On considère le montage ci-dessous. Le transistor est polarisé dans sa zone de fonctionnement linéaire.
On note $R_E = R_{E1} + R_{E2}$ et $R_0 = R_1 // R_2$

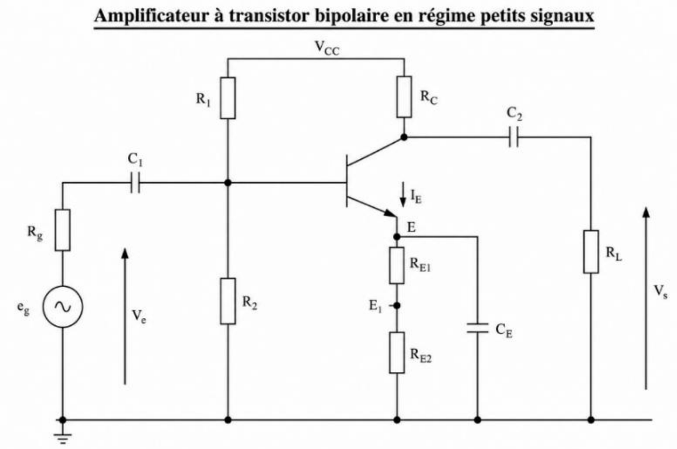
Le transistor a les paramètres suivants :

$$h_{11} = 1k\Omega, h_{21} = 100, \qquad h_{12} = h_{22} = 0$$

Les résistances ont les valeurs suivantes :

$$R_E = 1k\Omega, R_1 = 180k\Omega, R_2 = 15k\Omega, R_C = R_L = 4{,}7k\Omega$$

$$V_{CC} = 20V,\ C_E = 220\mu F\ \ et\ C_1 = C_2 = 100\mu F$$



1. La fréquence d'étude étant $f_0 = 1kHz$, calculer les modules des impédances des condensateurs C_1, C_2 et C_E à cette fréquence. Conclure

En régime sinusoïdal $\underline{Z_C} = \frac{1}{jC\omega_0} \Rightarrow |Z_C| = \frac{1}{C\omega_0} = \frac{1}{2\pi f_0 C}$

Pour $C_1 = C_2 = 100\mu F$: $|Z_{C_1}| = |Z_{C_2}| = \frac{1}{2\pi f_0 C_1} = \frac{1}{2\pi \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6}} = \frac{1}{0{,}2 \times \pi} \Rightarrow \boldsymbol{|Z_{C_1}| = |Z_{C_2}| =\approx 1,59\ \Omega}$

