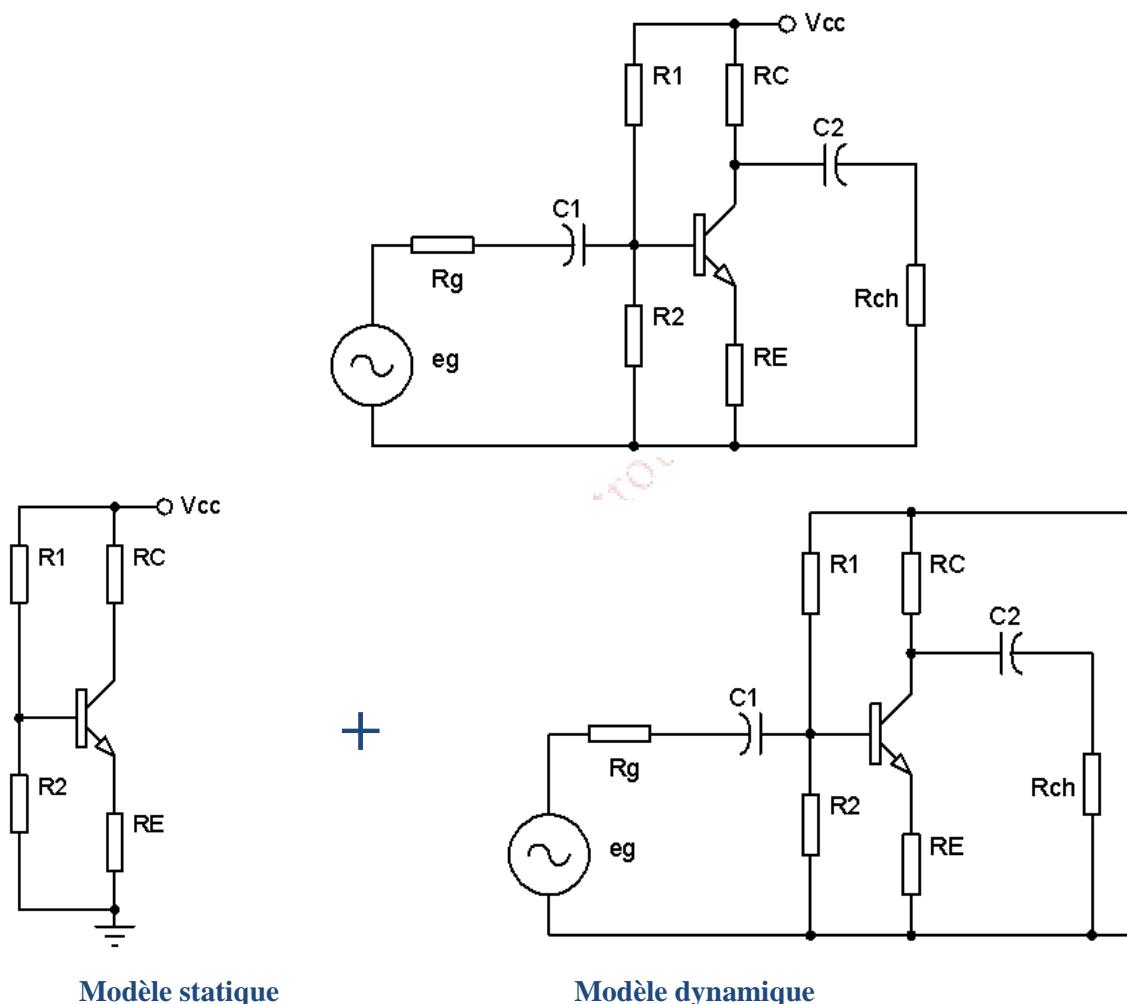


Emetteur commun et diagramme fonctionnel

Exercice 1

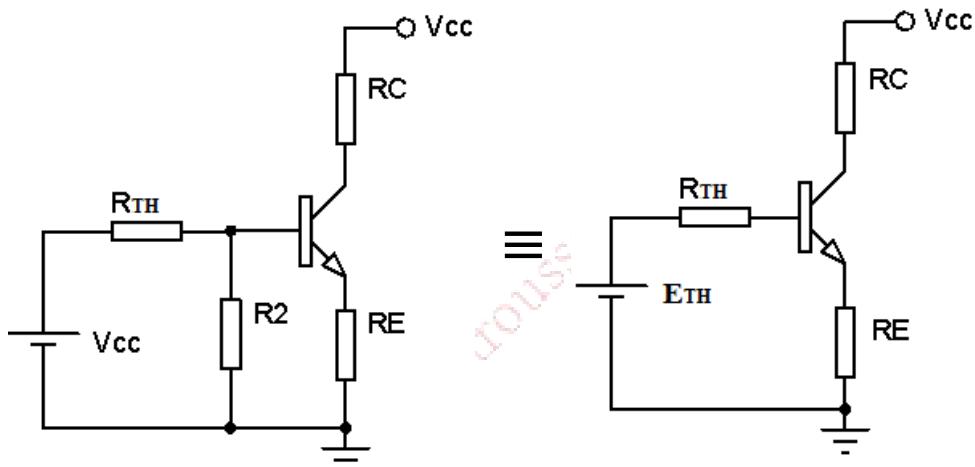
1. Point de fonctionnement du montage Q (I_C , V_{CE}):

