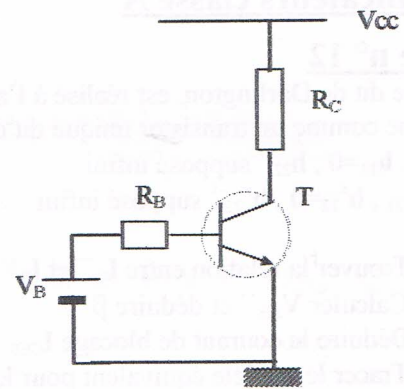


Transistor en commutation (blocage/saturation)

Exercice n° 9

Déterminer si le transistor est/ou non en régime de saturation et déterminer la valeur de I_B et I_C .

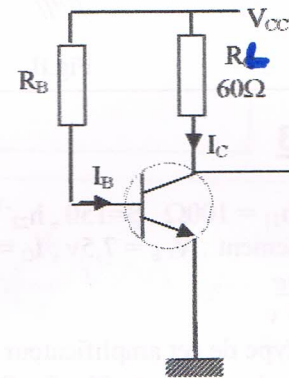
On donne : $V_{CC}=10V$, $V_B=5V$, $V_{BE}=0,7V$, $R_C=3K\Omega$, $R_B=50K\Omega$ et $\beta = 100$



Exercice n° 10

On considère le montage suivant avec un transistor *NPN* de gain en courant statique $\beta=100$ et la tension entre la base et l'émetteur est de $0,7V$. ($V_{CC}=12v$)

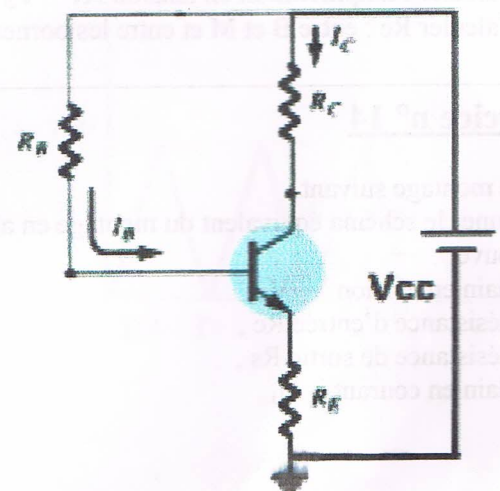
- On désire avoir un courant de 100 mA dans la charge R_L , quelle valeur de résistance R_B faut-il choisir?
- Si on fait varier R_B alors I_B varie et donc I_C varie aussi. Quelle est la valeur maximale qu'on peut obtenir pour I_C (transistor saturé)?
- Quelle est la valeur minimale de R_B pour saturer le transistor.
- On désire avoir un point de fonctionnement tel que $V_{CE} = 6V$ et $I_C = 3,6\text{ mA}$. Quelles valeurs faut-il donner à R_B et R_L ?



Exercice n° 11

On donne $R_B = 430\text{ K}\Omega$; $R_C = 2\text{ K}\Omega$; $R_E = 2\text{ K}\Omega$; $\beta = 100$, $V_{BE} = 0,7\text{ V}$; $V_{CC} = 15\text{ V}$

- Calculer le courant $I_{C_{sat}}$ et la tension $V_{CE_{sat}}$ de saturation ?
- Calculer le courant $I_{C_{bloq}}$ et la tension $V_{CE_{bloq}}$ de blocage ?



Transistor bipolaire « régime dynamique »

c) Amplificateurs classe A

Exercice n° 12

Un montage dit de Darlington, est réalisé à l'aide de deux transistors bipolaires T et T' (voir figure I).

Il fonctionne comme un transistor unique dit équivalent.

T : $\beta = h_{21}$, $h_{12}=0$, h_{22}^{-1} supposé infini

T' : $\beta' = h'_{21}$, $h'_{12}=0$, h'_{22}^{-1} supposé infini

- a) Trouver la relation entre I_C'' et I_B''
- b) Calculer V_{BE}'' et déduire β'' .
- c) Déduire le courant de blocage I_{CE0}''
- d) Tracer le modèle équivalent pour les deux figures I et II
- e) Calculer la résistance d'entrée de (fig. II) et déduire h_{11}'' du transistor Darlington T''.
- f) Trouver l'amplification en courant A_i pour (figure II) et déduire $\beta''=h_{21}''$.

