



## Compte Rendu

Ecole Nationale Supérieure de l'Electronique et de ses Applications

Electronique Analogique

TP2 : Amplificateur Classe C

2<sup>eme</sup> Année

Année : 2023 - 2024

Camille Lanfredi

Rémi Weidle

## 1. Introduction

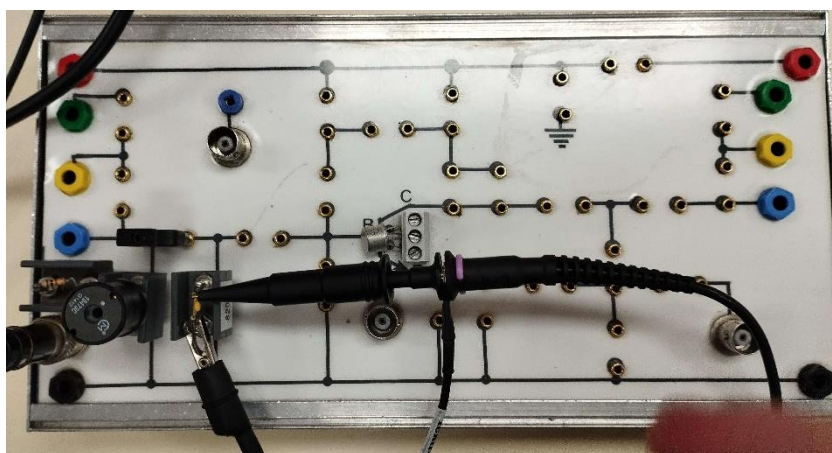
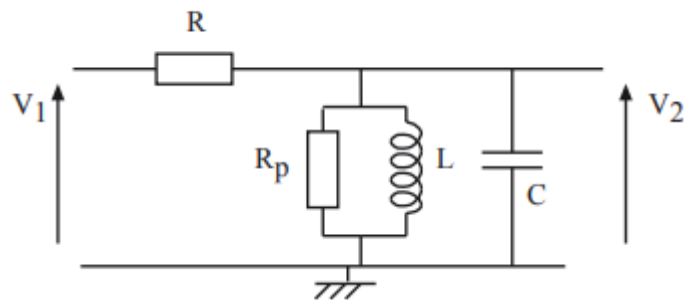
Durant ce TP nous allons concevoir un amplificateur de classe C. Dans un premier temps nous allons déterminer les différents composants pour obtenir un gain de 10.

## 2. Mesures préliminaires

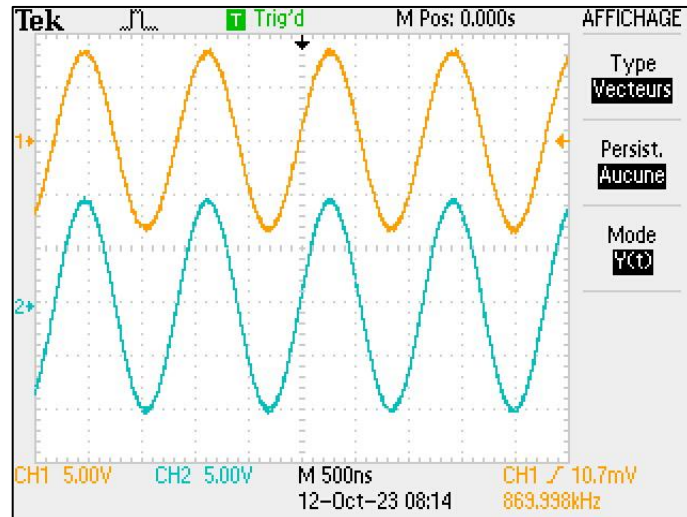
Avant de commencer les différentes mesures, nous nous assurons que le transistor fonctionne correctement. Pour cela, nous utilisons un multimètre pour observer si nous obtenons bien une tension entre la jonction Base-Emetteur et Base-Collecteur. Une fois vérifié, nous pouvons démarrer les manipulations.

Lors de nos mesures, nous utilisons une sonde d'oscilloscope commutable (x1/x10) car si nous utilisons un oscilloscope avec un simple câble coaxiale, nous ajouterions une capacité entre 100 et 120 pF. L'avantage d'une sonde d'oscilloscope passive est qu'elle réduit cette capacité ramenée d'environ 13 pF.