On applique le théorème de superposition au montage, on obtient :



Le modèle statique est utilisé pour la polarisation du transistor. Et le modèle dynamique est utilisé pour étudier le signal variable.

Pour déterminer Q (I_C , V_{CE}), on utilise le modèle statique :



$$E_{TH} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_{CC} = \frac{10}{10 + 100} \times 15V = 1,36V$$

$$R_{TH} = \frac{R_2 R_1}{R_2 + R_1} = \frac{10 \times 100}{10 + 100} = 9,1k\Omega$$

$$E_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + I_E R_E = I_B R_{TH} + V_{BE} + I_B (\beta + 1) R_E$$

$$E_{TH} = I_B (R_{TH} + (\beta + 1) R_E) + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E} = \frac{1,36V - 0,7V}{9,1k\Omega + 101 \times 1k\Omega} = 6\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 6\mu A$$

$$I_C = 600\mu A$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 101 \times 6\mu A = 606\mu A \approx I_C$$

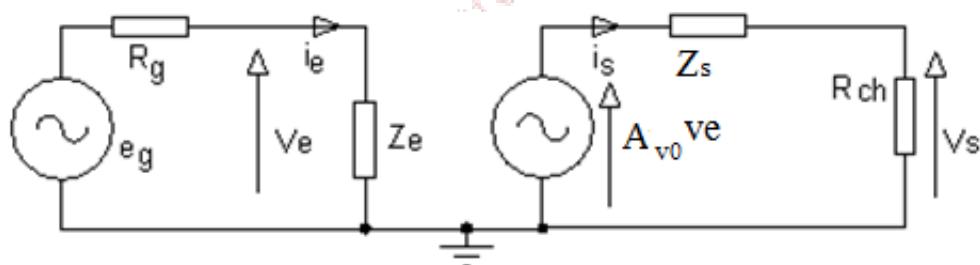
$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E \quad \Rightarrow \quad V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E$$

$$V_{CE} = 15V - 10k\Omega \times 600\mu A - 1k\Omega \times 606\mu A \quad V_{CE} = 8,4V$$

2. $r'_e = 25mV / I_E = 25mV / 606\mu A$

$$r'_e = 41,25\Omega$$

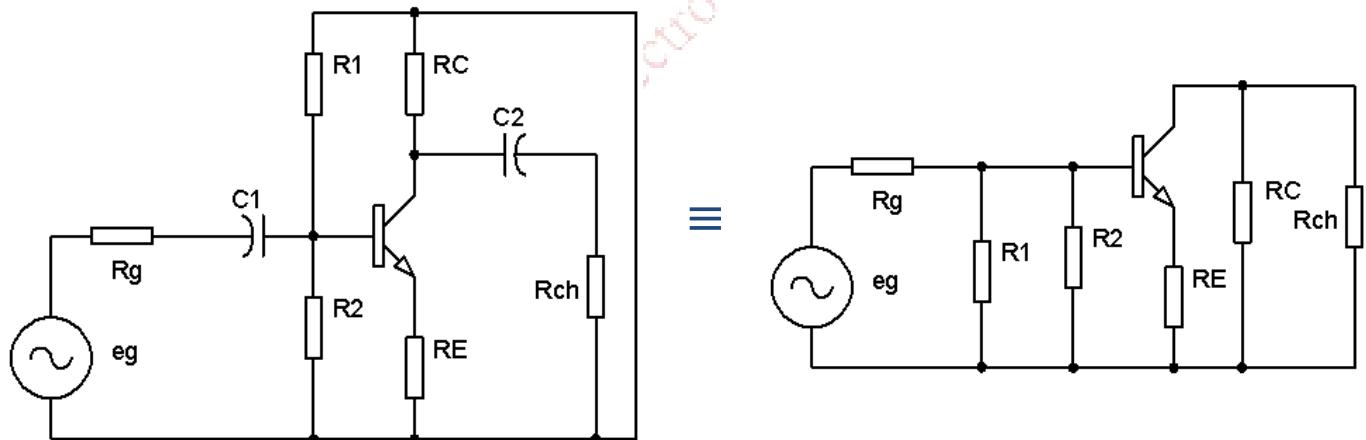
3.