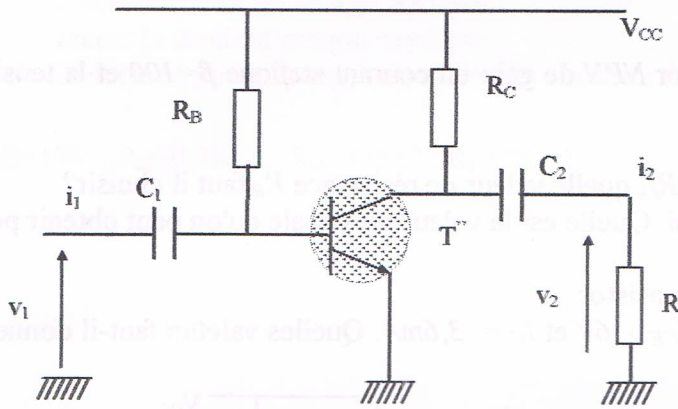


Fig.II

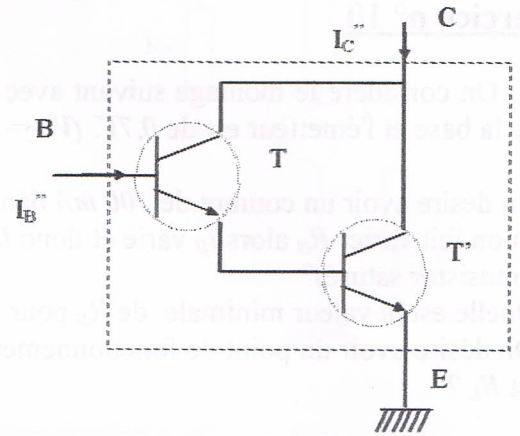


Fig.I

Exercice n° 13

Dans ce montage $h_{11} = 100\Omega$, $\beta=150$, h_{22}^{-1} infini.

Point de fonctionnement : $V_{CE} = 7,5V$, $I_C = 75mA$, $V_{BE} = 700mV$

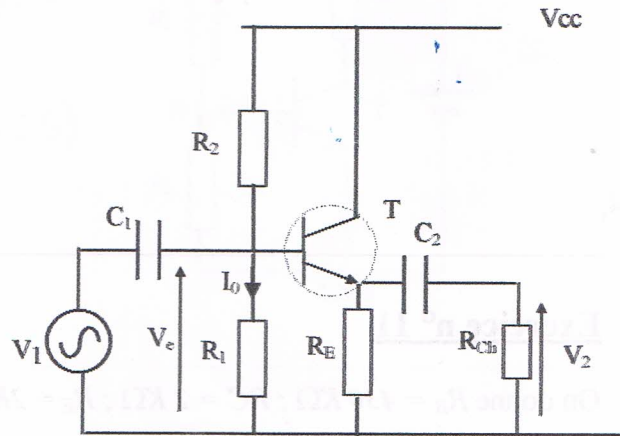
1. Etude statique

Pour $V_{CC} = 15V$

- Quelle est le type de cet amplificateur
- Donner le rôle des éléments (R_1 , R_2 , R_E , C_1 , C_2 , V_{CC})
- Calculer R_E
- Calculer R_1 et R_2 sachant que $I_0 = 10.I_B$

2. Etude dynamique (pour les moyennes fréquences)

- Tracer le schéma équivalent du montage pour un signal alternatif
- Calculer l'amplification en tension $A_v = V_2/V_e$ ($R_{ch}=100\Omega$)
- Calculer R_e : entre B et M et entre les bornes de V_1



