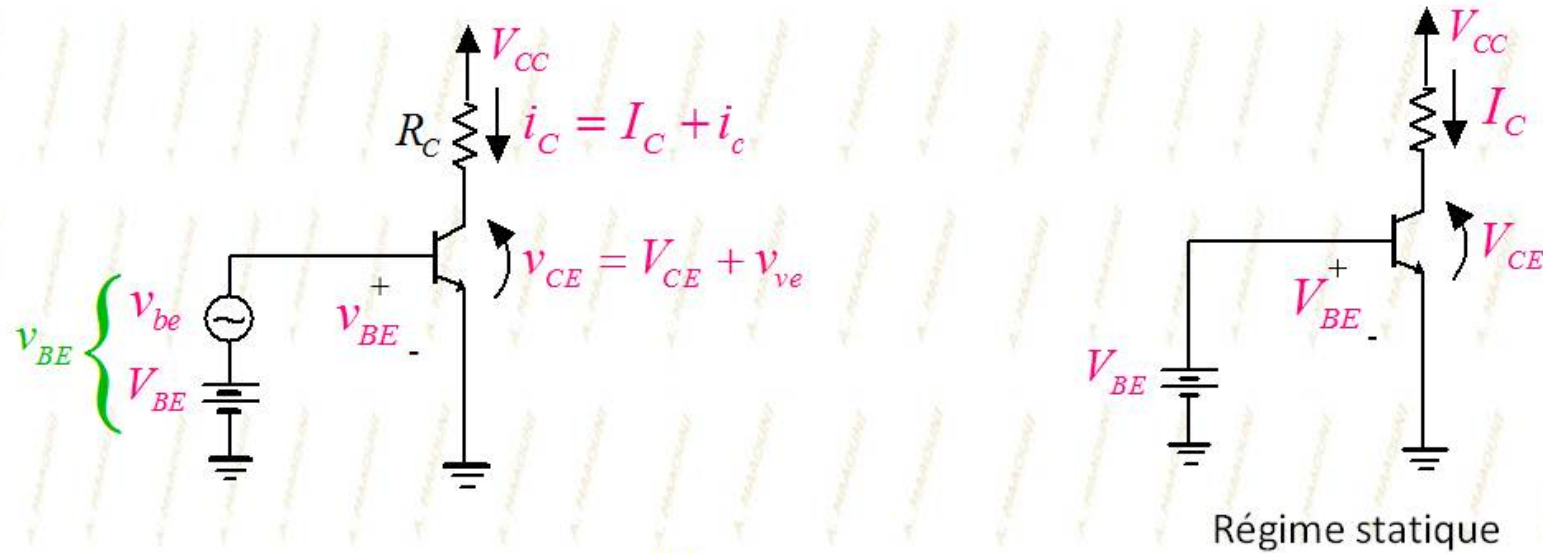


Transistors bipolaires en régime dynamique et amplificateurs

Chapitre 2 part2

1. Modèle dynamique en basses fréquences

Si on applique le signal v_{be} au circuit ci-dessous, la tension BE instantanée s'écrit :



$$v_{BE} = V_{BE} + v_{be}$$

Le courant collecteur correspondant est donné par :

$$i_C = I_s e^{v_{BE}/V_T} = \underbrace{I_s e^{V_{BE}/V_T}}_{I_C} e^{v_{be}/V_T} \simeq I_C \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T}\right)$$

$e^x \approx 1+x$ 

Les grandeurs statiques sont déterminés à partir du circuit statique ci-dessus.

a. Transconductance

$$i_C \simeq I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be} \rightarrow i_c = \overbrace{\frac{I_C}{V_T}}^{g_m} v_{be}$$

g_m est la transconductance

La transconductance est la pente de la tangente au point de fonctionnement de la caractéristique ($i_C - v_{BE}$). On peut donc écrire :