Pour commencer, nous devons déterminer les valeurs de  $L$  et  $R_p$ .

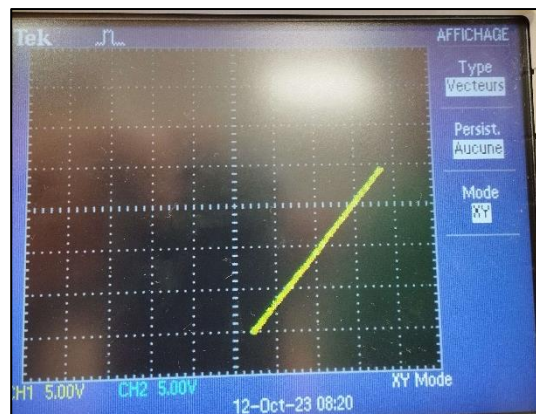


Nous nous plaçons à la fréquence de résonance  $f=f_0$ , les impédances réactives L et C se compensent et les tensions d'entrée et de sortie sont en phase. Cependant pour y parvenir nous devons faire varier la fréquence  $f_0$ .



Chronogrammes des signaux d'entrée (jaune) et de sortie(bleu) en phase

En ajustant la fréquence en mode « X/Y », nous obtenons la courbe suivante :



Chronogrammes des signaux d'entrée (jaune) et de sortie(bleu) en mode X/Y

Nous mesurons une fréquence d'oscillation de 865 kHz. Cette valeur st assez proche de celle mesuré précédemment à 870 kHz.

Nous pouvons rappeler ce cela est dû la bobine (inductance) présente dans le circuit et ses phénomènes d'hystérésis du noyau de bobinage. Mais également du transistor qui en haute fréquence présente des effets capacitifs parasites venant de l'émetteur et du collecteur.

Puis, pour déterminer la valeur de la bobine, nous utilisons la relation suivante :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 870kHz$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 * 875.10^6 * 704.10^{-12}} = 41.1\mu H$$

Puis, nous déterminons la résistance de fuite  $R_p$ . Cependant nous ne cherchons pas un rapport égal à 0,5 car, dans notre circuit l'amplitude de  $V_2$  est de 10V. Le GBF ne peut pas fournir en entrée une amplitude supérieure à 20V. Nous prenons une résistance faible de l'ordre de  $1k\Omega$  pour obtenir une tension de  $V_2$  de 9V. Donc nous cherchons un rapport de 0,9 car le GBF ne peut pas fournir en entrée une amplitude supérieure à 20V.

La résistance de fuite  $R_p$  a pour expression :

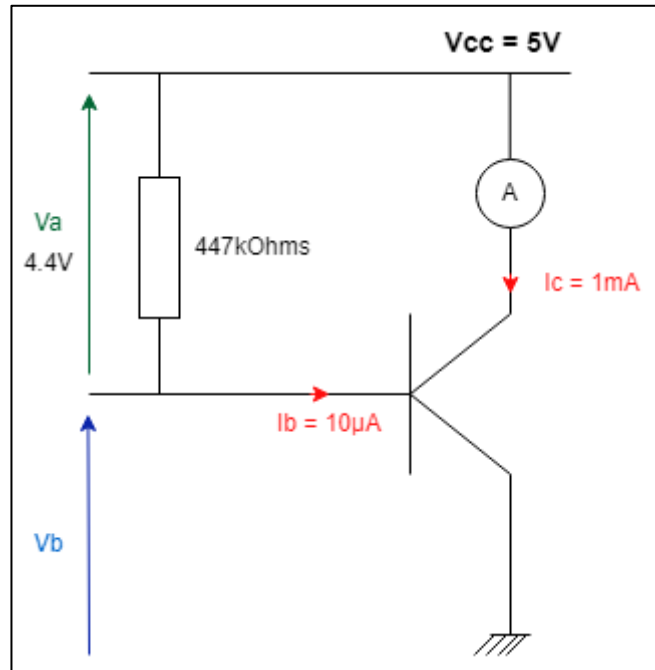
$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{R_p}{R_p + R} = 0.855$$

$$R_p = \frac{0.855 * R}{1 - 0.855} = \frac{0.855 * 1000}{1 - 0.855} = 5896\Omega$$

Nous mesurons la valeur de la capacité avec un banc de test à l'éléments capacitifs.

$$R_p = 703.723pF$$

Et enfin, nous déterminons le  $\beta_{\text{statique}}$ . Pour cela, nous réalisons, le schéma équivalent pour un  $\beta_{\text{statique}} = 100$  (en théorie).



