-Pull

* Biblio : → Expérience d'Électronique, Duffaut & al.
 → Maxi fiches - Électronique, Banneton & al.,
 → Principe d'Électronique, Malvino

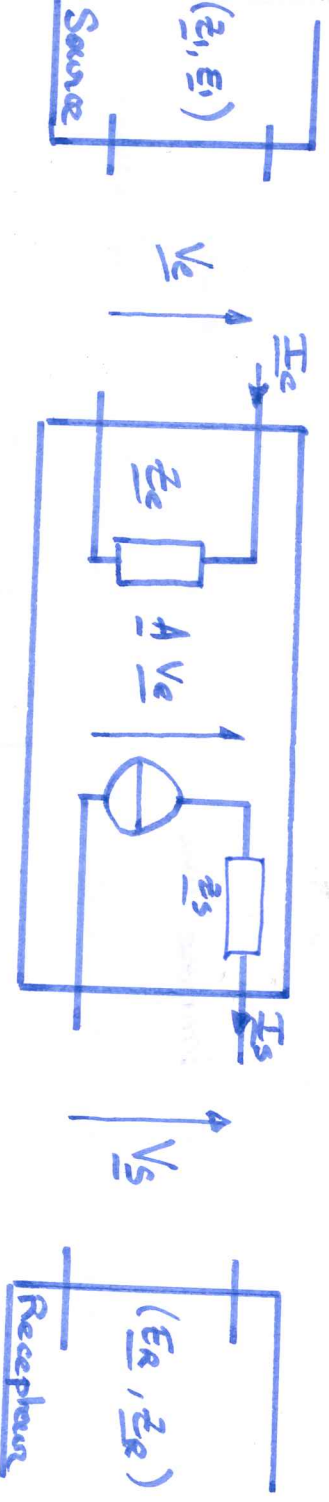
Commentaires et questions:

* Problématique : amplifier des signaux nécessite de disposer d'un système (électrique ici) capable de transformer un signal de faible amplitude en un signal de grande amplitude sans en modifier les autres caractéristiques.

Ex : un son est transformé en un signal électrique au travers d'un micros. L'amplitude du signal est trop faible pour qu'un haut parleur le retransforme à son tour en un son d'intensité significative.

* Principe de l'amplification d'un signal

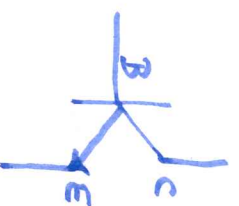
Un amplificateur est un quadripôle transformant un signal d'entrée (V_e, I_e) en un signal de sortie (V_s, I_s)