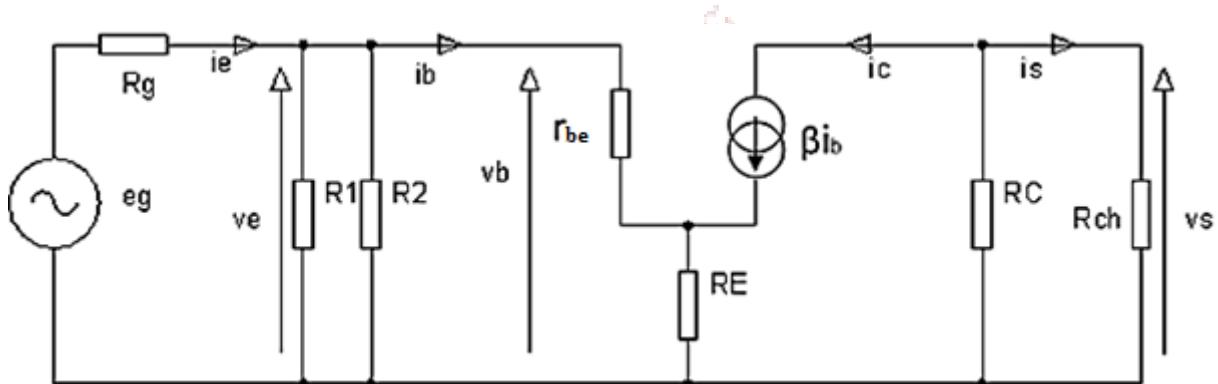
Equation de l'entrée : $v_e = i_e Z_e$ ou $i_e = v_e / Z_e$ (1)

Equation de la sortie : $v_s = A_{v0}v_e - i_s Z_s$ (2)

4. Pour le calcul de Z_e , Z_s et A_v , on utilise le modèle dynamique :



Le schéma en alternatif (modèle dynamique) devient alors :



Equation de l'entrée :

$$i_e = v_e (1 / R_1 + 1 / R_2) + i_b$$

$$v_b = v_e = r_{be} \times i_b + R_E \times i_e = r_{be} \times i_b + R_E \times (\beta + 1) i_b = \beta r'_e i_b + (\beta + 1) \times R_E i_b$$

$$v_e = v_b = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_E] i_b = Z_{base} i_b$$

$$Z_{base} = v_b / i_b$$

$$Z_{base} = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_E]$$

d'où :

$$Z_e = R_1 // R_2 // Z_{base}$$

$$Z_{base} = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_E] = (41,25 \times 100 + 1000 \times 101)\Omega = 105,125\text{k}\Omega$$

$$i_e = v_e (1 / R_1 + 1 / R_2) + i_b = v_e (1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / Z_{base}) \quad (3)$$

$$(1) \text{ et } (3) \Rightarrow Z_e = R_1 // R_2 // Z_{\text{base}}$$

$$Z_e = 10\text{k}\Omega // 100\text{k}\Omega // 105,125\text{k}\Omega$$

$$Z_e = 8,37 \text{ k}\Omega$$

$$\text{si } \beta \gg 1 (100 \gg 1) \Rightarrow \beta + 1 \approx \beta (101 \approx 100) \Rightarrow Z_{\text{base}} \approx \beta (r'_e + R_E)$$

$$\text{si } R_E \gg r'_e (1\text{k}\Omega \gg 41,25\Omega) \Rightarrow Z_{\text{base}} \approx \beta R_E$$

Calcul approximatif de Z_e

$$Z_e = 10\text{k}\Omega // 100\text{k}\Omega // 100\text{k}\Omega$$

$$Z_e = 8,33 \text{ k}\Omega$$

On voit que l'erreur est négligeable. Le calcul approximatif est acceptable.

Équation de la sortie :

$$-i_s = \beta i_b + v_s / R_c \Rightarrow v_s = -\beta R_c i_b - R_c i_s$$

$$i_b = v_e / Z_{\text{base}} = v_e / \beta(r'_e + R_E) (\beta \gg 1)$$

$$v_s = -\beta R_c v_e / Z_{\text{base}} - R_c i_s = -R_c v_e / (r'_e + R_E) - R_c i_s \quad (4)$$

$$(4) \text{ et } (2) \Rightarrow -\beta R_c v_e / Z_{\text{base}} - R_c i_s = A_{v0} v_e - Z_s i_s$$

Impédance de sortie :