Donc dans un premier temps, nous mesurons la valeur de  $I_{C0}$  qui est de 0,823mA.

Puis, nous déterminons la valeur de  $I_B$ .

La première solution serait de mesurer directement la tension à ses bornes avec un voltmètre et de la diviser par sa valeur de résistance. Cependant, cette méthode fausse les mesures car si l'on place un voltmètre à ses bornes, sa résistance d'entrée n'est pas infiniment grande devant  $R_B$  et ainsi changer le courant de collecteur.

Nous allons donc faire 2 mesures de tension en  $V_A$  et  $V_B$ , faire la différence des 2 et la diviser par la résistance  $R_B$ .

$$I_B = \frac{V_A - V_B}{R_B} = \frac{4,469}{447000} = 9,9977\mu A$$

Avec :

- $V_A = 5,05V$
- $V_B = 0,581$

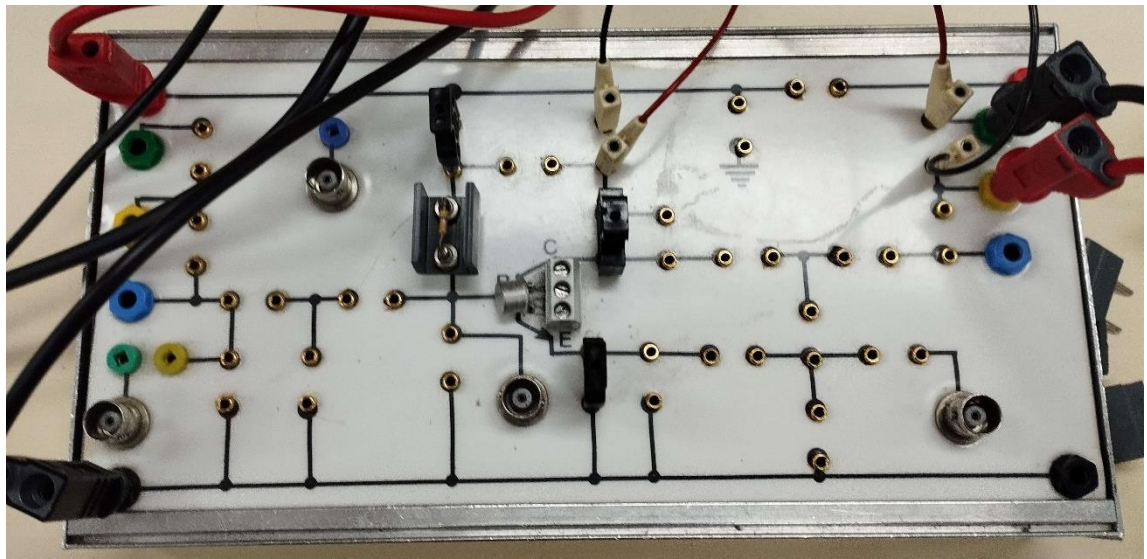
Nous avons enfin tous les éléments pour déterminer  $\beta$ , grâce à son expression :

$$I_C = \beta I_B$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0,825mA}{9,9977\mu A} = 82,52$$