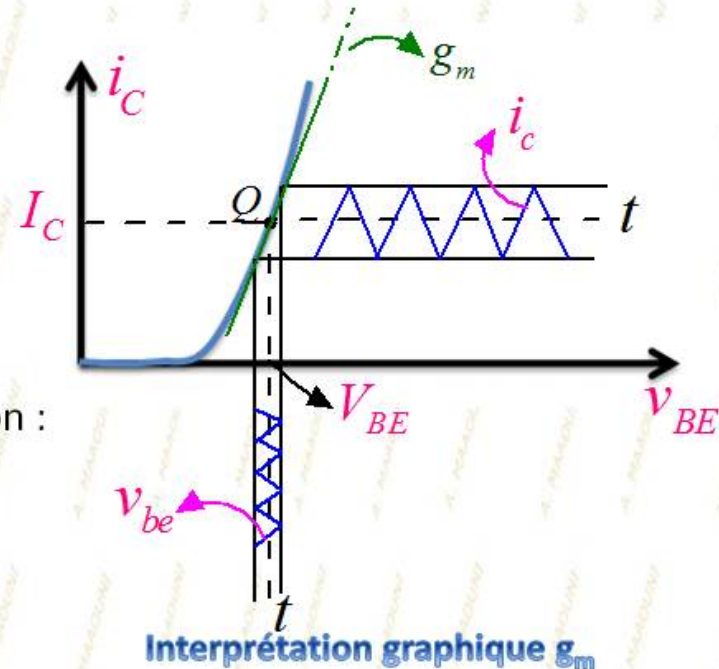
$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_{i_C = I_C}$$

b. Résistance de base

Le courant de base se déduit à partir de la relation :

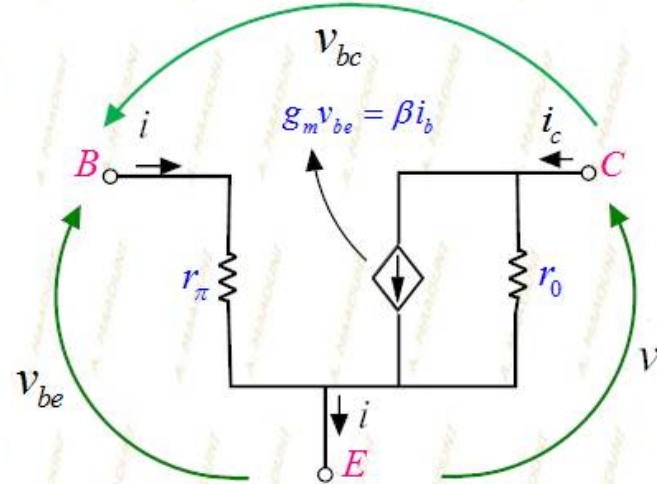
$$i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_C}{\underbrace{\beta}_{I_B}} + \frac{g_m}{\underbrace{\beta}_{r_\pi}} v_{be}$$

r_π est la résistance vue par la base.



c. Modèle

Vis-à-vis des petits signaux, le transistor est équivalent au circuit suivant :