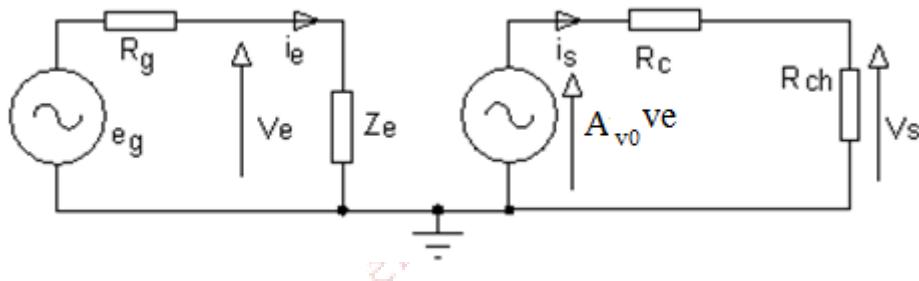
$$Z_s = R_c = 10\text{k}\Omega$$

Le gain à vide :

$$A_{v0} = -\beta R_C / Z_{\text{base}}$$

$$Z_{\text{base}} \approx \beta (r'_e + R_E) (\text{si } \beta \gg 1) \text{ et } (\text{si } r'_e \ll R_E) Z_{\text{base}} \approx \beta R_E \quad A_{v0} \approx -R_c / R_E = -10$$

On obtient, alors, le diagramme fonctionnel suivant :



Le gain total du montage est :

$$A_v = \frac{V_s}{e_g} = \frac{V_s}{(A_{v0}V_e)} \times \frac{A_{v0}V_e}{V_e} \times \frac{V_e}{e_g} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + R_C} \times A_{v0} \times \frac{Z_e}{Z_e + R_g}$$

$$A_v = \frac{10}{10+10} \times \frac{-10}{1} \times \frac{8,3}{8,3+1} \quad A_v = -4,46$$

En résumé :

$$Z_{base} = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_E]$$

$$\text{si } \beta \gg 1 \Rightarrow Z_{base} \approx (r'_e + R_E) \beta \quad \text{et si } R_E \gg r'_e \Rightarrow Z_{base} \approx \beta R_E$$

$$Z_e = R_1 // R_2 // Z_{base}$$

$$A_{v0} = -\beta R_c / Z_{base}$$

$$A_v = \frac{V_s}{e_g} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \times A_{v0} \times \frac{Z_e}{Z_e + R_g}$$

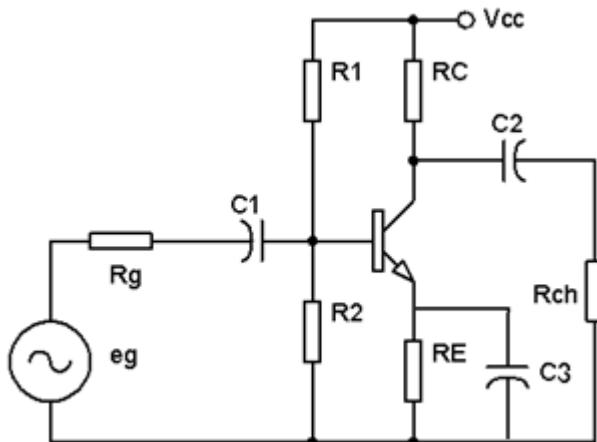
5. f_{ce} : fréquence de coupure de l'entrée (filtre passe haut)

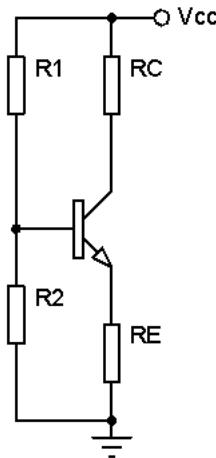
$$f_{ce} = \frac{1}{2\pi(R_g + Z_e)C_1} = \frac{1}{2\pi \times (1k\Omega + 8,3k\Omega) \times 10^{-6}} \quad f_{ce} = 17\text{Hz}$$

f_{cs} : fréquence de coupure de la sortie (filtre passe haut)

$$f_{cs} = \frac{1}{2\pi(R_c + R_{ch})C_1} = \frac{1}{2\pi \times (10k\Omega + 10k\Omega) \times 10^{-6}} \quad f_{ce} = 8\text{Hz}$$

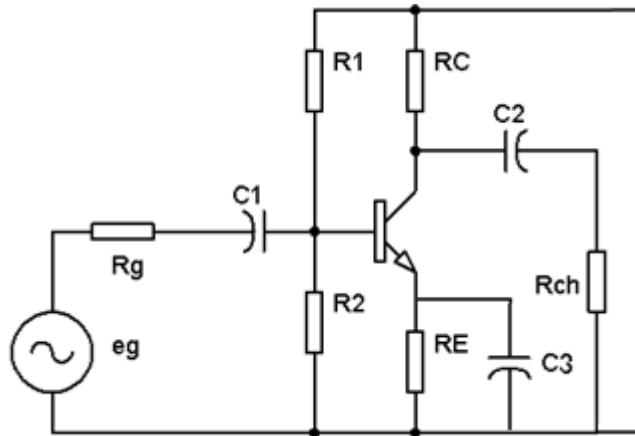
6.