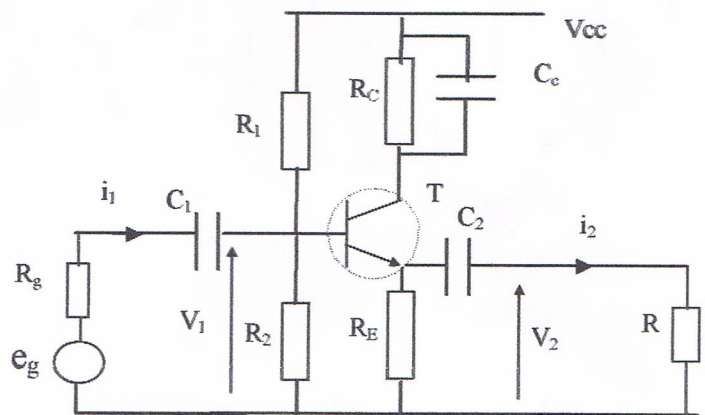
Exercice n° 14

Soit le montage suivant :

A/ Donner le schéma équivalent du montage en alternatif

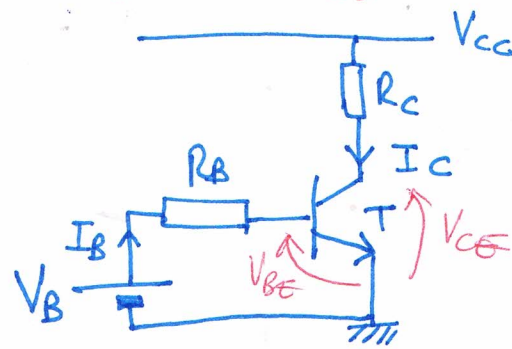
B/ Trouver :

- Gain en tension V_2/V_1 ,
- Résistance d'entrée R_e ,
- Résistance de sortie R_s ,
- Gain en courant i_2 / i_1



Exercice n°9 (solution) Transistor en Commutation (blocage/saturation)

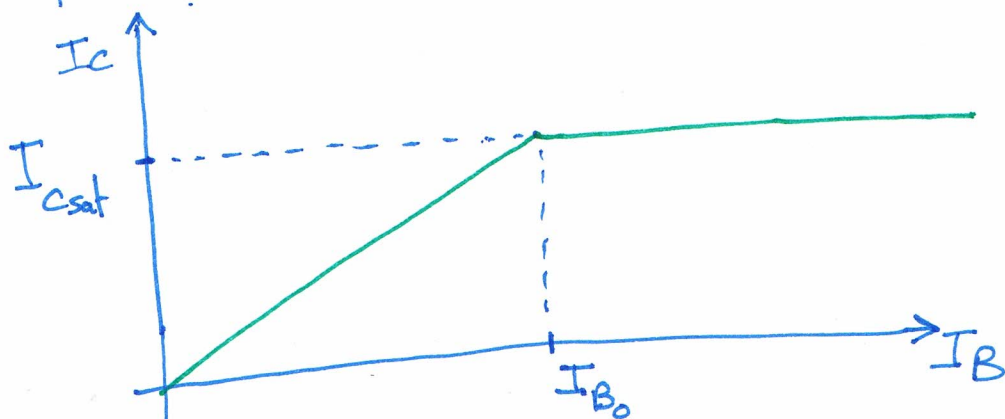
* Courant de saturation =
 $V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE}$



$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CE} = 0 \Rightarrow I_{C_{max}} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10}{3 \cdot 10^3} \Rightarrow \text{Courant de saturation} \end{array} \right.$$

$$\boxed{I_{C_{max}} = I_{C_{sat}} = 3,33 \text{ mA}}$$

alors $I_{B0} = \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} = \frac{3,33 \cdot 10^{-3}}{100} \Rightarrow \boxed{I_{B0} = 33,33 \mu\text{A}}$



* Calcul de I_C et I_B :

$$V_B = R_B I_B + V_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0,7}{50 \cdot 10^3}$$

$$\boxed{I_B = 86 \mu\text{A}}$$

et $I_C = \beta I_B = 100 \times 86 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \boxed{I_C = 8,6 \text{ mA}}$