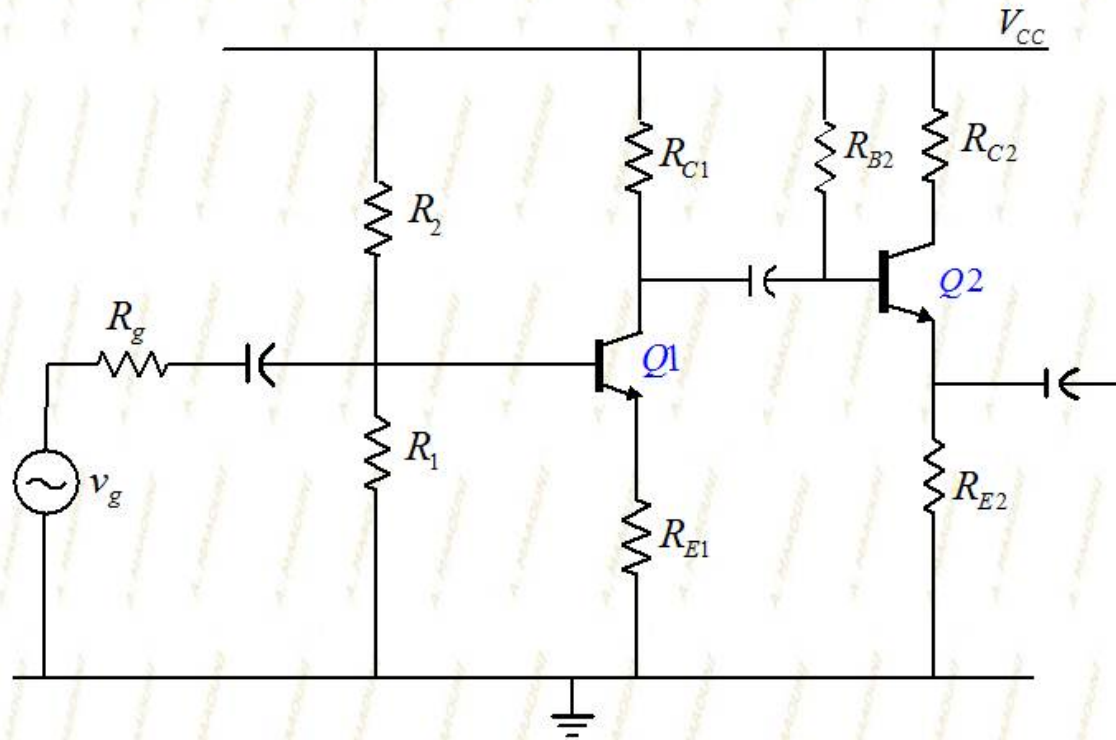
$$r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

Modèle π du transistor en dynamique

Si on néglige la résistance de sortie r_o , le modèle porte le nom de **modèle π hybride**.

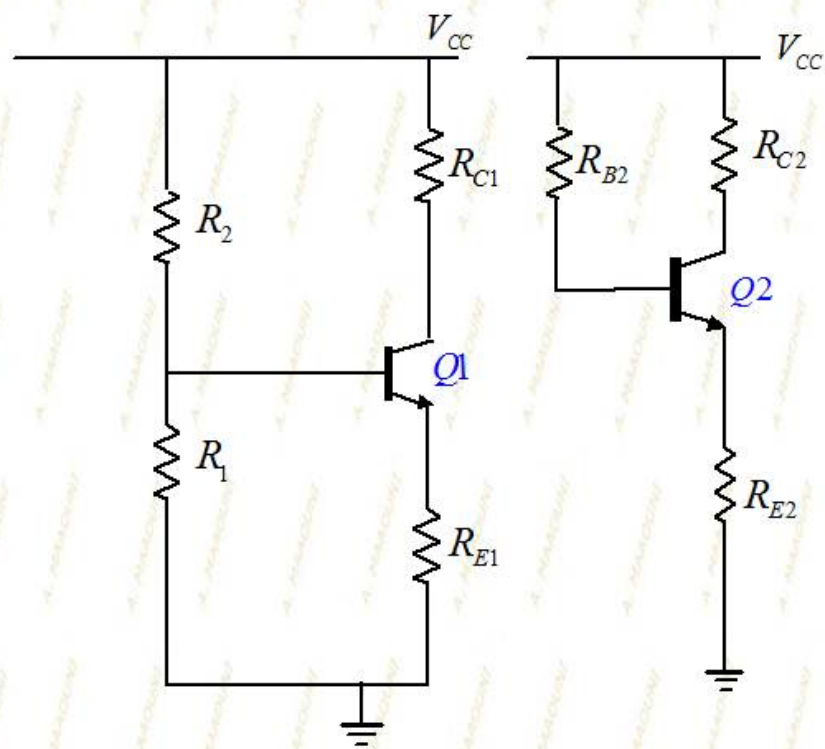
Exemple 1 :

On considère l'amplificateur suivant. Etablir les schémas statique et dynamique. On suppose qu'en régime dynamique et à la fréquence d'utilisation, les condensateurs sont des courts-circuits.