$$\beta = 83$$

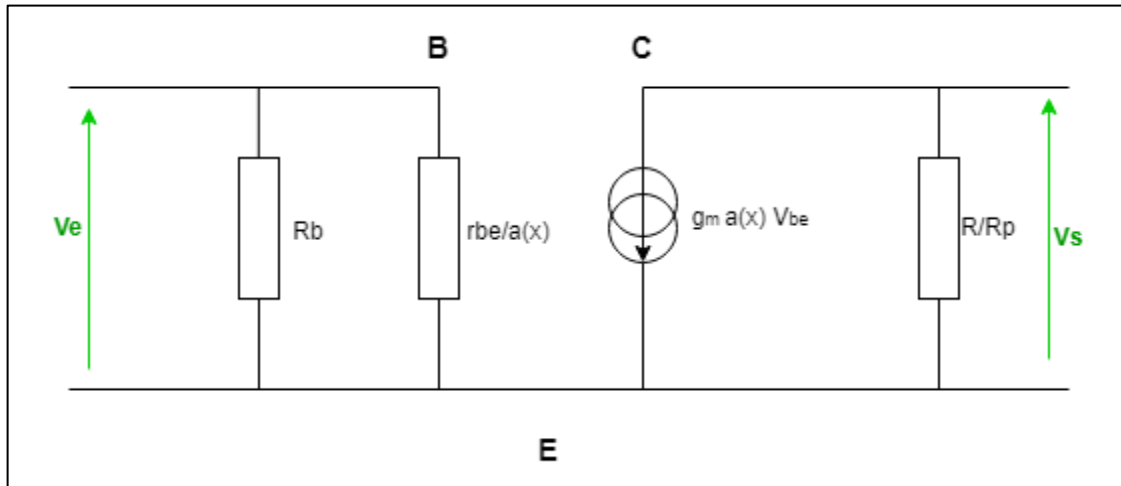
Explication



Montage réalisé sur la maquette

### 3. Prédétermination des composants du montage

Dans un premier temps, nous réalisons le schéma équivalent en 1<sup>er</sup> harmonique et en déduire le gain.



Le gain peut alors s'exprimer ainsi :

$$G = \frac{V_S}{V_E} = -g_m a(x) * R_c$$

Et  $x = \frac{V_{be}}{V_T} = \frac{1}{25.10^{-3}} = 40$  ce qui est très largement supérieur à 1 donc nous pouvons approximer  $a(x) = \frac{2}{x} = \frac{1}{20}$ .

Donc :

$$g_m = \frac{10}{a(x) * R_c} = \mathbf{0,076}$$

De plus, nous pouvons déterminer  $I_{C0}$  à partir de  $g_m$ .

$$I_{C0} = g_m * V_T = \mathbf{1.9mA}$$

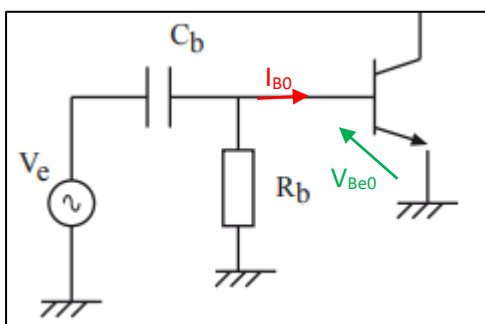
Par extension :

$$I_{B0} = \frac{I_{C0}}{\beta} = 22.9\mu A$$

Finalement, nous pouvons déterminer le gain de l'amplificateur,

$$G = -0.076 * \frac{1}{20} * \frac{4.7 * 10^{-3} * 4.58 * 10^{-3}}{4.7 * 10^{-3} + 4.58 * 10^{-3}} = \mathbf{-9.937}$$

En polarisation :



$$R_B = \frac{V_{Be0}}{I_{B0}} = \frac{0.3}{69.3 * 10^{-6}} = \mathbf{13100\Omega}$$

Et enfin, nous déterminons la valeur de la capacité  $C_B$  à partir de la relation suivante :

$$f_c = \frac{1}{2\pi C_B \left( \frac{R_B * \frac{r_{be}}{a(x)}}{R_B + \frac{r_{be}}{a(x)}} \right)} = 10kHz \ll f_o = 870 kHz$$

La fréquence de coupure est fixée à 10kHz pour ne pas influencer la fréquence de fonctionnement du système, qui est de 870kHz. C'est pourquoi nous prenons une valeur largement inférieure.