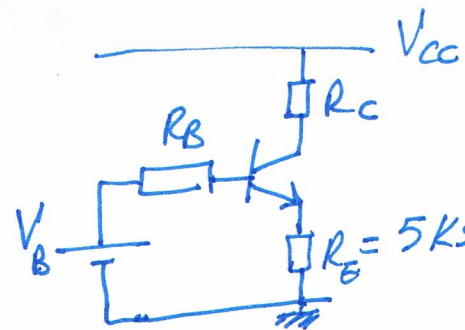
* Conclusion = $\left. \begin{array}{l} I_B > I_{B0} \\ I_C > I_{C_{sat}} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{T \text{ est saturé}}$

Exemple 2: si on a le montage suivant

* $\left\{ \begin{array}{l} I_{C_{sat}} = 1,24 \text{ mA} \\ I_{B0} = 12,4 \mu\text{A} \end{array} \right.$

* $\left\{ \begin{array}{l} I_C = 0,77 \text{ mA} \\ I_B = 7,7 \mu\text{A} \end{array} \right.$

* $I_B < I_{B0}$ et $I_C < I_{C_{sat}} \Rightarrow T$ n'est pas saturé.



Remarque: T sera bloqué si $I_B = I_C = 0$.

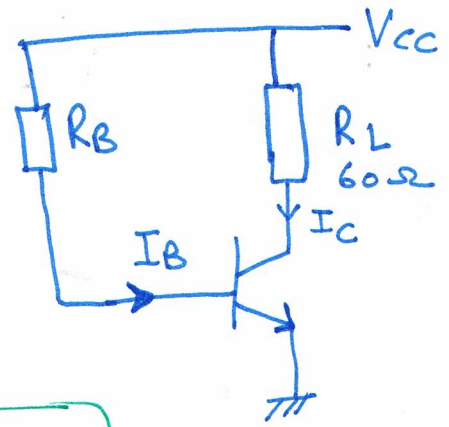
Exercice n°10 (solution)

a) $V_{CC} = R_L \cdot I_C + V_{CE}$

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

$$12 = R_B \cdot \frac{100 \cdot 10^{-3}}{100} + 0,7$$

$$\Rightarrow 11,3 = 10^{-3} \cdot R_B \Rightarrow R_B = 11,3 \text{ k}\Omega$$



b) Transistor saturé $\Rightarrow I_C = I_{C_{sat}} \Rightarrow V_{CE} = 0$

$$\Rightarrow I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{12}{60} = 0,2 \text{ A} \Rightarrow I_{C_{sat}} = 200 \text{ mA}$$

c) Valeur minimale de R_B pour saturer le transistor

$$I_{B0} = \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{100} = 2 \text{ mA}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{B0}} = \frac{(V_{CC} - V_{BE}) \beta}{I_{C_{sat}}} = \frac{(12 - 0,7) 100}{200 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_B = 5,65 \text{ k}\Omega$$

d) $V_{CE0} = 6 \text{ V}, I_{C0} = 3,6 \text{ mA}$

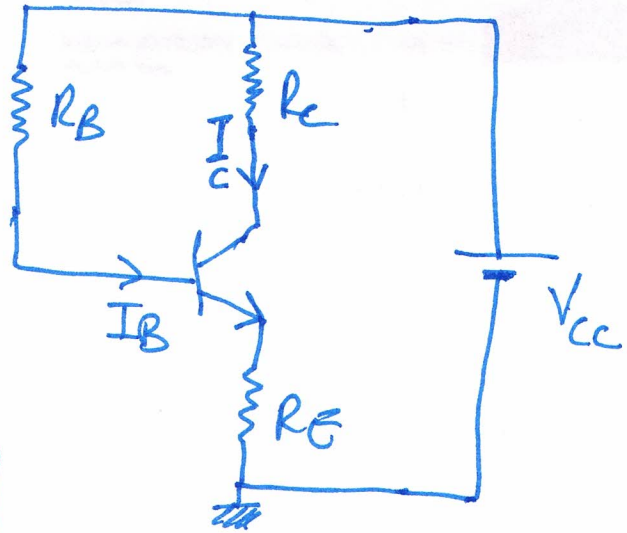
$$R_L = \frac{V_{CC} - V_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{12 - 6}{3,6 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R_L = 1,67 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{B0}} = \frac{12 - 0,7}{\frac{3,6 \cdot 10^{-3}}{100}} \Rightarrow R_B = 314 \text{ k}\Omega$$