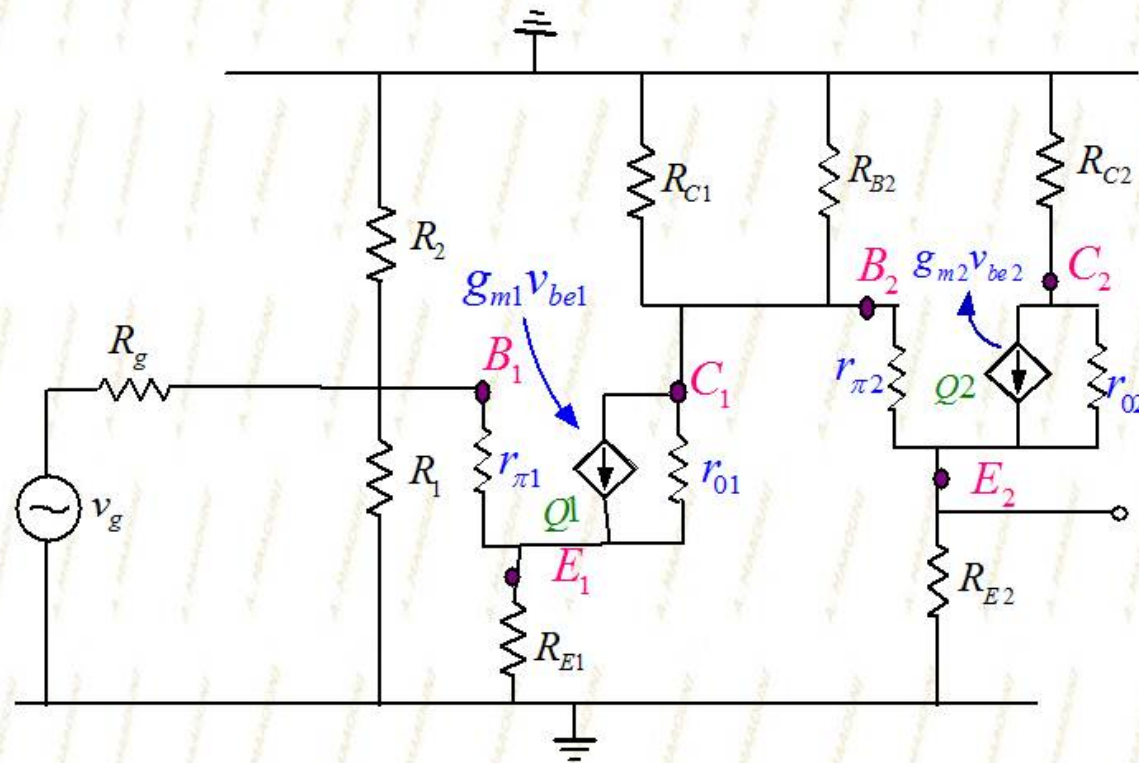
Régime statique

Les condensateurs sont des circuits ouverts, on aura alors 2 étages indépendants :



Régime dynamique

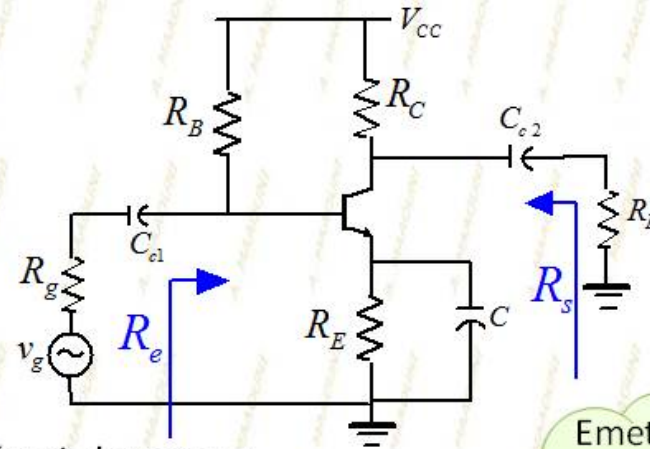
Les condensateurs sont des CC et la tension continue est remplacée par la masse;
on aura alors :



