

Solution de la série de TD03

Exercice Numéro 01

Montage A

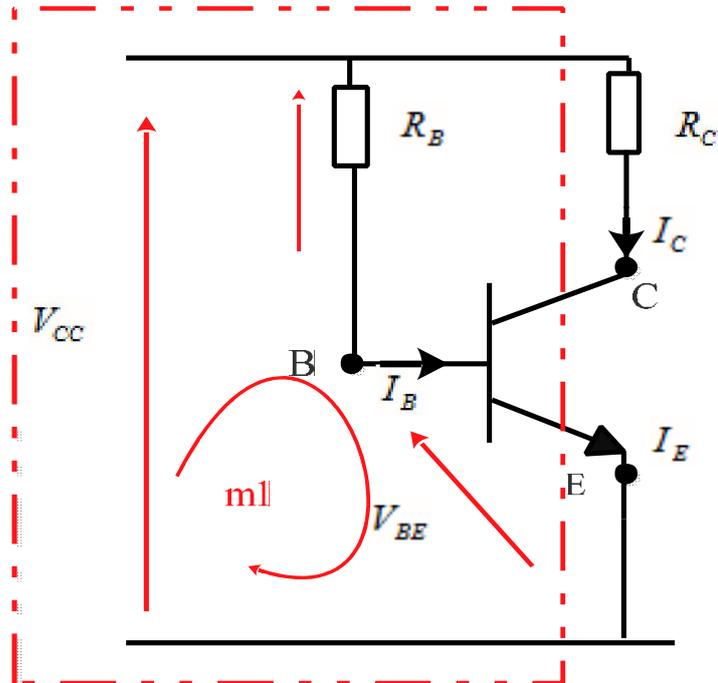
Nous avons la tension V_{CC} égale a la somme de tension U_{RB} plus celle de V_{BE}

$$V_{CC} = 15\text{ V}, V_{BE} = 0.7\text{ V}, \quad R_C = 1\text{ k}\Omega,$$

$$R_B = 220\text{ k}\Omega, R_E = 110\ \Omega.$$

Il est demandé de calculé le courant au niveau du Collecteur I_C en changeant la valeur de β pour les trois montages, et ce dans l'objectif de vous permettre de voir quel montage qui minimise l'influence de ce dernier (β) sur le courant du collecteur

Le circuit coté entré (coté base)



Selon la maille 01 (m1)

$$V_{CC} = U_{RB} + V_{BE} = R_B I_B + V_{BE}$$

Et puisque $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ donc

$$V_{CC} = R_B \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} \text{ et } I_C = (V_{CC} - V_{BE}) \frac{\beta}{R_B}$$

Application numérique $I_{C1} = \frac{15-0.7}{220 \cdot 10^3} 100 = 6.5\text{ mA}$ si $\beta = 100$

$$I_{C2} = \frac{15-0.7}{220 \cdot 10^3} 300 = 19.5\text{ mA} \text{ si } \beta = 300$$

Le rapport entre les deux courants $\gamma = \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 3$

Montage B

Selon la maille 02 (m2)

$$V_{CC} = U_{RC} + U_{RB} + V_{BE} = R_C I_{RC} + R_B I_B + V_{BE}$$

Et puisque $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ et $I_{RC} = I_B + I_C$ donc $I_{RC} = \frac{I_C}{\beta} + I_C$

$$V_{CC} = R_C \left(\frac{I_C}{\beta} + I_C \right) + R_B \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} = R_C I_C + (R_C + R_B) \frac{I_C}{\beta} + V_{BE}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \left(\frac{R_C + R_B}{\beta} \right)}$$

Application numérique

$$I_{C1} = \frac{12 - 0.7}{10^3 + \left(\frac{221 \cdot 10^3}{100} \right)} = 4.45 \text{ mA} \quad \text{si } \beta = 100$$

$$I_{C2} = \frac{12 - 0.7}{10^3 + \left(\frac{221 \cdot 10^3}{300} \right)} = 08.24 \text{ mA} \quad \text{si } \beta = 300$$