Exercice 11 (Solution)

$$a) V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$\begin{aligned} V_{CC} &= R_C I_C + V_{CE} + R_E (I_C + I_B) \\ &= R_C I_C + V_{CE} + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C \\ &= \left[R_C + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] I_C + V_{CE} \end{aligned}$$



Transistor saturé $\Rightarrow V_{CE} = 0$

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} = \frac{15}{2 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3 \left(1 + \frac{1}{100}\right)}$$

$$I_{C_{sat}} = 3,73 \text{ mA}$$

b) Transistor bloqué $\Rightarrow I_{C_{bloq}} = 0$

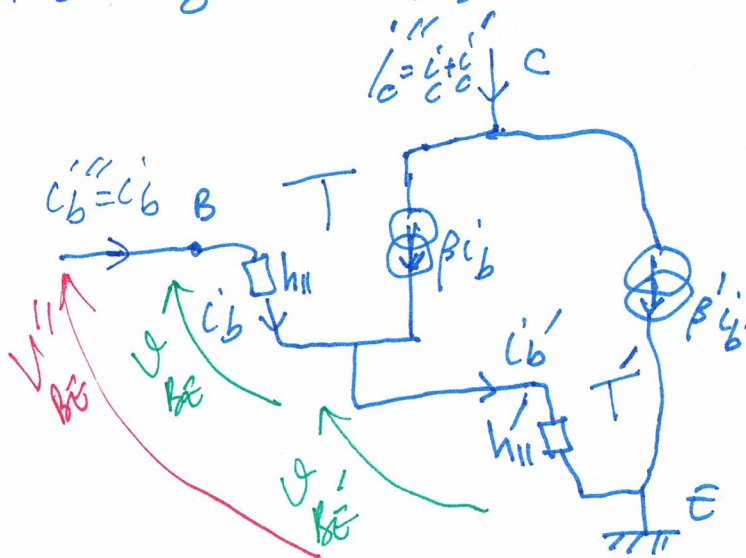
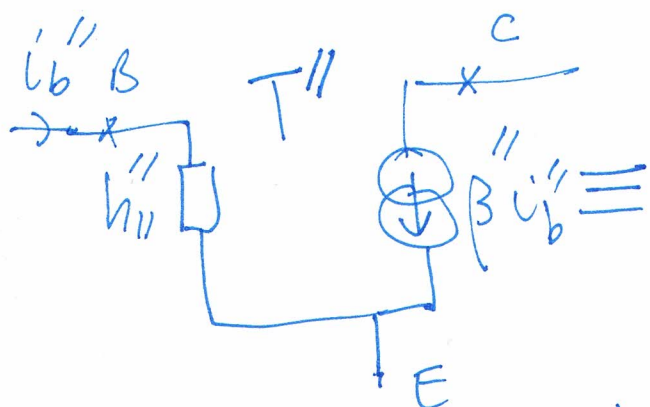
$$\Rightarrow V_{CE_{bloq}} = V_{CC} = 15 \text{ V}$$

Amplificateurs classe A

Exercice n° 12: (solution)

- (a) → voir Exercice n° 8
- (b) → voir Exercice n° 8
- (c) → Dans votre cas, le courant de base est négligeable.

(d) schéma équivalent du montage I



on a trouvé (exercice 8) $i_c'' = (\beta + \beta' + \beta\beta') i_b'' = \beta'' i_b''$

