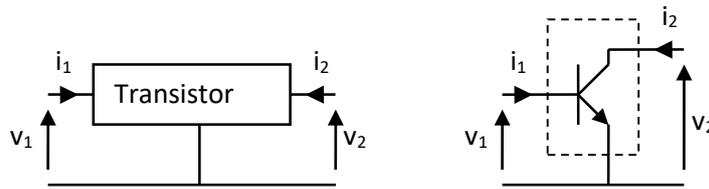




## Transistors bipolaires en régime sinusoïdal : Modèle dynamique (petits signaux)

En régime linéaire, par rapport aux petits signaux, le transistor peut être considéré comme un quadripôle linéaire (voir schéma ci-dessous). Or, le transistor ne comporte que 3 pôles. Une de ses bornes sera donc commune à l'entrée et à la sortie du quadripôle.



Le transistor comme quadripôle, cas du montage EC

Rq : Les courants  $i_1$  et  $i_2$ , et les tensions  $v_1$  et  $v_2$  sont des petits signaux.

Tout quadripôle est caractérisé par deux équations linéaires liant les quatre signaux d'entrée et de sortie. Le transistor, en petits signaux sera caractérisé par les paramètres hybrides.

$$\begin{cases} v_1 = h_{11}i_1 + h_{12}v_2 \\ i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}v_2 \end{cases}$$

$h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$  et  $h_{22}$  sont les paramètres dynamiques du quadripôle, donc dans le cas considéré, ceux du transistor en montage EC.

Pour le montage EC, on a :  $v_1 = v_{BE}$ ,  $i_1 = i_B$ ,  $v_2 = v_{CE}$ ,  $i_2 = i_C$

Le système devient alors :

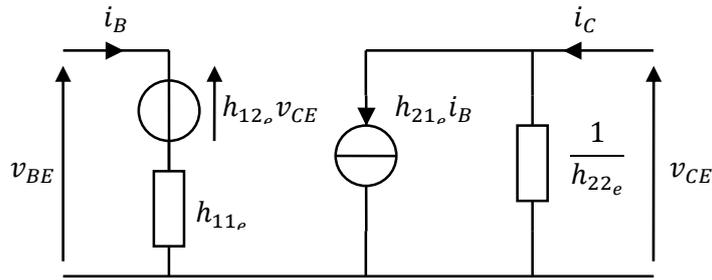
$$\begin{cases} v_{BE} = h_{11e}i_B + h_{12e}v_{CE} \\ i_C = h_{21e}i_B + h_{22e}v_{CE} \end{cases}$$

L'indice  $e$  signifie qu'il s'agit des paramètres dynamiques du transistor en montage EC.

$$\text{Pour } v_{CE} = 0 \text{ on obtient : } \begin{cases} h_{11e} = \frac{v_{BE}}{i_B} \\ h_{21e} = \frac{i_C}{i_B} \end{cases}$$

$$\text{Pour } i_B = 0 \text{ on obtient : } \begin{cases} h_{12e} = \frac{v_{BE}}{v_{CE}} \\ h_{22e} = \frac{i_C}{v_{CE}} \end{cases}$$

On obtient donc le schéma petits signaux suivant :



Calcul des paramètres dynamiques

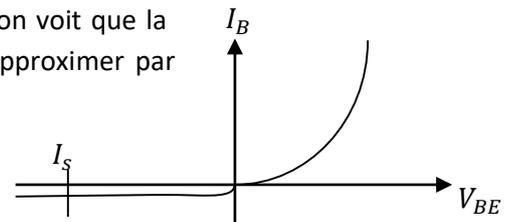
1. Calcul de  $h_{12_e}$

$h_{12_e}$  est le « coefficient de transfert inverse ». Il peut être négligé parce que sa valeur est très faible. ( $h_{12_e} = 10^{-3}$  à  $10^{-4} \approx 0$ ) ( $V_{CE}$  a peu d'influence sur  $V_{BE}$ )

2. Calcul de  $h_{11_e}$

$h_{11_e}$  est la résistance d'entrée du transistor. Comme  $v_{BE} = dV_{BE}$  et  $i_b = dI_B$ ,  $h_{11_e} = \left(\frac{dV_{BE}}{dI_B}\right)_{v_{CE}=0}$