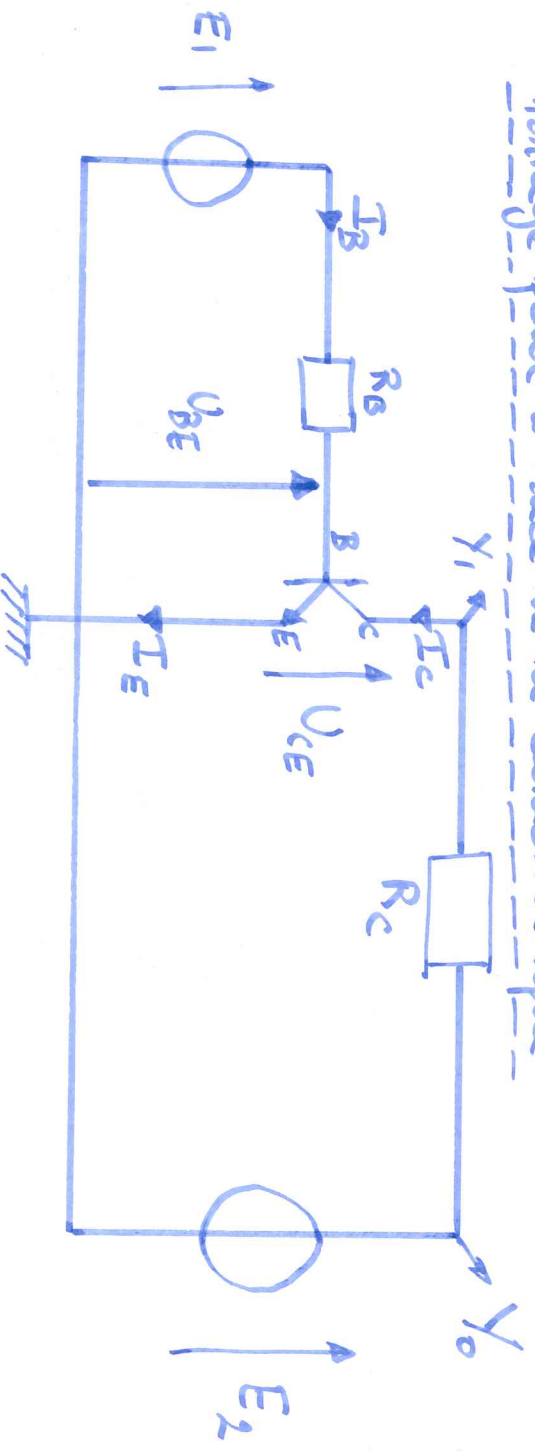
I) Caractéristique d'un transistor

Les transistors sont des composants électronique permettant de réaliser ce type d'amplification et sont aujourd'hui utilisé dans de nombreux circuits intégrés notamment dans les microprocesseurs. Le transistor que l'on étudie à étudier ici est un semi-conducteur (type NPN) décomposé en 3 zones dopées de manière différentes :

- L'émetteur (E) dopé N (fortement)
- La base (B) dopé P (faible épaisseur)
- Le collecteur dopé N (large épaisseur)



Montage pour le tracé de la caractéristique



→ Relations liant quelques grandeurs du circuit :

$$\begin{cases} I_E = I_B + I_C \\ V_{CE} = E_2 - R_C I_C \\ V_{BE} = E_1 - R_B I_B \end{cases}$$

$$(I_B \ll I_C)$$

$$\begin{cases} R_C = 806,4 \pm 0,5 \Omega \\ R_B = 61,46 \pm 0,5 k\Omega \end{cases}$$

• Supposons que l'on impose une tension positive entre le collecteur et l'émetteur (par l'intermédiaire de E_1). Deux cas de figures sont possible :

1) On impose une tension entre B et E négative ou nulle
 $\Rightarrow$ B et E sont bloqués.

(Des électrons arrivant de l'émetteur ne peuvent pas traverser les jonctions pour rejoindre le collecteur)

2) On impose une tension entre B et E positive

$\Rightarrow$ Des électrons de E vont dans la base et peuvent y rester suffisamment de temps pour qu'ils aient le temps de diffuser à travers la jonction BC et puis d'être accélérés dans le collecteur (du fait de V_{CE}) produisant un courant I_C .

• En résumé, une tension V_{CE} fixée conduit à un courant

I_B (dont la variation est exp. comme pour une diode)

Le courant I_B (très petit $\sim \mu A$) cause un courant I_C qui lui est proportionnel tel que ; $I_C = \beta I_B$ (Gain en courant)

[Manip] : ① Monter à l'oscillo que lorsque l'on augmente E_2 à E_1 fixe, la tension V_{BE} augmente, mais surtout la tension V_{CE} diminue $\Rightarrow$ augmentation de I_C

② Avec 2 ampèremètres relever I_B et I_C , et la valeur de V_{BE} pour une tension V_{CE} choisie (à 2V par exemple)

(Nb: Dès que la tension V_{EB} atteint une valeur proche de 0,6V, le courant I_B est suffisant pour créer un courant I_C)