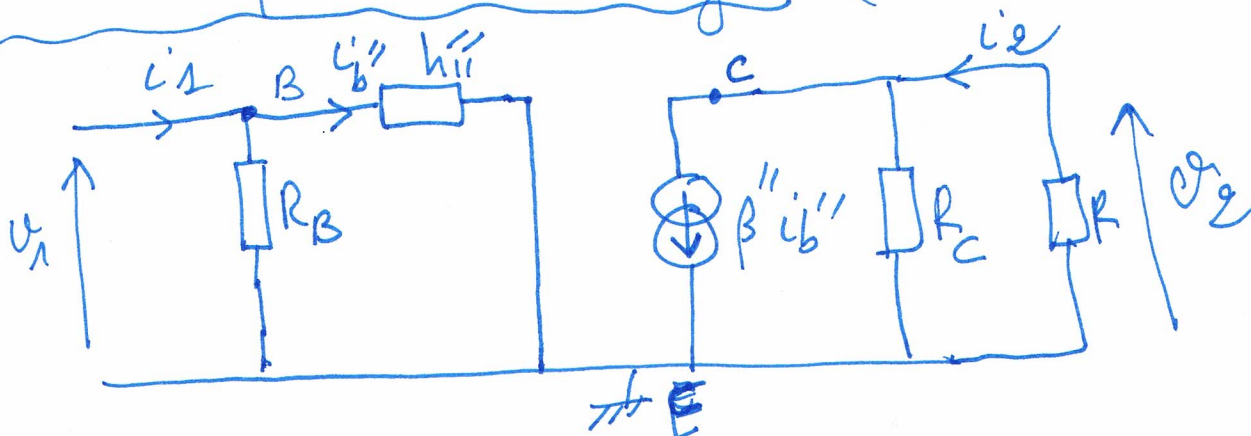
$v_{BE} = h_{ii} i_b$, $v'_{BE} = h'_{ii} i_b'$

$v_{BE}'' = v_{BE} + v'_{BE} = h_{ii} i_b + h'_{ii} i_b' = h_{ii} i_b'' + h'_{ii} (i_b'' + \beta i_b'')$

$v_{BE}'' = [h_{ii} + h'_{ii}(1 + \beta)] i_b'' \Rightarrow h''_{ii} = h_{ii} + h'_{ii}(1 + \beta)$

Résistance d'entrée de T''

(e) Schéma équivalent du montage II (Emetteur Commun)



La résistance d'entrée $R_e = \frac{v_1}{i_1} = R_B // h_{ii}''$

$$\Rightarrow R_e = \frac{R_B h_{ii}''}{R_B + h_{ii}''} \Rightarrow R_e = \frac{R_B (h_{ii} + h_{ii}'(1+\beta))}{R_B + h_{ii} + h_{ii}'(1+\beta)}$$

(f) Amplification en courant =

$$A_i = \frac{i_2}{i_1}$$

$$i_1 = i_b'' + \frac{v_1}{R_B} = i_b'' + \frac{h_{ii}'' \cdot i_b''}{R_B} = \left(1 + \frac{h_{ii}''}{R_B}\right) i_b''$$

Diviseur de courant $\Rightarrow i_2 = \frac{R_c}{R_c + R} \cdot \beta'' i_b''$

$$A_i = \frac{\frac{R_c}{R_c + R} \beta''}{\left(1 + \frac{h_{ii}''}{R_B}\right)}$$

$$\Rightarrow A_i = \frac{R_c R_B \beta''}{(R_c + R)(R_B + h_{ii}'')}$$

* d'après l'exercice 8,

$$i_c'' = (\beta + \beta' + \beta\beta') i_b'' = \beta'' i_b''$$

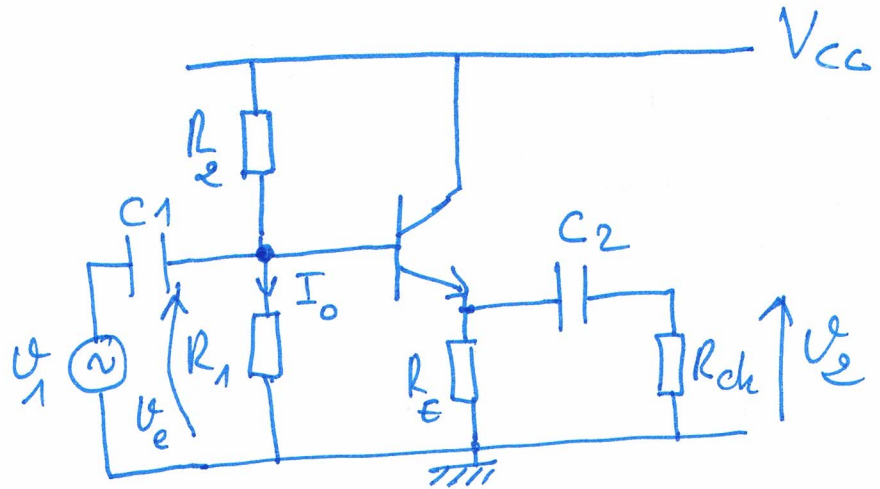
$$\Rightarrow \beta'' = \beta + \beta' + \beta\beta'$$