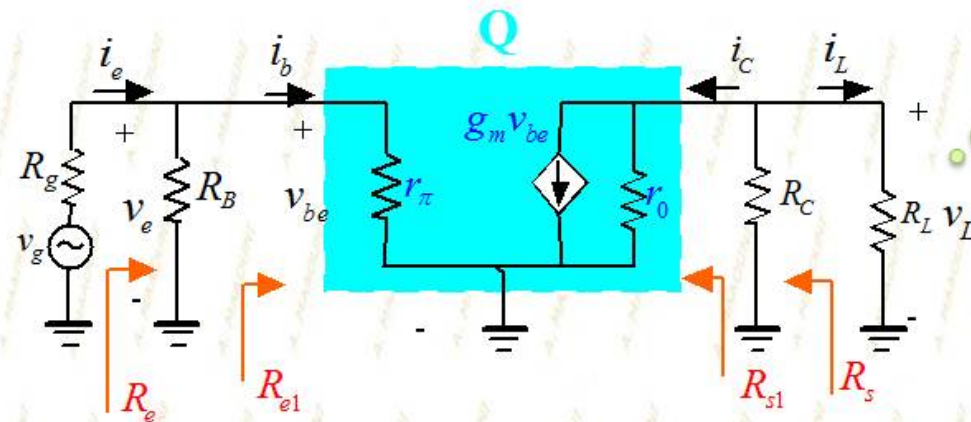
On substitue à chaque transistor son schéma dynamique.
On verra un peu plus tard comment on arrange de tels circuits.

2. Amplificateurs

2. 1. Amplificateur EC



Le montage en dynamique est représentée ci-dessous :



Emetteur
commun à
l'entrée et
à la sortie

Entrée entre B et E
Sortie entre C et E

Résistance d'entrée

$$R_e = \frac{v_e}{i_e} = R_B \parallel R_{e1} = R_B \parallel \left(\frac{v_e}{i_b} \right) = R_B \parallel r_\pi \approx r_\pi \quad (R_B \gg r_\pi)$$

C'est une résistance de quelques kilo (relativement faible)

Gain en tension

$$v_L = -(R_L \parallel R_C \parallel r_o) g_m v_{be} = (R_L \parallel R_C \parallel r_o) g_m v_e$$

$$A_v = \frac{v_L}{v_e} = -(R_L \parallel R_C \parallel r_o) g_m$$

Le gain à vide se déduit du gain en tendant la charge $R_L \rightarrow \infty$

$$A_{v0} = \left. \frac{v_L}{v_e} \right|_{R_L \rightarrow \infty} = -(R_C \parallel r_o) g_m$$

Le gain composite est défini par :

$$A_{vc} = \frac{v_L}{v_g} = \frac{v_L}{v_e} \times \frac{v_e}{v_g} = A_v \times \frac{R_B \parallel r_\pi}{R_B \parallel r_\pi + R_g} \simeq A_v \times \frac{r_\pi}{r_\pi + R_g}$$

L'amplificateur en EC est capable de réaliser un gain de l'ordre de quelques centaines.

Impédance de sortie

C'est l'impédance du générateur de Thévenin vue par la sortie. En éteignant la tension v_e , la tension BE est nulle; il s'en suit que :