Modèle statique

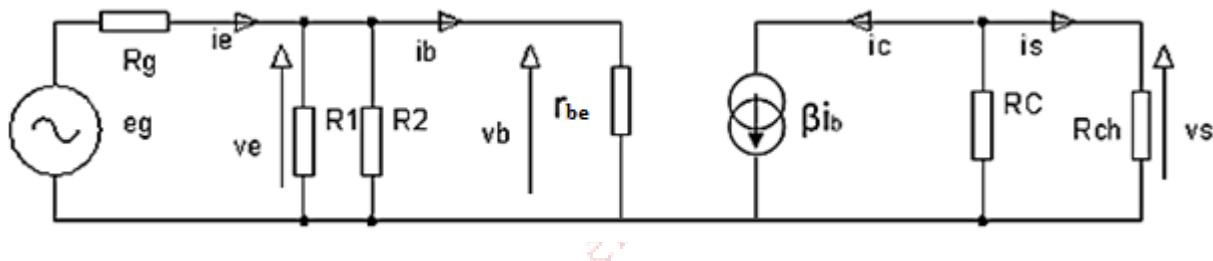
+



Modèle dynamique

Le modèle statique ne change pas. Donc le point de fonctionnement Q et r'_e ne changent pas.

R_E est court-circuitée en alternatif par C_3 . On obtient le circuit équivalent en alternatif suivant :



Z_{base} change et devient : $Z_{base} = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_E] = \beta r'_e = r_{be}$ ($R_E = 0$ en alternatif).

$$Z_{base} = \beta r'_e = 100 \times 41,25 \Omega$$

$$Z_{base} = 4,125 \text{ k}\Omega$$

$$Z_s = R_C$$

$$Z_s = 10 \text{ k}\Omega$$

$$Z_e = R_1 // R_2 // Z_{base} = R_1 // R_2 // \beta r'_e = 10 \text{ k}\Omega // 100 \text{ k}\Omega // 4,125 \text{ k}\Omega \quad Z_e = 2,84 \text{ k}\Omega$$

$$A_{v0} = -\beta R_c / Z_{base} = -\beta R_c / \beta r'_e = -R_c / r'_e = -10 \text{ k}\Omega / 41,25 \Omega \quad A_{v0} = -242,4$$

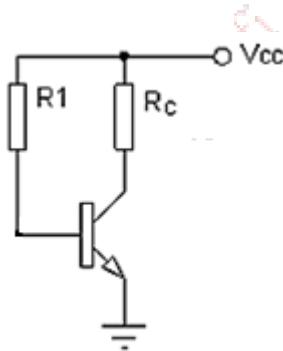
$$A_v = \frac{V_s}{e_g} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \times A_{v0} \times \frac{Z_e}{Z_e + R_g} = \frac{10}{10 + 10} \times (-242,4) \times \frac{2,84}{2,84 + 1}$$

$$A_v = -89,6$$

Remarque : on voit que Z_e a baissé et que A_{v0} et A_v ont augmenté.

Exercice 2

1. Modèle statique (polarisation du transistor)



$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} \Rightarrow I_C = (V_{CC} - V_{CE}) / R_C$$

$$V_{CE} = V_{CESAT} \Rightarrow I_C = I_{CSAT} = (V_{CC} - V_{CE}) / R_C$$

$$I_{CSAT} = (15V - 0,4V) / 10k\Omega$$

$$\boxed{I_{CSAT} = 1,46mA}$$

$$2. \quad V_{CC} = R_1 I_B + V_{BE} \Rightarrow I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / R_1$$

$$I_B = (15V - 0,7V) / 2M\Omega$$

$$\boxed{I_B = 7,15\mu A}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 7,15\mu A$$

$$\boxed{I_C = 715\mu A}$$

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

$$\boxed{V_{CE} = 7,85V}$$

Point de fonctionnement:

$$\boxed{Q(7,85V, 715\mu A)}$$

$$3. \quad I_E = (\beta + 1) I_B \quad r'_e = 25mV / (101 \times 7,15\mu A)$$

$$\boxed{r'_e = 34,62\Omega}$$

4. Voir résumé exercice 1

$$Z_{base} = \beta r'_e = 100 \times 34,62\Omega$$

$$\boxed{Z_{base} = 3,462k\Omega}$$

$$Z_s = R_C$$

$$\boxed{Z_s = 10k\Omega}$$

$$Z_e = R_1 // Z_{base} = 2M\Omega // 3,426k\Omega \approx Z_{base}$$

$$\boxed{Z_e = 3,455k\Omega}$$

$$A_{v0} = -\beta R_c / Z_{base} = -\beta R_c / \beta r'_e = -R_c / r'_e = 10000 / 34,62 \quad A_{v0} = -288,85$$