Exercice 13 (Solution)

Dans ce montage $h_{11} = 100 \Omega$, $\beta = 150$; h_{22}^{-1} infini

$$V_{CE_0} = 7,5V, \quad I_{C_0} = 75mA, \quad V_{BE} = 700mV$$

$$I_0 = 10 I_B$$



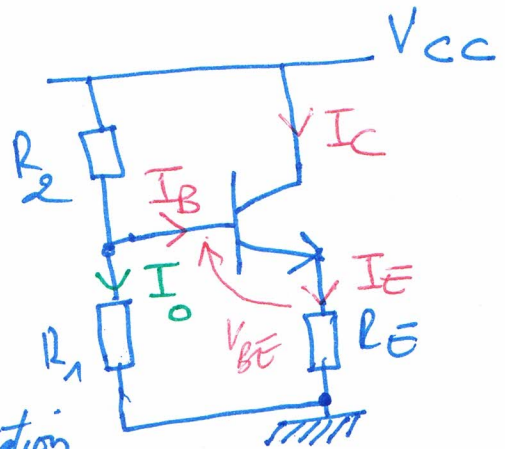
* Etude Statique

$C_1, C_2 \Rightarrow$ circuit ouvert

$$V_{CC} = 15V$$

• Type de l'amplificateur: "Collecteur commun"

- R_1, R_2, R_E : Résistances de polarisation
- V_{CC} : Source continue de polarisation
- C_1, C_2 : Condensateurs de liaison



• Calcul de R_E :

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

$$\Rightarrow R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE_0}}{\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) I_{C_0}} = \frac{15 - 7,5}{\left(\frac{1}{150} + 1\right) \cdot 75 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R_E \approx 100 \Omega$$

• Calcul de R_1, R_2 :

$$V_{CC} = R_1 I_0 + R_2 (I_0 + I_B) = 10 R_1 I_B + 11 R_2 I_B$$

$$R_1 \cdot I_0 = V_{BE} + R_E \left(\frac{1}{\beta} + 1\right) I_C = 10 R_1 I_B = \frac{10 R_1 I_C}{\beta}$$

$$10 R_1 I_c = \beta \left[V_{BE} + R_E \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) I_c \right]$$

$$R_1 = \frac{\beta \left[V_{BE} + R_E \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) I_{c0} \right]}{10 \cdot I_{c0}}$$

$$R_1 = \frac{150 \left[0,7 + 100 \left(\frac{1}{150} + 1 \right) \cdot 75 \cdot 10^{-3} \right]}{10 \cdot 75 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{R_1 = 1640 \Omega}$$