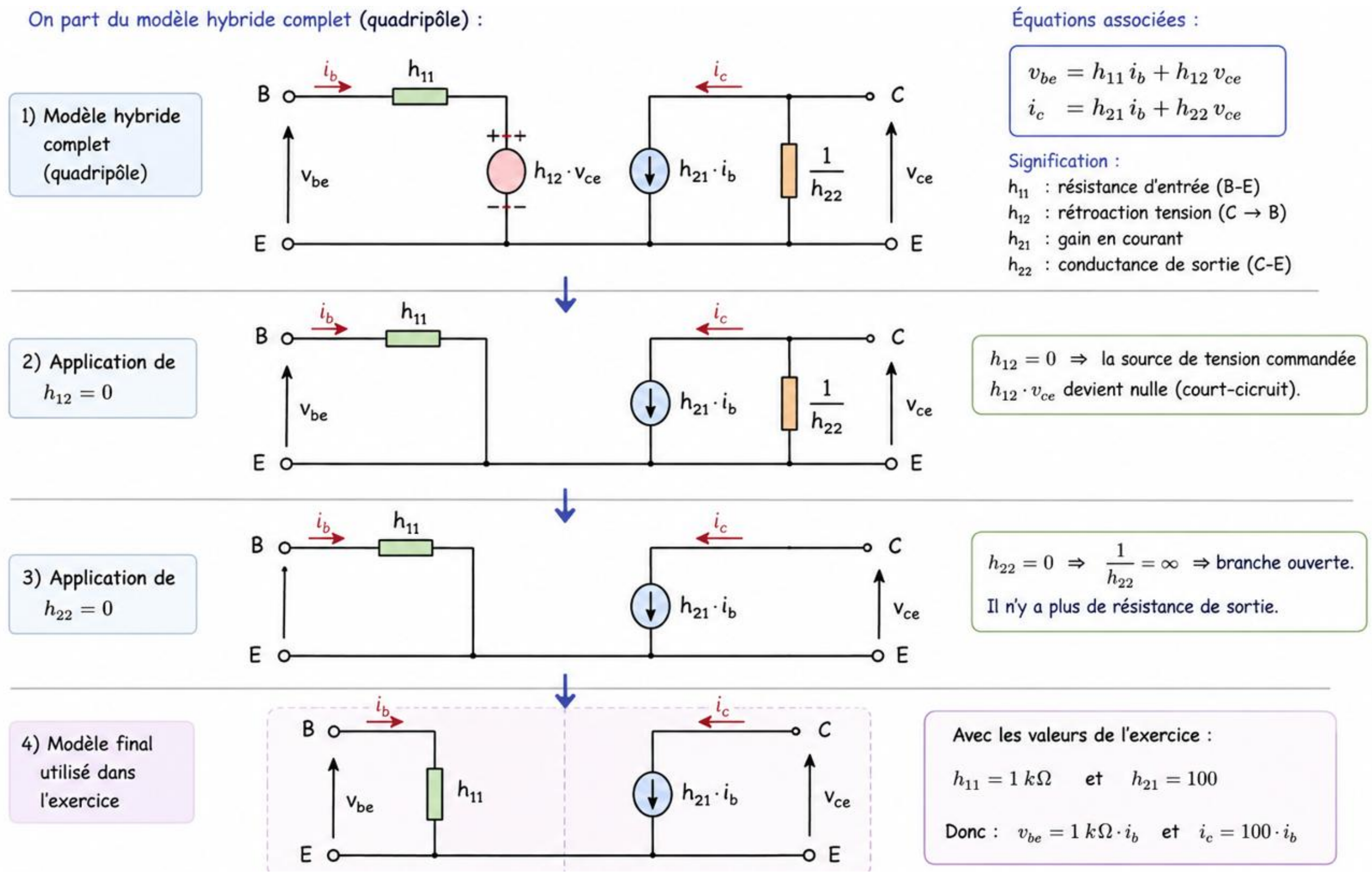
Pour $C_E = 220\ \mu F$: $|Z_{C_E}| = \frac{1}{2\pi f_0 C_E} = \frac{1}{2\pi \times 10^3 \times 220 \times 10^{-6}} = \frac{1}{0{,}44\pi} \Rightarrow \boldsymbol{|Z_{C_E}| \approx 0,72\ \Omega}$

Conclusion physique : Les résistances du montage sont de l'ordre du kΩ et $|Z_{C_1}|$; $|Z_{C_2}|$; $|Z_{C_E}| \ll 1\ k\Omega$

À 1 kHz, les condensateurs sont assimilables à des courts-circuits.

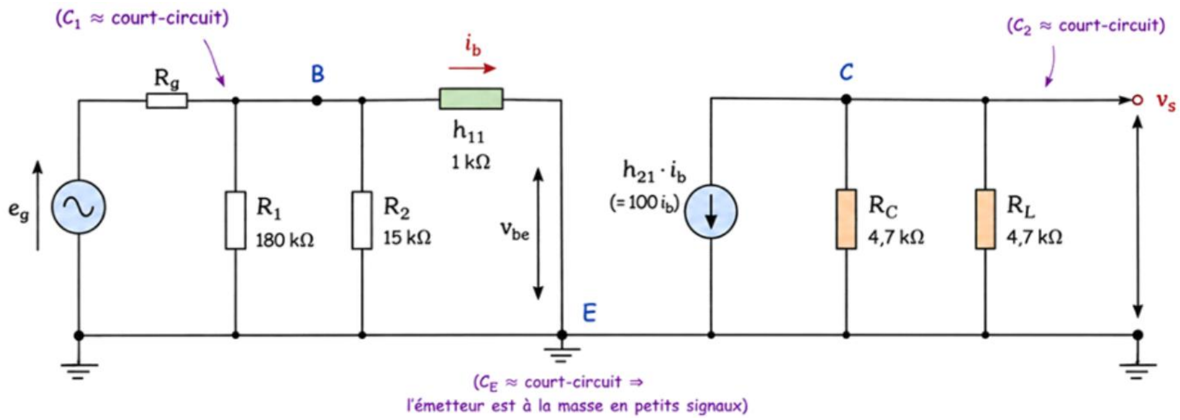
- C_1 transmet le signal d'entrée vers la base ;
- C_2 transmet le signal de sortie vers la charge R_L;
- C_E court – circuite R_{E1} et R_{E2} .