En reprenant la caractéristique  $V_{BE} = f(I_B)$  du chapitre I) 1), on voit que la caractéristique est celle d'une jonction PN. On peut donc l'approximer par l'équation d'Ebers et Moll :  $I_B = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{mV_T}} - 1 \right)$  (voir chapitre diodes)



$$\frac{dI_B}{dV_{BE}} = \frac{I_S}{mV_T} \cdot e^{\frac{V_{BE}}{mV_T}} = \frac{1}{mV_T} \left( I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{mV_T}} \right) \approx \frac{1}{mV_T} I_{B0} \text{ car } I_S \ll I_{B0} \text{ ( } I_S \approx 10^{-15} \text{ A)}$$

Donc  $h_{11_e} = \frac{mV_T}{I_{B0}} = r$  , avec :  $m$  : coefficient empirique,  $m = 2$

$V_T = 26 \text{ mV}$  (potentiel thermique)

$I_{B0}$  : courant de base de polarisation.

Rq :  $r$  est inversement proportionnelle au courant de polarisation de la base.

3. Calcul de  $h_{21_e}$

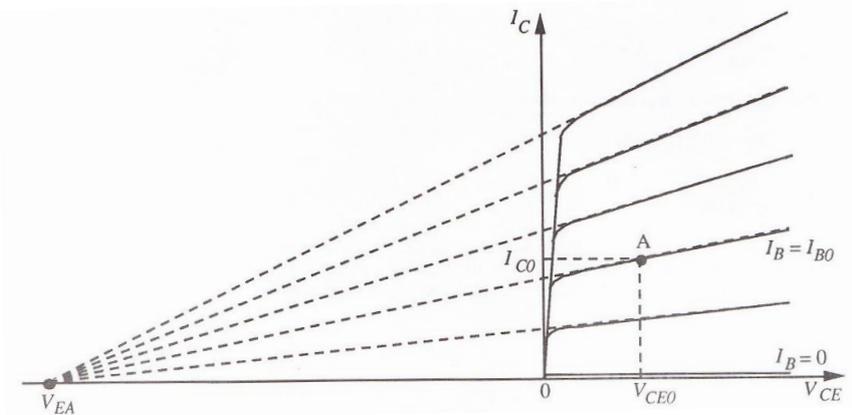
$h_{21_e}$  est le coefficient de transfert du courant de base dynamique. Comme  $i_c = dI_C$  et  $i_b = dI_B$ ,  $h_{21_e} = \left(\frac{dI_C}{dI_B}\right)_{v_{CE}=0}$

Or,  $I_C = \beta I_B$  donc  $dI_C = \beta dI_B + I_B d\beta$ . On prend souvent  $\beta = \text{constante}$  (ce qui n'est pas tout à fait exact). Donc  $dI_C = \beta dI_B \Rightarrow \frac{dI_C}{dI_B} = \beta$

Donc  $h_{21_e} = \beta$

4. Calcul de  $h_{22e}$

$1/h_{22e}$  est la résistance de sortie du transistor. Cette résistance est due à l'effet Early.



Comme  $i_C = dI_C$  et  $v_{CE} = dV_{CE}$ ,  $h_{22e} = \left( \frac{dI_C}{dV_{CE}} \right)_{I_B=0}$

Donc  $h_{22e}$  représente la pente de la courbe au point de polarisation. On appelle  $\rho$  la résistance de sortie du transistor  $\rho = \frac{1}{h_{22e}}$ .

Connaissant le point de polarisation ( $I_{C0}, V_{CE0}$ ) et la tension d'Early, on peut calculer  $\rho$  puisque  $\rho$  correspond à la pente de la courbe.

$$\text{On obtient } \rho = \frac{|V_{EA}| + V_{CE0}}{I_{C0}}$$

Rq :  $\rho$  est inversement proportionnel au courant de polarisation. De plus, sa valeur est très grande ( $\rightarrow \infty$ ). On la négligera donc souvent

**A RETENIR** : On obtient le schéma dynamique suivant :