$$R_s = R_{s1} \parallel R_C = r_o \parallel R_C \simeq R_C, \quad r_o \gg R_C$$

Gain en courant

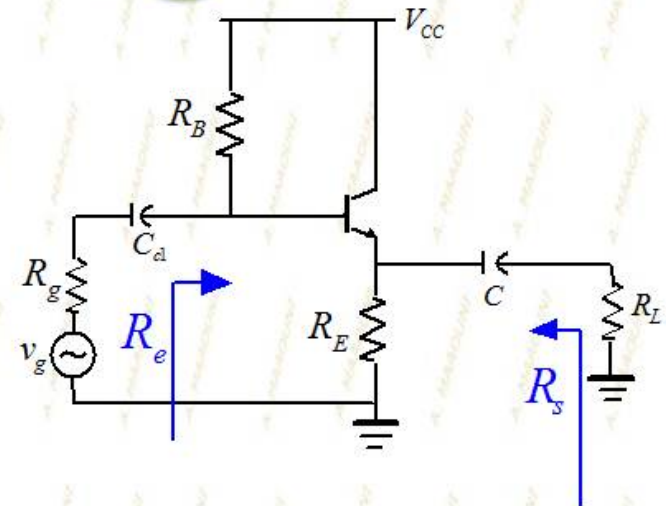
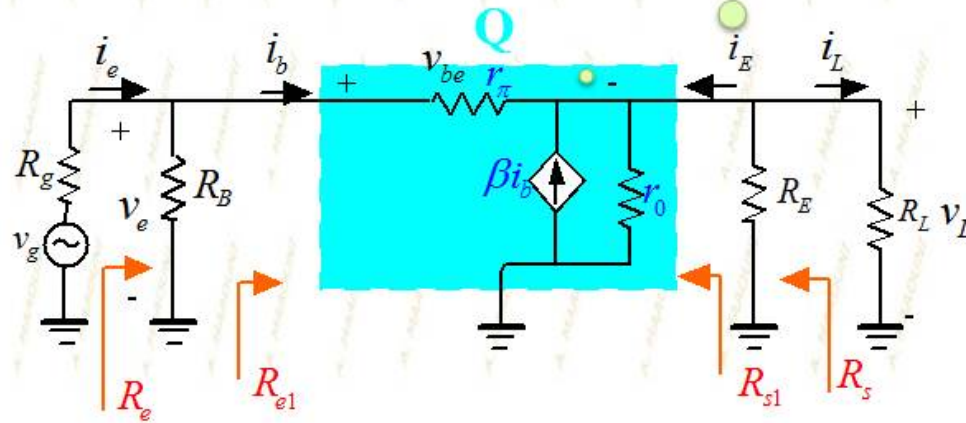
$$A_i = \frac{i_L}{i_e} = \frac{v_L}{R_L} \times \frac{R_e}{v_e} = A_v \frac{R_e}{R_L} = -g_m (R_L \parallel r_o \parallel R_C) \times \frac{r_\pi \parallel R_B}{R_L}$$

Gain en courant en Court circuit

$$A_{icc} = \left. \frac{i_L}{i_e} \right|_{R_L \rightarrow \infty} = -g_m \times r_\pi \parallel R_B \approx -g_m r_\pi$$

2. 2. Amplificateur Collecteur Commun

Le montage en dynamique est décrit ci-dessous :



Collecteur
commun à
l'entrée et à
la sortie

Entrée entre B et C
Sortie entre E et C

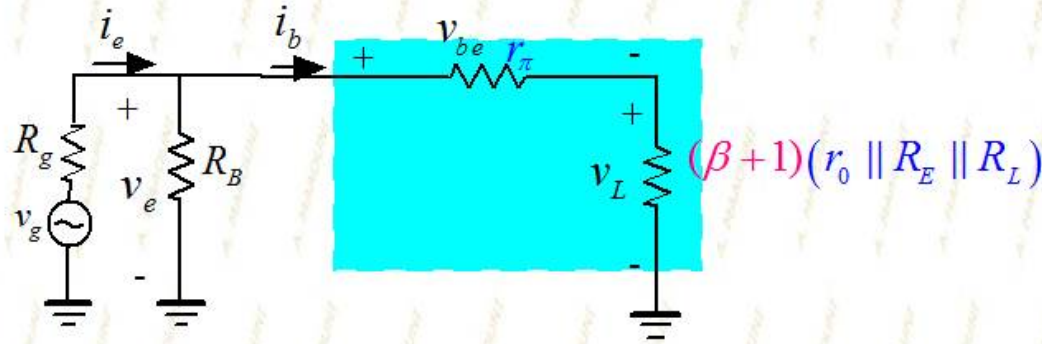
Résistance d'entrée

$$R_e = R_{e1} \parallel R_B = \frac{v_{bc}}{i_b} \parallel R_B$$

$$R_{e1} = \frac{v_{be}}{i_b} + \frac{v_{ec}}{i_b} = r_\pi + (\beta + 1)(r_o \parallel R_E \parallel R_L)$$

Gain en tension

Compte tenu de la loi des nœuds, on se ramène facilement au diviseur de tension suivant :



On en déduit le gain en tension :

$$A_v = \frac{v_L}{v_e} = \frac{(\beta + 1)(r_o \parallel R_E \parallel R_L)}{(\beta + 1)(r_o \parallel R_E \parallel R_L) + r_\pi}$$