Le rapport entre les deux courants $\gamma_1 = \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 1.85$

Montage C :

Selon la maille 02 (m3)

$$V_{CC} = U_{RB} + V_{BE} + U_{RE} = +R_B I_B + V_{BE} + R_E I_{RE}$$

Et puisque $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ et $I_E = I_B + I_C$ donc $I_E = \frac{I_C}{\beta} + I_C$

$$V_{CC} = R_E \left(\frac{I_C}{\beta} + I_C \right) + R_B \frac{I_C}{\beta} + V_{BE}$$

$$= R_E I_C + (R_E + R_B) \frac{I_C}{\beta} + V_{BE}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_E + \left(\frac{R_E + R_B}{\beta} \right)}$$

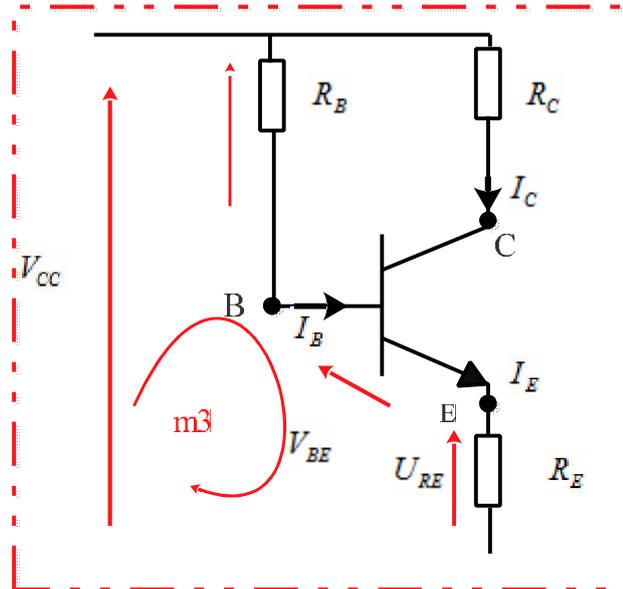
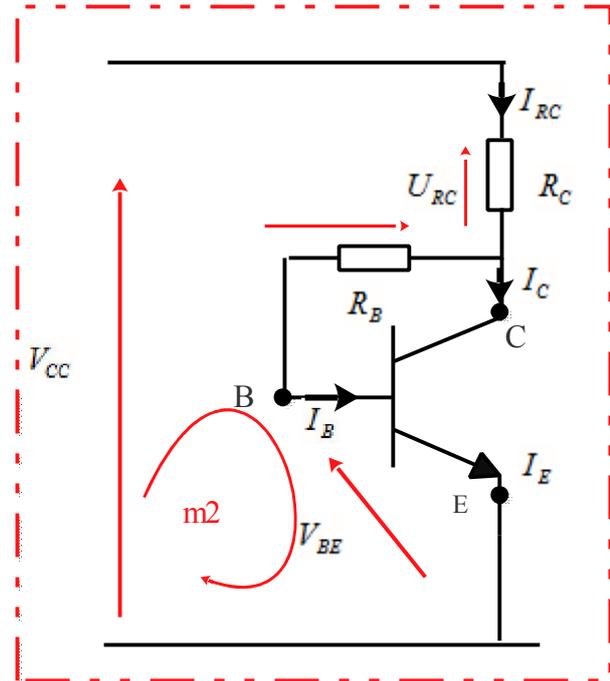
Application numérique

$$I_{C1} = \frac{12 - 0.7}{110 + \left(\frac{110 + 220 \cdot 10^3}{100} \right)} = 6.19 \text{ mA} \quad \text{si } \beta = 100$$

$$I_{C2} = \frac{12 - 0.7}{1000 + \left(\frac{110 + 220 \cdot 10^3}{300} \right)} = 16.95 \text{ mA} \quad \text{si } \beta = 300$$