2. Rappeler le schéma équivalent du transistor bipolaire en régime dynamique petits signaux



3. Etablir le schéma équivalent petits signaux de l'étage complet

Schéma équivalent petits signaux de l'étage complet : $f_0 = 1\ kHz$: C_1, C_2 et $C_E \approx$ courts-circuits



Entrée(base) : L'entrée voit $R_1 // R_2 // h_{11}$ via le générateur	**Transistor (petits signaux) :** • h_{11}entre B et E • Source de courant $h_{21}.i_b$ de C vers E	**Sortie :** Le collecteur voit $R_C // R_L$ $v_s = V_{CE}$ (C_2 ≈court-circuit).
Remarques : • Tous les condensateurs sont assimilés à des courts-circuits à 1 kHz. • L'alimentation V_{CC}est à la masse en petits signaux (non représentée).		$R_C//R_L = \frac{4{,}7\ k\Omega \times 4{,}7\ k\Omega}{4{,}7\ k\Omega + 4{,}7\ k\Omega} = 2{,}35\ k\Omega$

4. Calculer l'amplification en tension A_v, ainsi que l'impédance d'entrée Z_e et de sortie Z_s

Amplification en tension de l'étage : $A_v = \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}$, $\underline{V_e}$ est appliquée à la base car C_1est un CC.

L'émetteur est à la masse : $v_{be} = \underline{V_e} \Rightarrow \underline{V_e} = v_{be} = h_{11}\underline{i_b} \Rightarrow \underline{i_b} = \frac{\underline{V_e}}{h_{11}}$

$$\underline{V_s} = -\frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L} \times \underline{i_c} \text{ or } \underline{i_c} = h_{21}\underline{i_b} = h_{21}\frac{\underline{V_e}}{h_{11}} \Rightarrow \underline{V_s} = -\frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L} \times h_{21}\frac{\underline{V_e}}{h_{11}}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}} = \frac{-\frac{R_C \times R_L \times h_{21}}{(R_C + R_L) \times h_{11}}\underline{V_e}}{\underline{V_e}} = -\frac{R_C \times R_L \times h_{21}}{(R_C + R_L) \times h_{11}} = -\frac{100 \times 2{,}35\ k\Omega}{1\ k\Omega} \Rightarrow \boldsymbol{A_v = -235}$$

Le signe négatif traduit l'inversion de phase : $\varphi = 180°$

Impédance d'entrée Z_e

$$Z_e = R_1 // R_2 // h_{11} : \ soit\ R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{180\ k\Omega \times 15\ k\Omega}{180\ k\Omega + 15\ k\Omega} = 13{,}85\ k\Omega$$

$$Z_e = \frac{R_0 h_{11}}{R_0 + h_{11}} = \frac{13{,}85\ k\Omega \times 1\ k\Omega}{13{,}85\ k\Omega + 1\ k\Omega} \Rightarrow \boldsymbol{Z_e \approx 933\ \Omega}$$

Impédance de sortie Z_s

Pour calculer l'impédance de sortie, on annule la source d'entrée : $\underline{e_g} = 0$

Si $\underline{i_b} = 0 \Rightarrow$ la source de courant commandée est nulle : $h_{21}\underline{i_b} = 0$