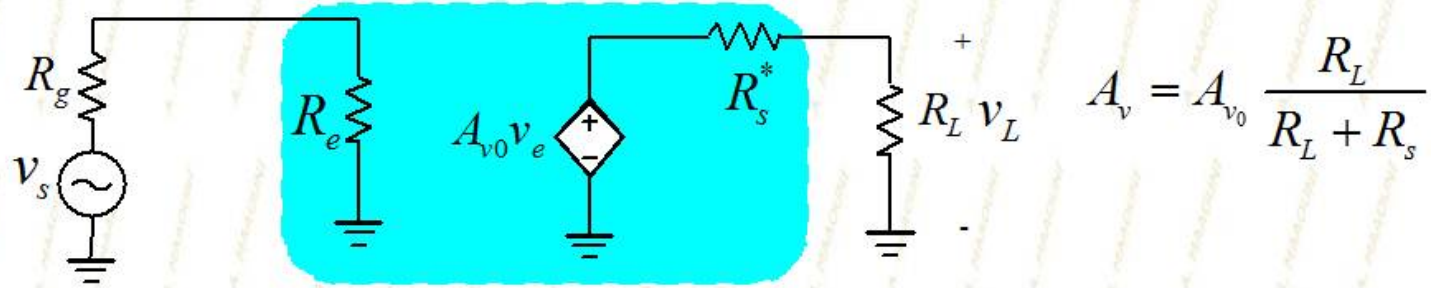
Le gain à vide est donné par :

$$A_{v0} = \left. \frac{v_L}{v_e} \right|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{(\beta + 1)(r_o \parallel R_E)}{(\beta + 1)(r_o \parallel R_E) + r_\pi}$$

Les tensions d'entrée et de sorties sont en phases et le gain proche de l'unité

Impédance de sortie

Un moyen plus simple de déterminer l'impédance de sortie consiste à utiliser le schéma équivalent du circuit vue par la sortie :



Connaissant les gains de tension à vide et avec charge, on obtient :

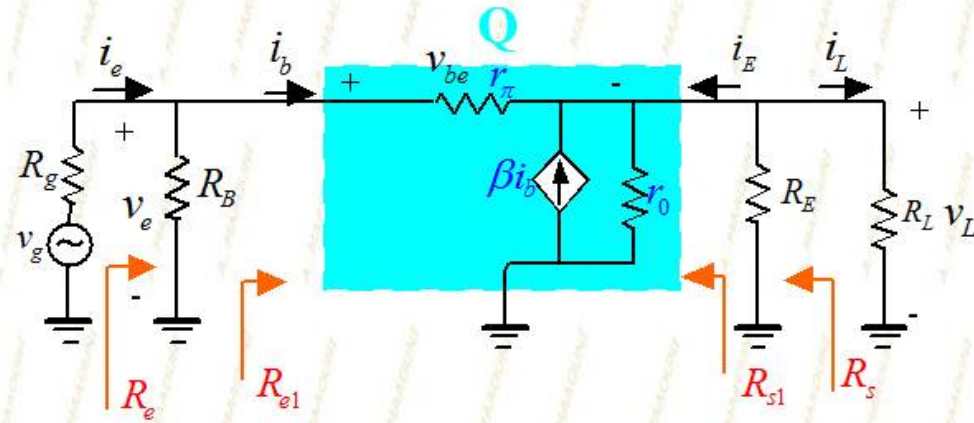
$$R_s^* = \left(\frac{r_\pi}{\beta + 1} \right) \parallel (r_o \parallel R_E)$$

L'impédance de sortie de l'amplificateur EC est obtenue à partir de R_s^* en ajoutant à r_π la résistance $R_g \parallel R_B$

$$R_s = \left(\frac{r_\pi + R_B \parallel R_g}{\beta + 1} \right) \parallel (r_o \parallel R_E), \quad R_{s1} = \left(\frac{r_\pi + R_B \parallel R_g}{\beta + 1} \right) \parallel r_o$$

Cette résistance est faible (compte tenu du fait que $\beta \gg 1$)