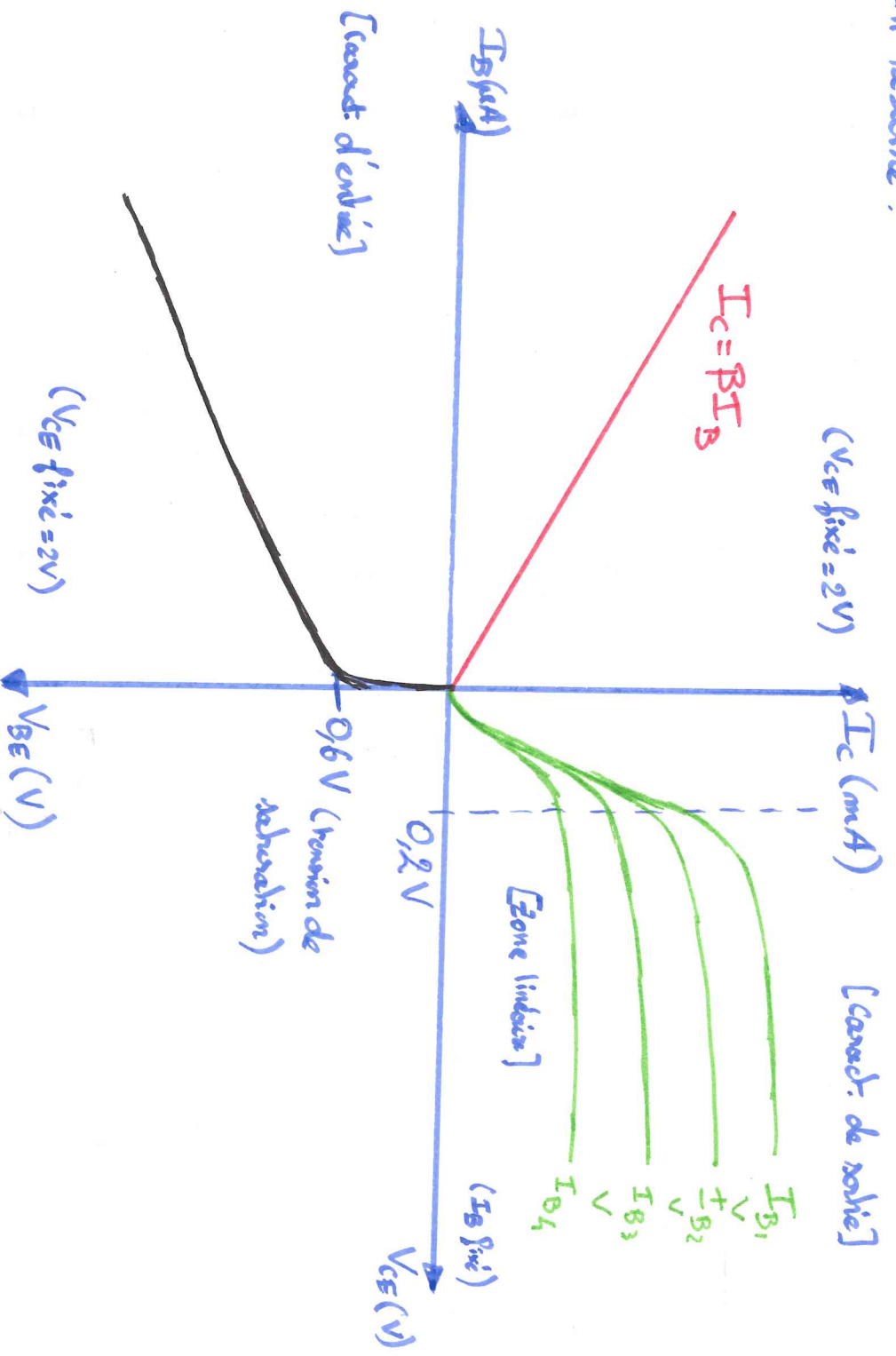
③ On remplit un tableau avec négari dominant (V_{EB}, I_B, I_C) pour $V_{CE} = 2V$ et l'on fait les graphiques des caractéristique $I_B(V_{EB})$ et $I_C(I_B)$. Cette dernière permet de déterminer β par négation linéaire, on trouve

$$\beta = \pm$$

④ Utilisez l'oscillo pour envoyer une tension E_2 en forme de rampe allant de 0 $\rightarrow$ 10V et relever à la carte d'acquisition la tension V_{CE} au borne de $R_C (\Rightarrow I_C)$ ainsi que la tension V_{CE} . Faire ça pour différentes valeurs de I_B et constater que le plateau de courant (zone linéaire) est plus haut lorsque I_B est plus grand. On obtient les $I_C(V_{CE})|_{I_{Bn}}$.

Nb: Par ailleurs à I_B fixe, une augmentation de V_{CE} conduit à une petite augmentation de I_C (Non linéaire) pour $V_{CE} < 0,2V$; puis à une augmentation linéaire (cf. effet Early). La jonction BC se comporte comme une diode polarisée en inverse. Plus I_B est grand, plus ce plateau courant est petit, en effet $I_E = I_C + I_B \approx I_C$.

• En résumé :



II) Montage à émetteur commun (Classe A)

L'émetteur est le point commun de retour des tensions d'entrée et de sortie. On impose à la base du transistor une tension variable qui va donner un courant variable traversant la base.