$$A_v = \frac{V_s}{e_g} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_S} \times A_{v0} \times \frac{Z_e}{Z_e + R_g} = \frac{1}{1+10} \times A_{v0} \times \frac{3,455}{3,455 + 0,1}$$

$$A_v = \frac{A_{v0}}{11} = \frac{-288,85}{11} \quad A_v = -26,26$$

5. $A_v = v_s/e_g \Rightarrow v_s = A_v e_g \Rightarrow v_s = -26,26 \times 0,25mV \sin\omega t$

$$v_s = -6,5mV \sin\omega t$$

$$v_s = 6,5mV \sin(\omega t + 180^\circ)$$

6. $v_{CE} = V_{CE} + v_{ce} \quad V_{CE} = 7,85V \quad \text{et} \quad v_{ce} = v_s = E \sin(\omega t + 180^\circ)$

$$v_{CE} = 7,85V + E \sin(\omega t + 180^\circ)$$

Si le transistor est bloqué $v_{CE} = V_{cc} = 15V = 7,85V + E_{max1}$

$$E_{max1} = 15V - 7,85V = 7,15V$$

Si le transistor est saturé $v_{CE} = V_{CEsat} = 0,4V = 7,85V - E_{max2}$

$$E_{max2} = 7,85V - 0,4V = 7,45V$$

Pour ne pas avoir d'écrêtage, la tension maximale crête de la sortie est :

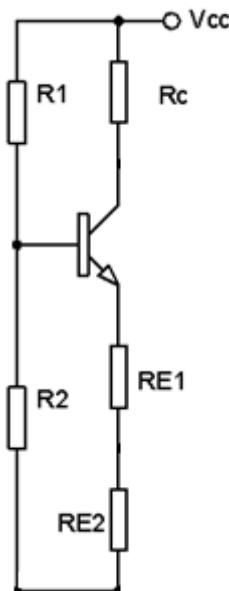
$$E_{max} = 7,15V$$

7. $A_v = v_s/e_g \Rightarrow e_g = v_s / A_v$

$$Eg_{max} \sin\omega t = -E_{max} \sin\omega t / A_v \Rightarrow Eg_{max} = -E_{max} / A_v \quad Eg_{max} = 272mV$$

Exercice 3

1. Modèle statique (polarisation du transistor)



La méthode de calcul est qu'à l'exercice 1. Il suffit de remplacer R_E par $R_{E1} + R_{E2}$ ($R_E = R_{E1} + R_{E2}$).

$$I_{Csat} = (V_{cc} - V_{CEsat}) / (R_C + R_{E1} + R_{E2})$$

$$\boxed{I_{Csat} = 1,28\text{mA}}$$

$$E_{TH} = 1,36\text{V} \quad R_{TH} = 9,1\text{k}\Omega$$

$$I_B = \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_E} = \frac{1,36\text{V} - 0,7\text{V}}{9,1\text{k}\Omega + 101 \times 1,5\text{k}\Omega} = 4,11\mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 4,11\mu\text{A}$$

$$\boxed{I_C = 411\mu\text{A}}$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = 101 \times 4,11\mu\text{A} = 415,11\mu\text{A} \approx I_C$$

$$V_{cc} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E \Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - R_C I_C - R_E I_E$$

$$V_{CE} = 15\text{V} - 10\text{k}\Omega \times 411\mu\text{A} - 1\text{k}\Omega \times 415\mu\text{A}$$

$$\boxed{V_{CE} = 10,47\text{V}}$$

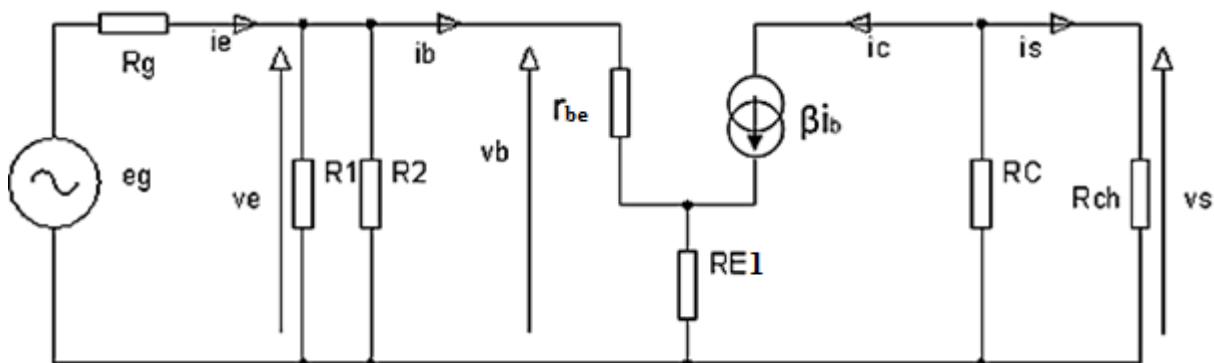
$$r'_e = 25\text{mV} / I_E = 25\text{mV} / 411\mu\text{A}$$

$$\boxed{r'_e = 60,82\Omega}$$

2. Point de fonctionnement du montage : Q : (V_{CE} = 10,47V et I_C = 411μA)

3. R_{E2} est court-circuitée en alternatif par C3. On obtient le circuit équivalent en alternatif suivant :

4.