Le rapport entre les deux courants $\gamma_2 = \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 2.74$

Conclusion

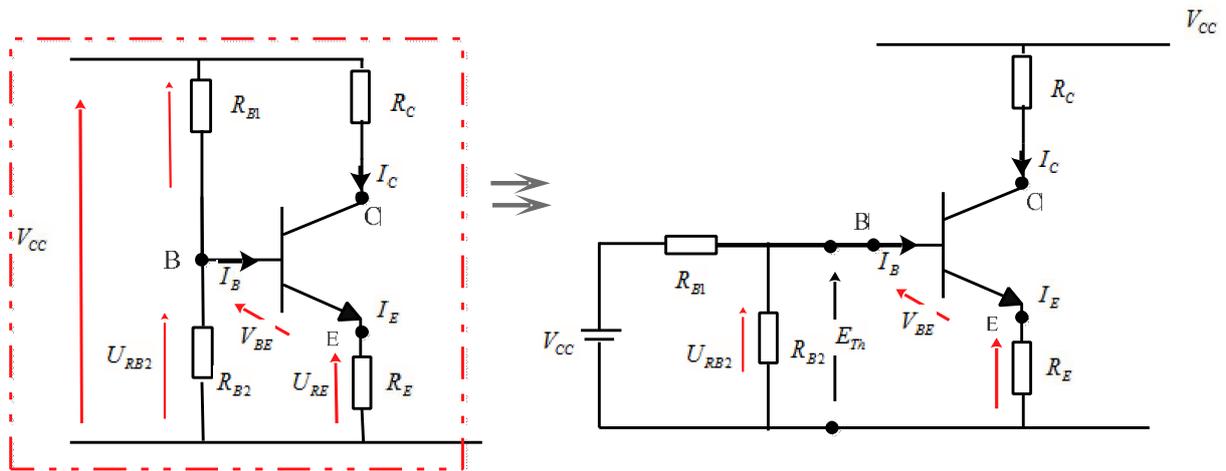


$\gamma_1 < \gamma_2 < \gamma$ le montage B est le montage le moins influencé par la variation du gain β , c'est le montage le plus stabilisé ; le transistor sera en sécurité plus que d'autres montages.

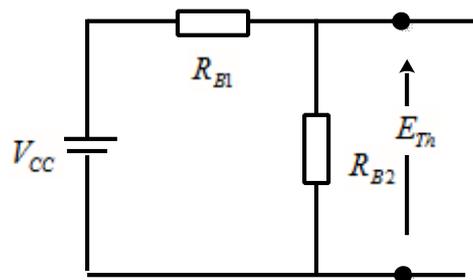
Exercice 02

$$V_{CC} = 15\text{ V}, V_{BE} = 0.7\text{ V}, \quad R_C = 3\text{ k}\Omega, R_{B1} = 2.2\text{ k}\Omega, R_{B2} = 6.8\text{ k}\Omega, R_E = 2\text{ k}\Omega$$

Schéma équivalent de Thévenin

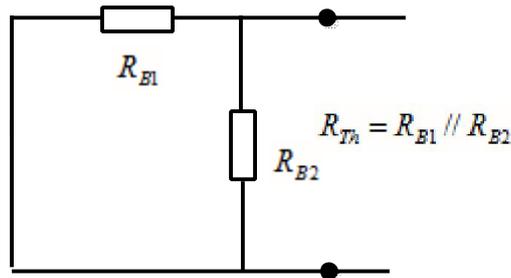


La valeur de la tension E_{Th} , en appliquant le diviseur de tension et à travers le schéma équivalent de Thévenin nous aurons :



$$E_{Th} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{6.8 \cdot 10^3}{6.8 \cdot 10^3 + 2.2 \cdot 10^3} 15 \rightarrow E_{Th} = 11.33\text{ V}$$