Les variations de ce courant vont se traduire par une variation de courant I_C lorsque $V_{CE} > 0$. Le signal peut alors être amplifié en tension au moyen d'une polarisation continue E (cf. Diode)

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = 1434 \pm 5 \Omega \\ R_2 = 8162 \pm 5 \Omega \end{array} \right\} \rightarrow \text{Pont diviseur de tension : } V_B = \frac{V_E}{R_1 + R_2}$$

$R_1, R_2 \Rightarrow$ point de fonctionnement indep. de R_1 et $T=0$

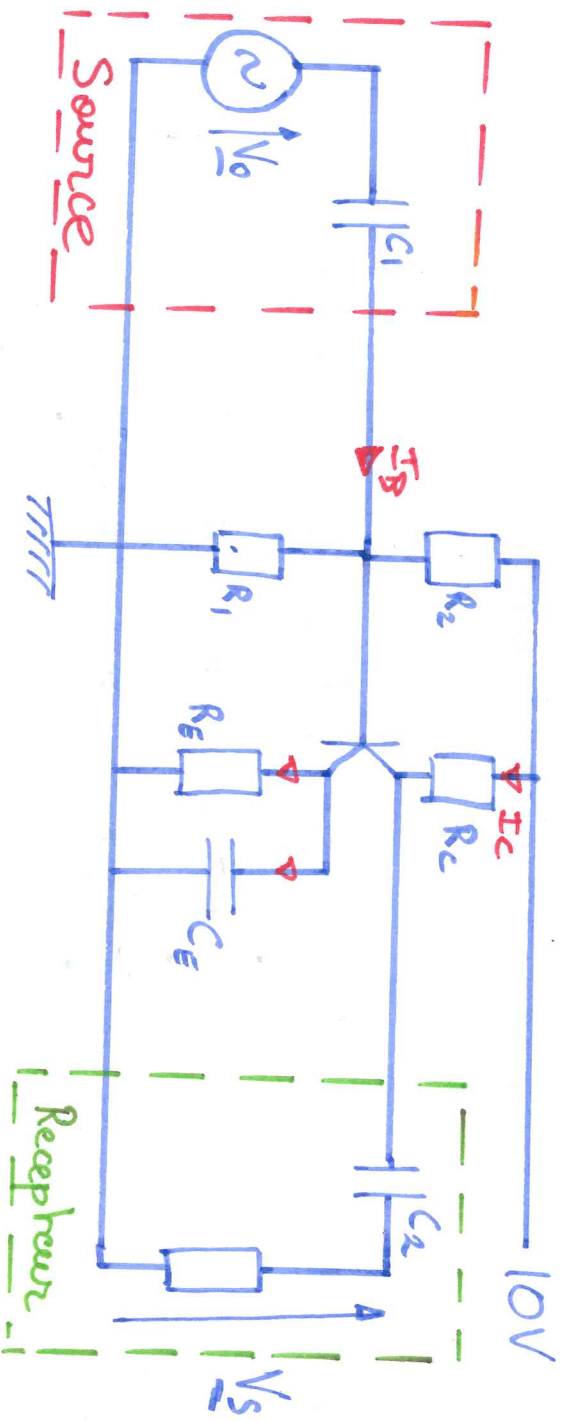
$$R_C = 804,6 \pm 0,5 \Omega \rightarrow \text{Limite le courant entrant dans C}$$

$C_1 = 9,67 \pm 0,01 \mu F \rightarrow I_{Sde}$ la base de la composante continue du signal d'entrée

$C_2 = 100,8 \pm 0,1 \mu F \rightarrow I_{Sde}$ le signal de sortie de la composante continue

$$C_E = 981 \pm 1 \mu F$$

$\rightarrow$ Permet de court-circuiter R_E pour les signaux alternatifs (E_{rste} à un potentiel constant)



1) Point de fonctionnement

de point de fonctionnement est l'intersection entre la droite de charge

$$V_{CE} = E - R_C I_C + R_E I_E \text{ et la caractéristique } I_C(V_{CE}) \text{ à } I_{B \text{ fixe.}}$$

[Manip] : ① On réalise avec un GBF pour une petite amplitude $\sim mV$ et une fréquence de par exemple $1 kHz$.

② On mesure la tension aux bornes de R_C , on en déduit I_C

$$I_C = \pm \text{mA} \text{ avec } \Delta I_C = \sqrt{\left(\frac{\Delta V_{CE}}{V_{CE}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_C}{R_C}\right)^2}$$

③ On compare avec la caractéristique $I_C(V_{CE})$ et on montre que l'on est dans le régime linéaire.