Puis, nous devons déterminer la valeur de  $r_{be}$ . Pour cela, nous utilisons l'expression suivante :

$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{C0}} = 1092\Omega$$

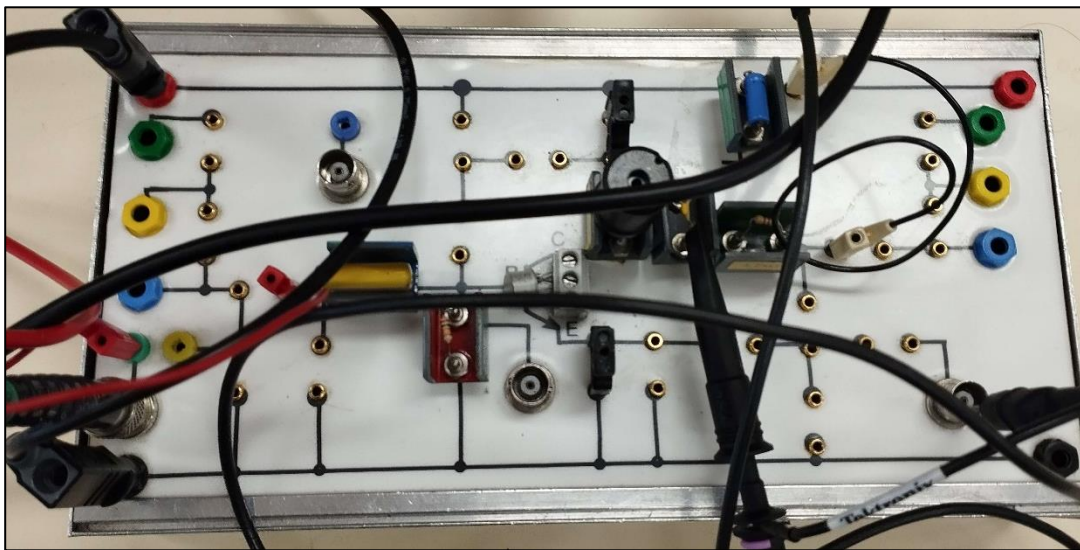
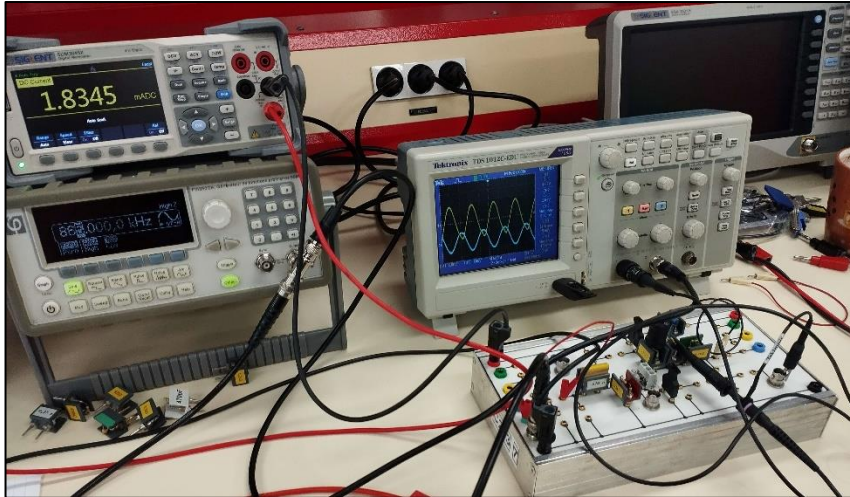
Désormais nous pouvons en déduire la valeur de  $C_B$  :

$$C_B = \frac{R_B * \frac{r_{be}}{a(x)}}{2\pi f_c * R_B * \frac{r_{be}}{a(x)}} = 15.9\mu F$$