Gain en courant



$$\frac{i_L}{i_b} = \frac{r_0 \parallel R_E}{r_0 \parallel R_E + R_L} (\beta + 1) \quad \text{Diviseur de courant}$$

$$\frac{i_b}{i_e} = \frac{R_B}{R_B + r_\pi + (\beta + 1)(r_0 \parallel R_E \parallel R_L)} \quad \text{Diviseur de courant}$$

Donc :

$$A_I = \frac{i_L}{i_e} = \frac{R_B}{R_B + r_\pi + (\beta + 1)(r_0 \parallel R_E \parallel R_L)} \frac{r_0 \parallel R_E}{r_0 \parallel R_E + R_L} (\beta + 1)$$

$\underbrace{R_B + r_\pi + (\beta + 1)(r_0 \parallel R_E \parallel R_L)}_{R_{e1}}$

Si $R_B \gg R_{e1}$ & $r_0 \parallel R_E \gg R_L$

$$A_I \approx \beta + 1$$

fort Gain en courant

2. 3. Amplificateur Base Commune

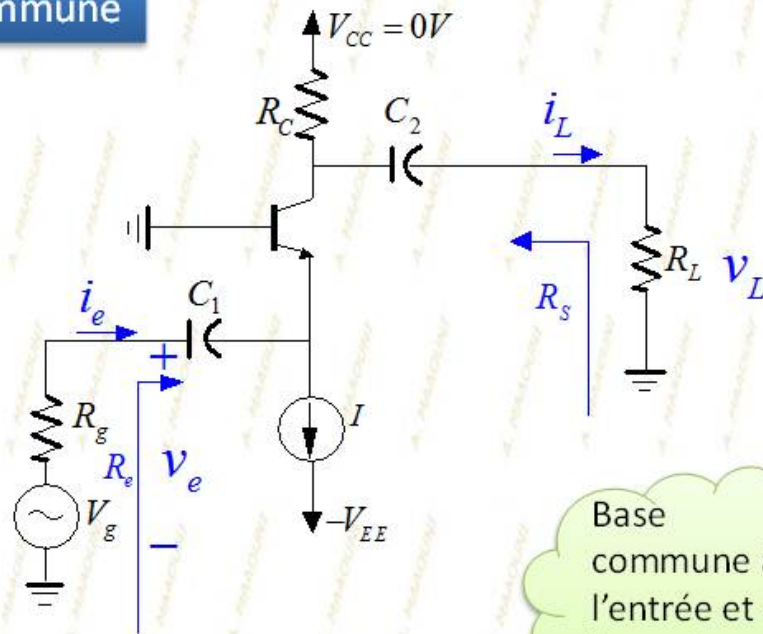
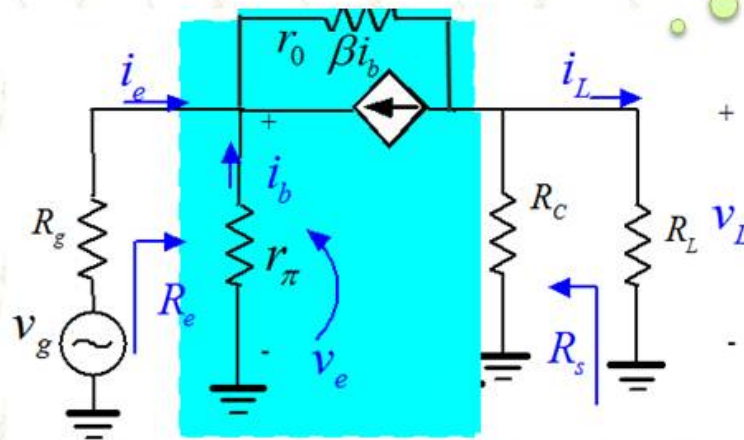


Schéma dynamique



Base
commune à
l'entrée et à
la sortie

Entrée entre E et B
Sortie entre C et B

Déterminer :

- Le gain en tension A_v
- Le gain en courant A_i
- La résistance d'entrée R_i
- La résistance de sortie R_o
 - Comparer ces caractéristiques avec celles des deux montages EC et CC.