La rsistance de Thévenin R_{Th}



$$R_{Th} = \frac{R_{B2} \cdot R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = 1.66 K\Omega$$

Le Courant I_C pour les deux valeurs de $\beta = 100$ et 300

$$\begin{aligned} E_{Th} &= U_{RTh} + V_{BE} + U_{RE} = R_{Th}I_B + V_{BE} + R_E I_E \\ &= R_{Th} \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C \end{aligned}$$

Donc

$$I_C = \frac{E_{Th} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_{Th}}{\beta}}$$

$$\text{Pour } \beta = 100 \rightarrow I_{C1} = \frac{11.33 - 0.7}{2.10^3 + \frac{1.66 \cdot 10^3}{100}} = 5.22 \text{ mA}$$

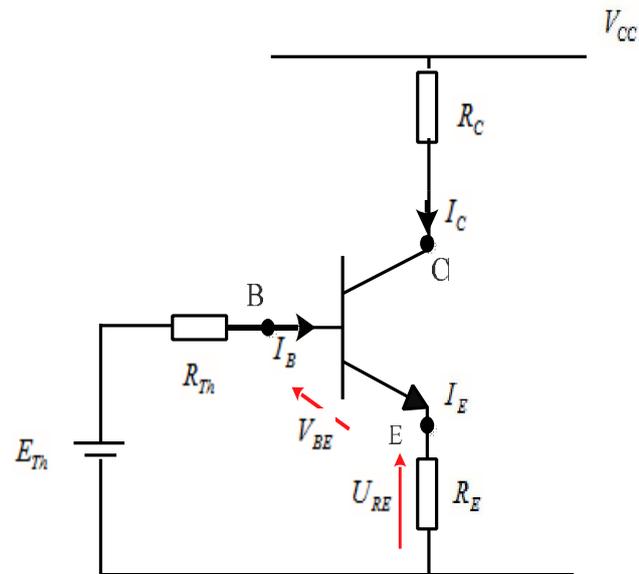
$$\beta = 300 \rightarrow I_{C1} = \frac{11.33 - 0.7}{2.10^3 + \frac{1.66 \cdot 10^3}{300}} = 5.28 \text{ mA}$$

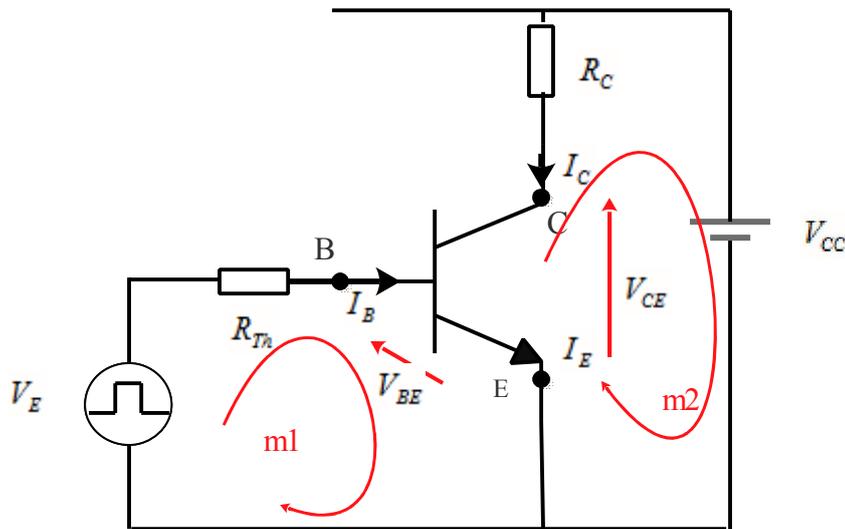
$\gamma_3 = \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 1.01$, la variation du gain β n'a presque aucun effet résultant sur le courant I_C ce qui veut dire que le montage est très stable.

Exercice 03.