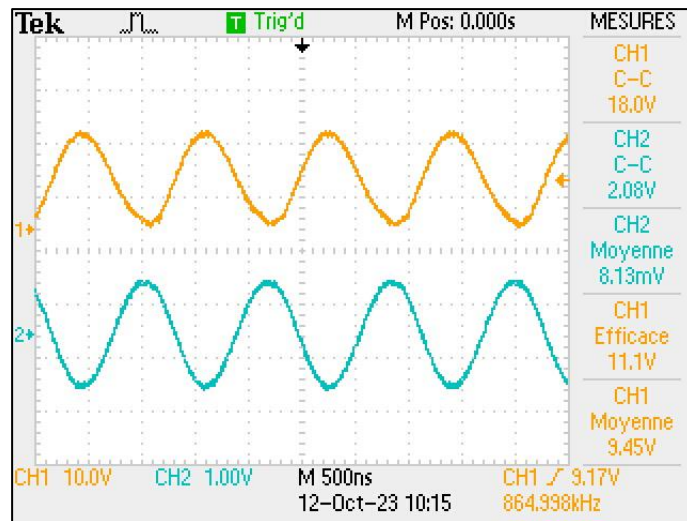
## 4. Expérimentations

Dans un premier temps, nous réalisons le montage de l'énoncé du travail pratique.

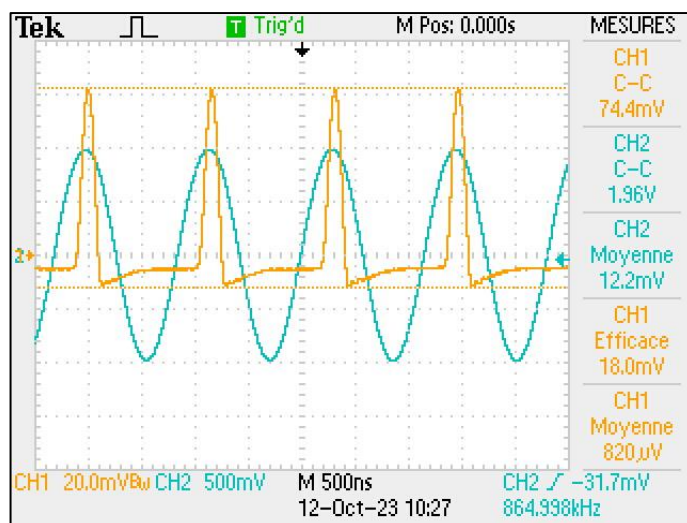


Montage réalisé sur la maquette

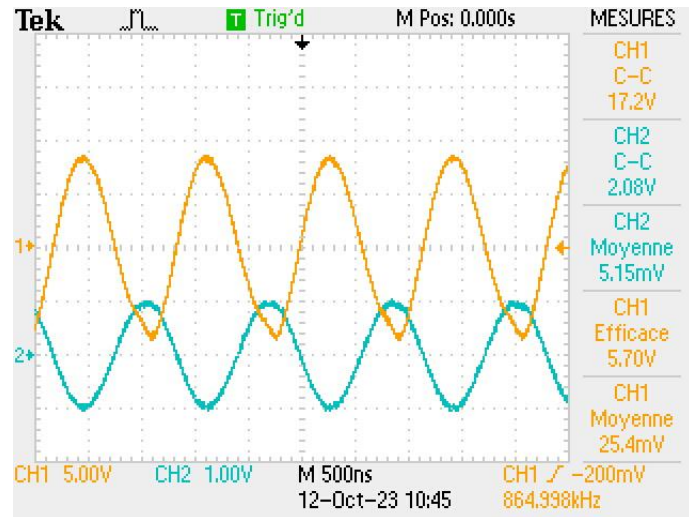
Nous obtenons une amplitude de sortie de 18V crête-à-crête soit une amplitude de 9V ce qui quasiment au gain de 10 voulu.



Puis, nous obtenons le chronogramme de  $V_{be}$ . Celui-ci est identique à  $V_e$  avec un léger décalage avec une différence de tension d'environ 0.3V. Ce qui est parfaitement logique car la bobine se décharge lentement.



Chronogrammes de  $V_{BE}$  (jaune) et  $V_e$  (bleu)



Chronogramme du courant présent dans le collecteur  $I_c$  (jaune)