2) Gain en tension

→ On observe que pour une tension d'entrée sinusoïdale d'amplitude $\underline{V_e}$ on a une tension de sortie $\underline{V_o} > \underline{V_e}$. On fait ici l'étude du gain

$$G = \left| \frac{V_o}{V_e} \right| \text{ en fonction de la fréquence.}$$

[Manip] ① Mesurer $|V_s|$ et $|V_e|$ à l'oscilloscope pour différentes valeurs de la fréquence et représenter le gain en dB en fonction de $f_c(\nu)$

② On repère à $G_{max} - 3\text{dB}$ 2 fréquences de coupure

$$\begin{aligned} \nu_1 &= \pm H_3 \\ \nu_2 &= \pm H_3 \end{aligned}$$

ce qui donne la largeur de la bande passante.

→ Il est possible de comparer cette valeur à une valeur théorique dans l'approximation des petit signaux : $|G_M| = \frac{\beta R_e}{R_{II}}$

$$\text{où } R_{II} = \left. \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \right|_{V_{CE}}$$

[Manip] On reprend la caractéristique et on fait une regression linéaire autour du point de fonctionnement, on a :

$$G_{MA} = \pm \text{avec } A_{GMA} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_{II}}{R_{II}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta R_e}{R_e} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \beta}{\beta} \right)^2}$$

→ Si l'on soustraite une signal de sortie de plus grande amplitude on pourrait obtenir un signal d'entrée de plus grande amplitude, seulement ;
 $\Rightarrow$ distorsion (plus dans le régime linéaire)

[Manip] : observation à l'oscilloscope de la distorsion.

À ce stade on pourrait essayer de brancher le micro en entrée et le haut-parleur en sortie du montage, mais avant toute chose il faut s'assurer de la compatibilité des impédances.

[Remarque] ① Utiliser la méthode des tensions moitiés pour déterminer l'impédance d'entrée et de sortie en branchant une résistance de charge variable que l'on ajuste par dichotomie.

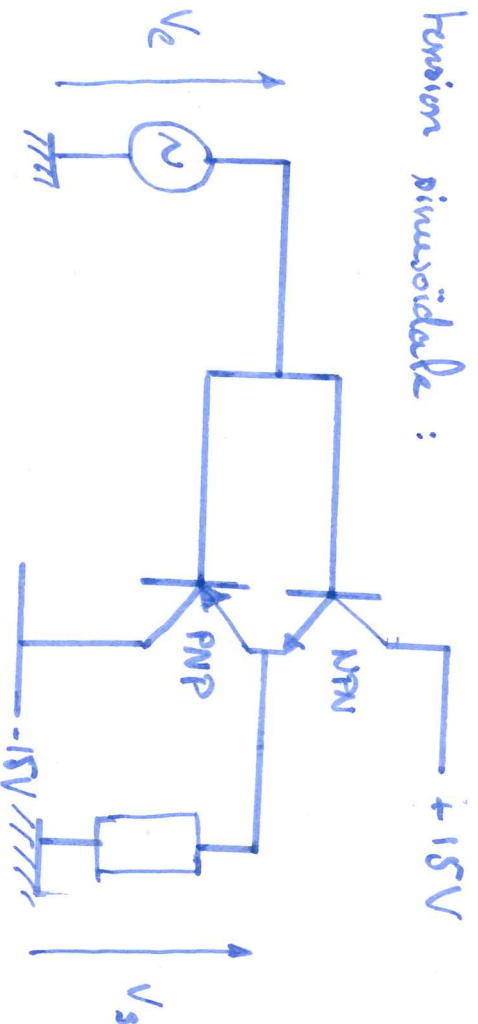
② Brancher le micro et l'ampli et constater que ça ne fonctionne toujours pas.

↓ Nécessité d'amplifier en courant ($\Rightarrow$ la combinaison des deux permet d'amplifier en puissance)

III) Montage Push-Pull

Le montage Push-Pull permet ce type d'amplification. On utilise la plaquette (P41.18) toute faite et on alimente en

tension sinusoïdale :



[Remarque] : Observation du signal et de la distorsion comparé au signal d'entrée. Interprétation avec les tensions de saturation $\pm 0,6V$.

Une mesure des courants d'entrée et de sortie permet de déterminer le gain.

[Henri] On peut maintenant brancher le micro en entrée de l'émetteur commun et en sortie de celui-ci la puissance est la puissance en sortie des deux étages d'amplification et maintenant suffisante pour faire vibrer la membrane du haut parleur !