Soit le montage ci-dessous. V_E est un signal rectangulaire périodique d'amplitude $0/+5V$. On donne : $V_{CC} = 15V$, $V_{BEsat} = 0.6V$, $V_{CEsat} = 0.1V$, $R_C = 1 k\Omega$, $\beta_{min} = 100$.

- la valeur maximale de R_B (R_{Bmax}) qui permet de saturer le transistor lorsque $V_E = 5V$.





A travers cet exercice nous allons voir comment et quels sont les moyens avec les quel nous pourrons saturer un transistor quelconque dans la pratique.

Si on parle de saturation donc on parle de la droite de charge statique $I_C = f(V_{CE})$

Alors pour trouver R_{Bmax} , il faut d'abord trouver $I_{B,sat}$ qui nécessite de connaître la valeur de $I_{C,sat}$ sous les données « caractéristique du constructeur $V_{BEsat}, V_{CEsat}, \beta_{min}$ », et les conditions exigées pour l'étude de ce cas « V_{CC}, V_E, R_C », il reste à trouver la résistance placée à la base afin d'avoir la saturation du transistor :

Donc

Du côté collecteur et selon la maille 2 **m2**

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

dans la région de saturation on remplace les valeurs de système par leurs valeurs de saturation

$$V_{CC} = R_C I_{C,sat} + V_{CEsat} \rightarrow I_{C,sat} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_C}$$

Donc

$$I_{C,sat} = \frac{15 - 0.1}{1000} = 14.9 \text{ mA}$$

Une fois que nous avons trouvé $I_{C,sat}$ on divise par β pour avoir $I_{B,sat}$

Donc

$$I_{B,sat} = \frac{I_{C,sat}}{\beta} = \frac{14.9 \cdot 10^{-3}}{100} = 0.14 \text{ mA}$$

Du côté Base et selon la maille 1 **m1**

$$V_E = R_B I_B + V_{BE}$$

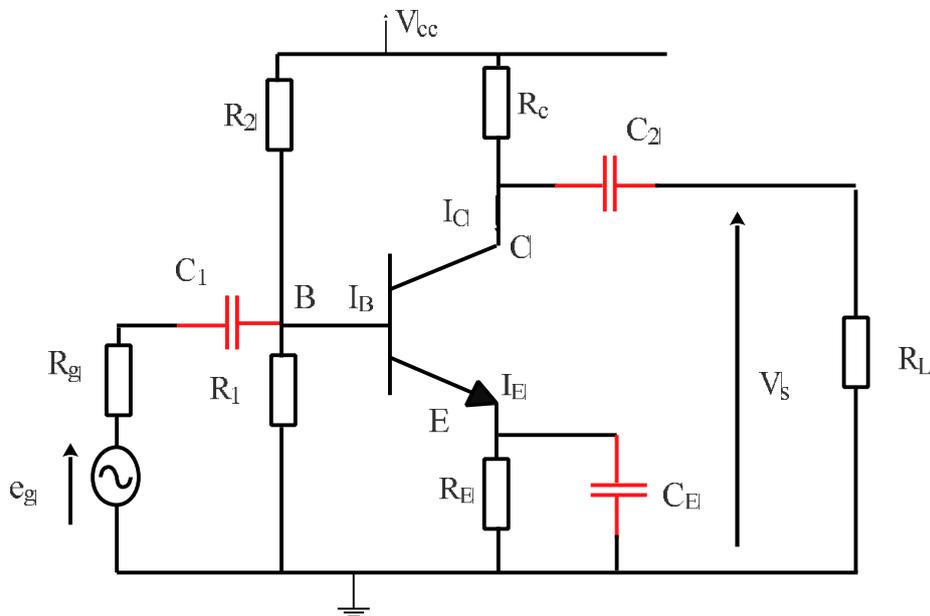
Si on parle de R_{Bmax} donc on parle de $I_{B,sat,min}$ qu'on a calculé en utilisant β_{min}

$$\text{Alors } R_{Bmax} = \frac{V_E - V_{BEsat}}{I_{Bsat,min}} = \frac{5 - 0.6}{0.14 \cdot 10^{-3}} = 29.5K\Omega.$$