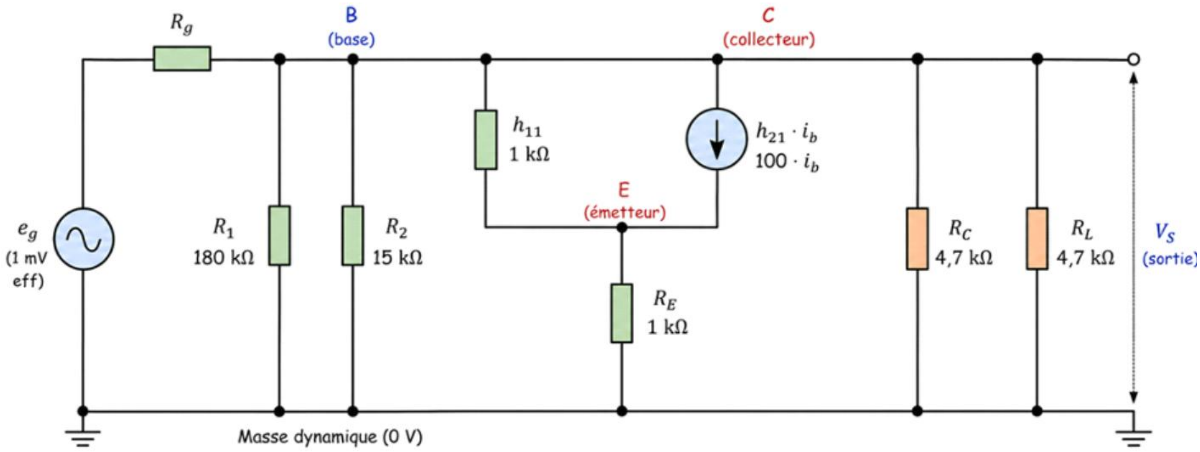
Quand on calcule $\boldsymbol{Z_s}$ d'un amplificateur, on retire la charge R_L.

La sortie voit donc essentiellement : R_C vers la masse $\Rightarrow Z_s = R_C \Rightarrow \boldsymbol{Z_s = 4,7\ k\Omega}$

5. Le condensateur C_E est maintenant branché au point E_1

a. Donner le nouveau schéma équivalent de l'étage complet

Dans cette nouvelle configuration, C_E court-circuite R_{E2}



b. Comment peut-on choisir R_{E1}et R_{E2} pour obtenir une amplification en tension égale à -10?

Avec R_{E1} non découplée, la tension d'entrée est $\underline{V_e} = \underline{v_{be}} + \underline{v_E}$ *avec* $\underline{v_{be}} = h_{11}\underline{i_b}$

$$\underline{i_E} = \underline{i_C} + \underline{i_B} = h_{21}\underline{i_b} + \underline{i_b} = (h_{21}+1)\underline{i_b} \Rightarrow \underline{v_E} = R_{E1}\underline{i_E} = R_{E1}(h_{21}+1)\underline{i_b}$$

$$\Rightarrow \underline{V_e} = h_{11}\underline{i_b} + (h_{21}+1)R_{E1}\underline{i_b} = [h_{11} + (h_{21}+1)R_{E1}]\underline{i_b} \Rightarrow \underline{i_b} = \frac{\underline{V_e}}{h_{11} + (h_{21}+1)R_{E1}}$$

$$\underline{V_s} = -\left(\frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L}\right)\underline{i_c} \text{ or } \underline{i_c} = h_{21}\underline{i_b} \Rightarrow \underline{V_s} = -\left(\frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L}\right)h_{21}\underline{i_b} \Rightarrow \boldsymbol{\underline{V_s}} = -\frac{\boldsymbol{R_C \times R_L \times h_{21} \times \underline{V_e}}}{\boldsymbol{(R_C + R_L)[h_{11} + (h_{21}+1)R_{E1}]}}$$

$$\Rightarrow A_v = -\frac{R_C \times R_L \times h_{21}}{(R_C + R_L)[h_{11} + (h_{21}+1)R_{E1}]} = -10 \Rightarrow$$

$$h_{11} + (h_{21}+1)R_{E1} = \frac{R_C \times R_L \times h_{21}}{10 \times (R_C + R_L)} \Rightarrow R_{E1} = \frac{1}{(h_{21}+1)}\left(\frac{R_C \times R_L \times h_{21}}{10 \times (R_C + R_L)} - h_{11}\right)$$

$$\Rightarrow R_{E1} = \frac{1}{(100+1)}\left(\frac{\mathbf{4700 \times 100}}{\mathbf{10 \times 2}} - \mathbf{1000}\right) \Rightarrow \boldsymbol{R_{E1} \approx 223\ \Omega}$$

$$R_E = R_{E1} + R_{E2} = 1\ k\Omega \Rightarrow R_{E2} = 1\ k\Omega - R_{E1} = 1000 - 223 \Rightarrow \boldsymbol{R_{E2} \approx 777\ \Omega}$$