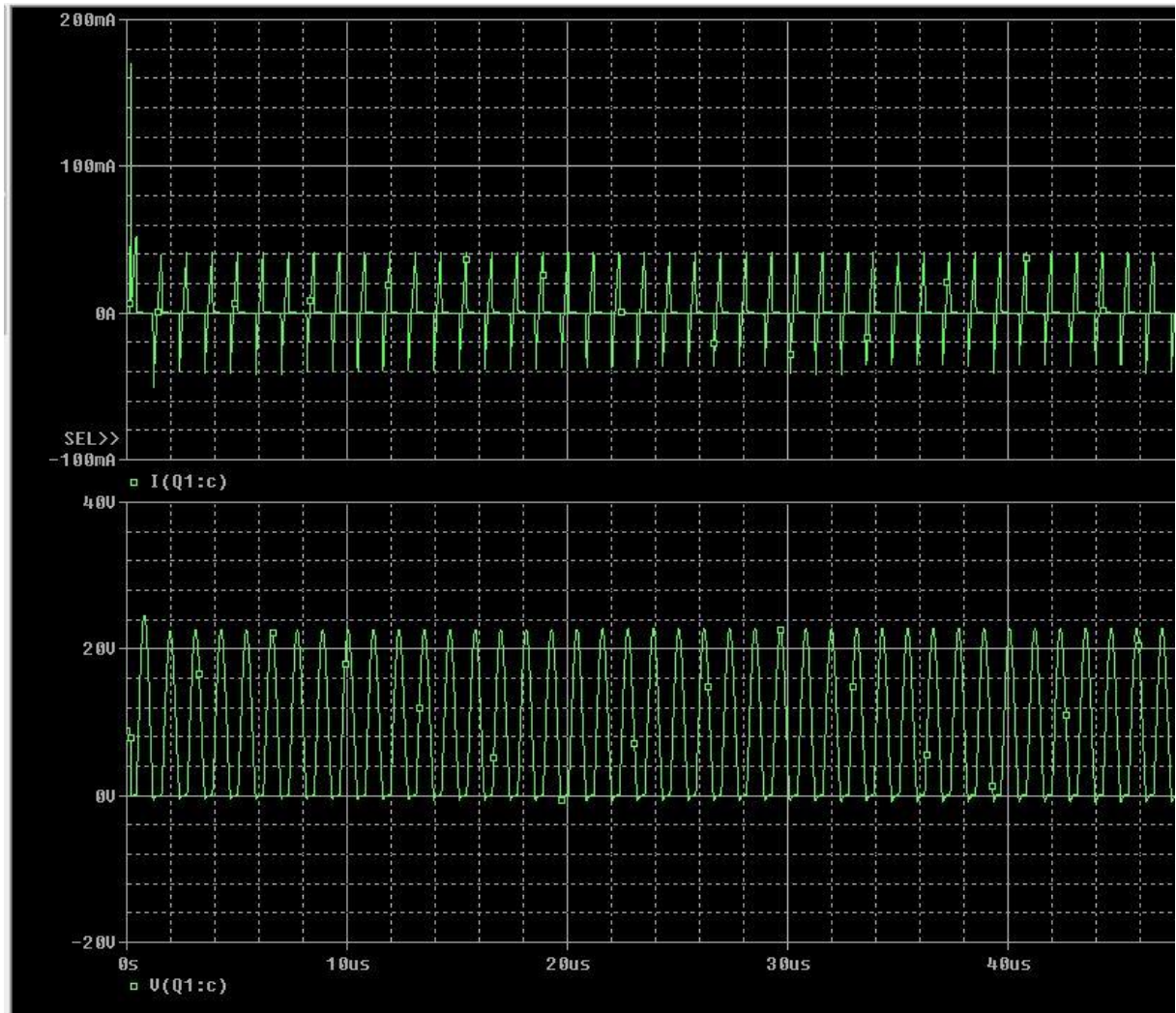
Et enfin, pour obtenir le meilleur rendement, on diminue la valeur de la tension d'alimentation, jusqu'à la limite de la saturation.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_{charge}}{P_{alim}} = \frac{\frac{U^2}{2R}}{P_{alim}} = \frac{\frac{17,4^2}{2 * 18000}}{8,6 * 0,0018} = \frac{0,0086}{0,01548}$$

$$\eta = 55\%$$

## 5. Simulation

Après avoir réaliser le schéma sous PSIM, nous obtenons les courbes de la tension et du courant du transistor.



	Trace Color	Trace Nam	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor				
		X Values				Y1 - Y1(Cur	Y2 - Y2(Cur	Max Y	Min Y	Avg Y

ADENCE\MonSuperProjetCamCam-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\CamCam\CamCam.dat (active)