Si on ne trouve pas dans le marché une résistance qui égale $29.5K\Omega$ on peut jouer sur soit placer des résistances en série et/ou en parallèle pour arriver à cette valeur ou bien ajouter tout simplement un gain (coefficient) sur notre courant de la base, et ce selon la résistance qu'on a sur le marché. Comme par exemple si on applique un

$K = 2$ (K est un coefficient de sursaturation), notre montage nécessitera une résistance de base qui sera égale $\frac{29.5}{2} = 14.76K\Omega$.

Exercice 04



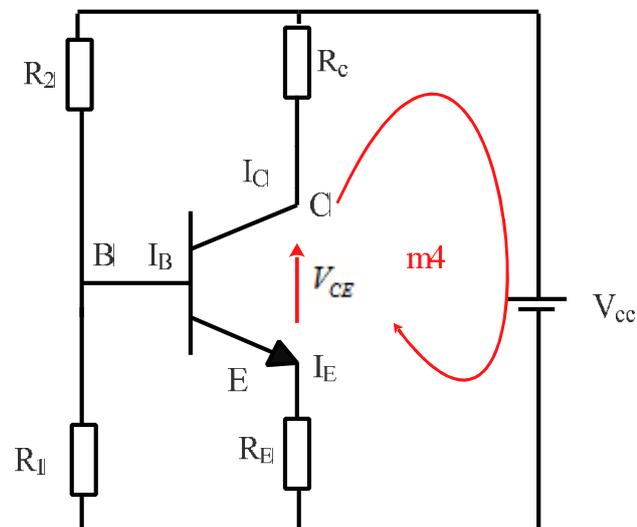
Etude statique :

Nous allons en premier temps Court-circuiter les sources de tension alternatives et ouvrir les sources de courant et Ouvrir tous les condensateurs.

Il reste ceci pour le continu, ce qui nous permet de calculer facilement les tensions et courants continus dans ce montage.

Selon la maille 04 (m4)

$$V_{CC} = U_{RC} + V_{CE} + U_{RE} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$



Et puisque $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ et $I_E = I_B + I_C$ donc $I_E = \frac{I_C}{\beta} + I_C$

$$V_{CC} = R_E \left(\frac{I_C}{\beta} + I_C \right) + R_C I_C + V_{CE}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E \left(\frac{\beta + 1}{\beta} \right)}$$

SI β est très grand devant le 1 on peut dire que $R_E \left(\frac{\beta + 1}{\beta} \right) = R_E$

Alors le I_C devient comme suit :

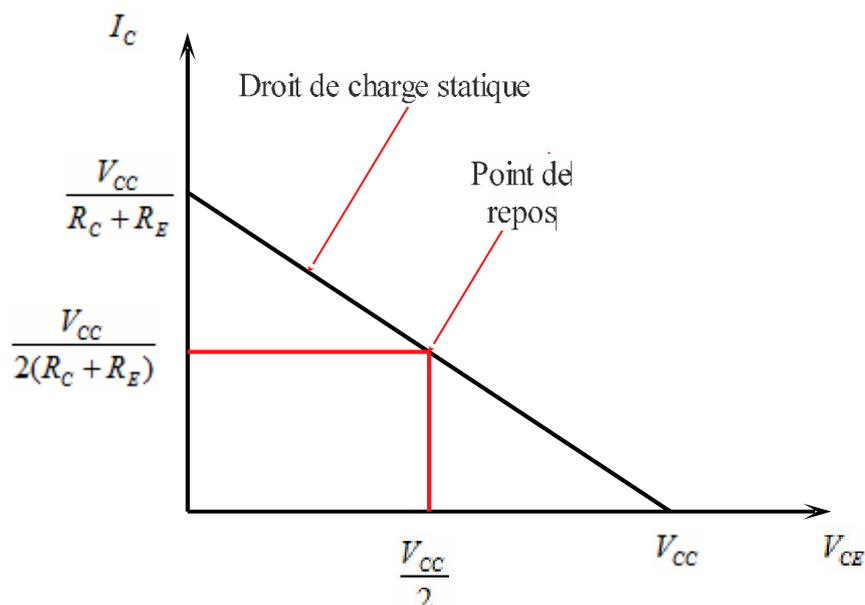
$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$$