5. Voir résumé exercice 1

$$Z_{\text{base}} = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_{E1}] \quad (\beta \gg 1) \Rightarrow Z_{\text{base}} \approx \beta (r'_e + R_{E1}) \quad Z_{\text{base}} = 106\text{k}\Omega$$

$$Z_s = R_C \quad Z_s = 10\text{k}\Omega$$

$$Z_e = R_1 // R_2 // Z_{\text{base}} \quad Z_e = 9,1\text{k}\Omega$$

$$A_{v0} = -\beta R_c / Z_{\text{base}} \approx -R_c / R_{E1} \quad A_{v0} = -10$$

$$A_v = \frac{V_s}{e_g} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \times A_{v0} \times \frac{Z_e}{Z_e + R_g} \quad A_v = -6,875$$

6. $A_v = v_s/e_g \Rightarrow v_s = A_v e_g \Rightarrow v_s = -6,875 \times 0,2\text{mV} \sin\omega t$

$$v_s = -1,375\text{mV} \sin\omega t \quad v_s = 1,375\text{mV} \sin(\omega t + 180^\circ)$$

7. $e_g = 2\text{V} \sin\omega t \Rightarrow v_s = -6,875 \times 2\text{V} \sin\omega t = 13,75\text{V} \sin(\omega t + 180^\circ)$

$$v_{CE} = V_{CE} + v_{ce} \quad V_{CE} = 10,47\text{V} \quad \text{et} \quad v_{ce} = v_s = 13,75\text{V} \sin(\omega t + 180^\circ)$$

$$v_{CE} = 10,47\text{V} + 13,75\text{V} \sin(\omega t + 180^\circ)$$

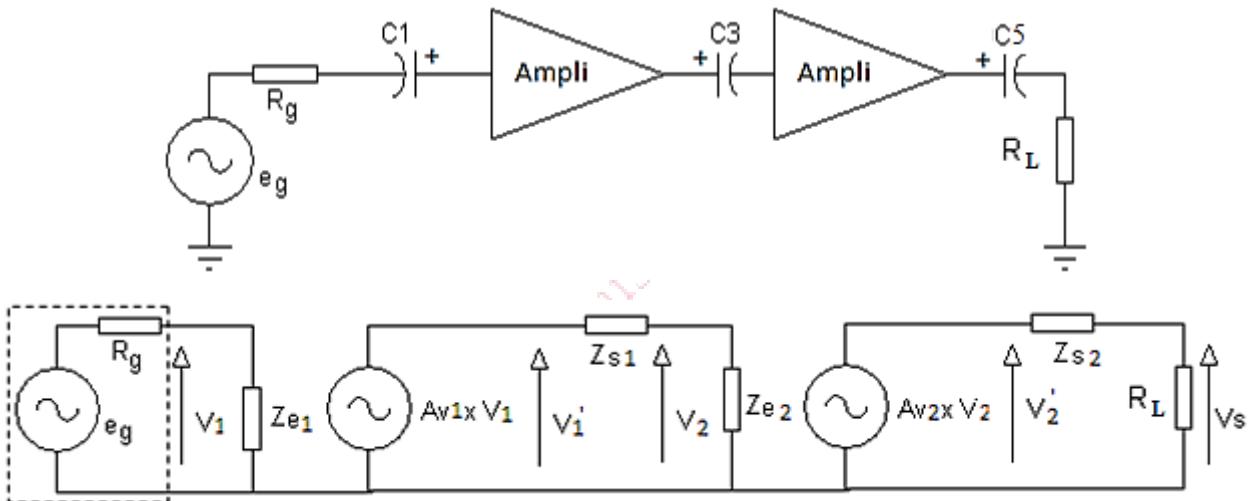
$v_{CEmax} = V_{cc} = 15\text{V} < (10,47\text{V} + 13,75\text{V} = 24,22\text{V})$: transistor bloqué.

$v_{CEmin} = V_{CESat} = 0,2\text{V} > (10,47\text{V} - 13,75\text{V} = -3,28\text{V})$: transistor saturé

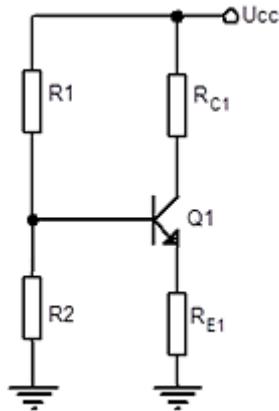
Donc : le signal à la sortie sera écrêté.