La droite de charge statique $I_C = f(V_{CE})$

$$\text{Si } \begin{cases} I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \text{ si } V_{CE} = 0 \\ V_{CC} = V_{CE} \text{ si } I_C = 0 \end{cases}$$

Et si on veut aussi voir le point de repos (V_{CE0}, I_{CE0}) c'est simple, on le positionne généralement au milieu de la droite de charge statique :

$$\begin{cases} V_{CE0} = V_{CC}/2 \\ I_{CE0} = \frac{V_{CC}}{2(R_C + R_E)} \end{cases}$$

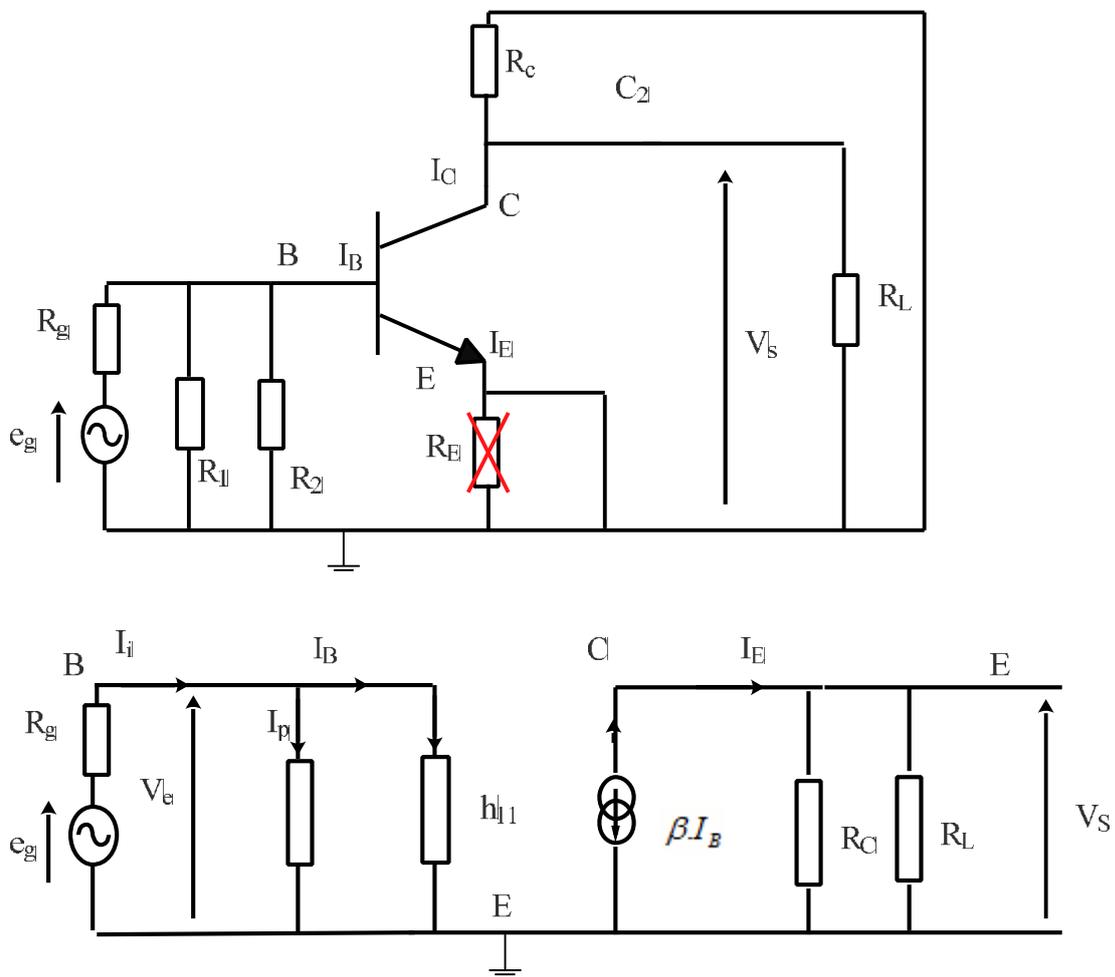


Etude dynamique :

C'est remarquable qu'on applique la tension d'entrée aux bornes de la base et la tension de sortie s'est fait prélevée aux bornes du collecteur. Ce qui fait que ce montage est un montage à **émetteur commun**.

Dans le domaine des petits signaux comme on la vu au cours, nous allons en premier temps : Court-circuiter les sources de tension continues et ouvrir les sources de courant, Et aussi Court-circuiter tous les condensateurs.

Schéma équivalent du montage dans le domaine des petits signaux aux fréquences moyennes.



Expression du gain de tension (A_v)

$$V_e = h_{11} I_B$$

$$V_s = -(R_C // R_L) \cdot \beta I_B$$

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = \frac{-(R_C // R_L) \cdot \beta I_B}{h_{11} I_B} = \frac{-(R_C // R_L) \cdot \beta}{h_{11}}$$

Le gain de tension à vide : charge débranchée ou elle tend vers l'infini donc A_{v0} égale

Nous retirons R_L de l'équation alors $V_s = -R_C \cdot \beta I_B$ et $A_{v0} = \frac{-R_C \cdot \beta}{h_{11}}$

Expression de la résistance d'entrée R_E

$$R_E = \frac{V_e}{I_i}$$

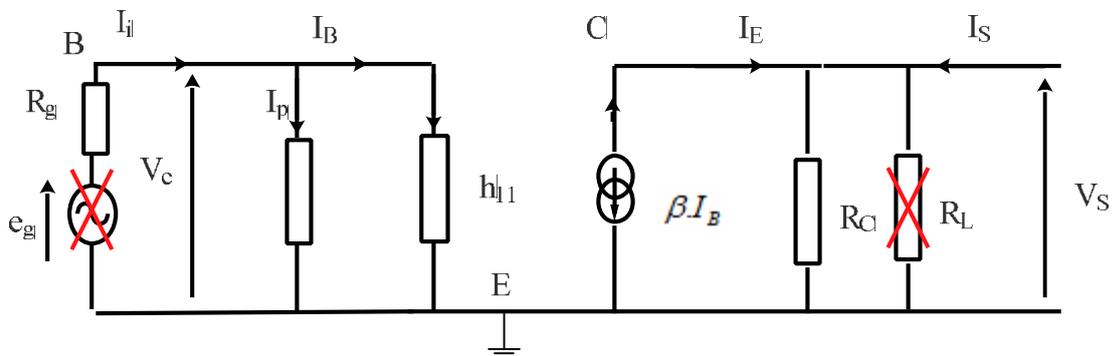
$$V_e = (R_1 // R_2 // h_{11}) I_e$$

Donc

$$R_E = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{h_{11}}$$

Expression de la résistance de sortie R_s

$$R_s = \left. \frac{V_s}{I_s} \right|_{e_g=0; R_L \text{ débranchée}}$$



Comme s'est montré sur la figure au dessus on a supprimé (court-circuité le générateur de tension d'entrée e_g et débranchée la charge R_L donc

$$I_e = 0, I_B = 0, \beta I_B = 0$$

$$V_s = R_C I_s \rightarrow R_s = R_C$$