Exercice 4

- On un amplificateur a 2 étages identiques.



Modèle statique (polarisation du transistor)



$$E_{TH} = U_{CC} \times R_2 / (R_2 + R_1) = 5,41V \quad r'_e = 1,8k\Omega$$

$$I_B = \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_{E1}} \text{ et } I_E = (\beta + 1)I_B = (\beta + 1) \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_{E1}}$$

$$I_E = \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH}/(\beta + 1) + R_{E1}} = \frac{5,41V - 0,74V}{\frac{1,8k\Omega}{101} + 1k\Omega} = 4,59mA$$

$$r'_e = 25mV / I_E = 25mV / 4,59mA$$

$$r'_e = 5,45\Omega$$

$$Z_{base1} = Z_{base2} = Z_{base} = [\beta r'_e + (\beta + 1) \times R_{E1}] \quad (\beta \gg 1 \text{ et } r'_e \ll R_{E1})$$

$$Z_{base} \approx \beta R_{E1}$$

$$Z_{base} = 150k\Omega$$

$$Z_{e1} = Z_{e2} = Z_e = R_1 // R_2 // Z_{base}$$

$$Z_e = 1,78k\Omega$$

$$Z_{s1} = Z_{s2} = Z_s = R_{C1}$$

$$Z_s = 3,6k\Omega$$

$$A_{v1} = A_{v2} = -\beta R_c / Z_{base} \approx -R_c / R_{E1}$$

$$A_{v1} = -3,6$$

2.

$$A_v = \frac{v_s}{e_g} = \frac{v_s}{v'_2} \times \frac{v'_2}{v_2} \times \frac{v_2}{v'_1} \times \frac{v'_1}{v_1} \times \frac{v_1}{e_g} = \frac{R_L}{R_L + Z_{s2}} \times A_{v1} \times \frac{Z_{e2}}{Z_{e2} + Z_{s1}} \times A_{v2} \times \frac{Z_{e1}}{Z_{e1} + R_g}$$

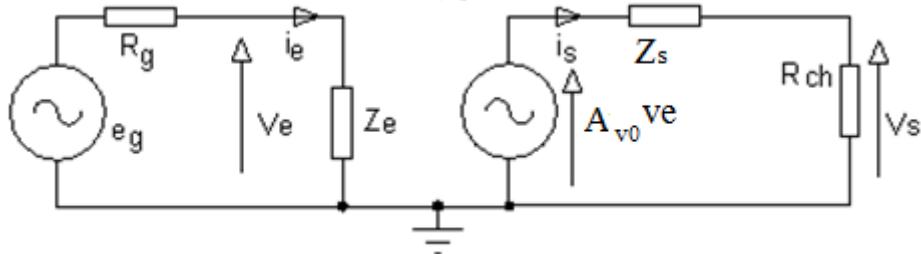
$$A_v = \frac{1,5}{1,5 + 3,6} \times (-3,6) \times \frac{1,78}{1,78 + 3,6} \times (-3,6) \times \frac{1,78}{1,78 + 1} \quad A_v = 2,2$$

$$G(\text{dB}) = 20 \log A_v = 20 \log 2,2$$

$$G(\text{dB}) = 6,85$$

Exercice 5

1. $Z_e = 10\text{k}\Omega \quad Z_s = 1\text{k}\Omega \quad R_{ch} = 1\text{k}\Omega$



2.

$$A_v = \frac{v_s}{e_g} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \times A_{v0} \times \frac{Z_e}{Z_e + R_g}$$

On néglige R_g devant $Z_e \quad \Rightarrow \quad v_e = e_g$

$$A_v = \frac{v_s}{e_g} = \frac{v_s}{v_e} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \times A_{v0}$$

$$G(\text{dB}) = 20 \log (A_v) = 20 \log \left(\frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \times A_{v0} \right) = 20 \log \left(\frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \right) + 20 \log A_{v0}$$

$$G(\text{dB}) = 20 \log \left(\frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_s} \right) + G_0(\text{dB}) \quad G_0(\text{dB}) = 20 \log A_{v0}$$

$$G_0(\text{dB}) = G(\text{dB}) - 20 \log \left(\frac{R_{ch}}{R_{ch} + Z_S} \right) = 40 - 20 \log \left(\frac{1}{1+1} \right) \quad G_0(\text{dB}) = 46$$

3. $G_0(\text{dB}) = 20 \log A_{v0} \Rightarrow \log A_{v0} = \frac{46}{20} = 2,3 \Rightarrow A_{v0} = 10^{2,3}$ A_{v0} = 199,5

4. $G(\text{dB}) = 20 \log A_v \Rightarrow \log A_v = \frac{40}{20} = 2 \Rightarrow A_{v0} = 10^2$ A_{v0} = 100