$$V_{CC} = 10 R_1 I_B + 11 R_2 I_B$$

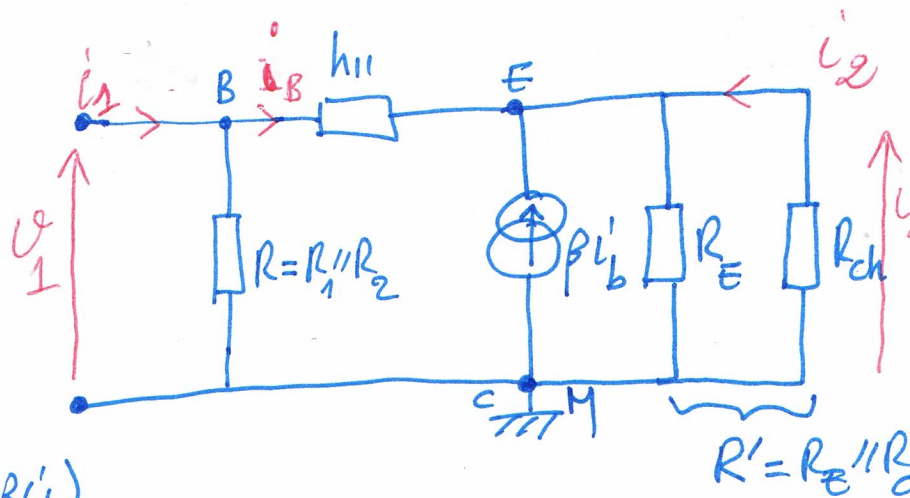
$$\Rightarrow R_2 = \frac{V_{CC} - 10 R_1 I_{B0}}{11 I_{B0}} = \frac{V_{CC} - 10 R_1 \frac{I_{c0}}{\beta}}{11 \frac{I_{c0}}{\beta}}$$

$$R_2 = \frac{\beta V_{CC} - 10 I_{c0} R_1}{11 I_{c0}} = \frac{150 \times 15 - 10 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{11 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}$$

$$\boxed{R_2 = 2,64 \text{ k}\Omega}$$

* Etude dynamique

• Schema equivalent :



• Equations de fonctionnement :

$$V_1 = h_{11} i'_b + R' (i'_b + \beta i'_b)$$

$$= [h_{11} + R' (1 + \beta)] i'_b$$

$$V_2 = R' (1 + \beta) i'_b$$

• Amplification en tension : $A_v = \frac{V_2}{V_1}$

$$\boxed{A_v = \frac{R' (1 + \beta)}{h_{11} + R' (1 + \beta)}}$$

• Résistance d'entrée:

$$R_e = \frac{U_1}{I_1} = R // \frac{U_1}{I_b} = R // [h_{11} + R'(1+\beta)]$$

$$R_e = \frac{R \cdot [h_{11} + R'(1+\beta)]}{R + h_{11} + R'(1+\beta)}$$

← Résistance d'entrée aux bornes de U_1

• Amplification en courant: $A_i = \frac{i_2}{i_1}$

$$I_1 = I_b + \frac{U_1}{R} = I_b + \frac{[h_{11} + R'(1+\beta)] I_b}{R}$$

Div. Courant $\Rightarrow I_2 = - \frac{R_E}{R_E + R_{ch}} \cdot (1+\beta) I_b$

\Rightarrow

$$A_i = \frac{- \frac{R_E}{R_E + R_{ch}} (1+\beta)}{1 + \frac{h_{11} + R'(1+\beta)}{R}}$$

$$A_i = \frac{-R_E \cdot R (1+\beta)}{(R_E + R_{ch}) [R + h_{11} + R'(1+\beta)]}$$

• Résistance de sortie: $R_s = \frac{U_s}{I_s}$

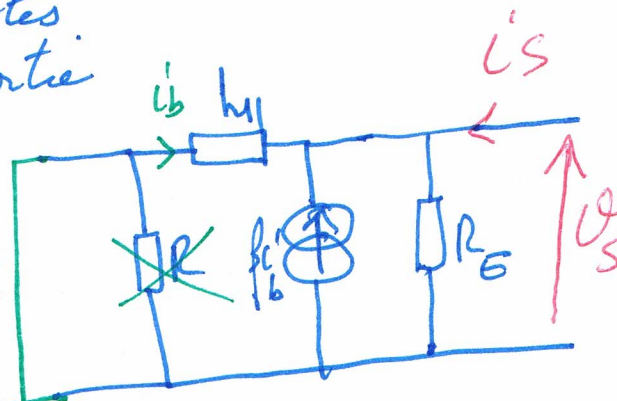
- Elever la charge.
- Supprimer les sources indépendantes.
- Appliquer une tension à la sortie.

$$U_s = -h_{11} I_b$$

$$I_s = \frac{U_s}{R_E} - (\beta+1) I_b = \frac{U_s}{R_E} + \frac{(\beta+1) \cdot U_s}{h_{11}}$$

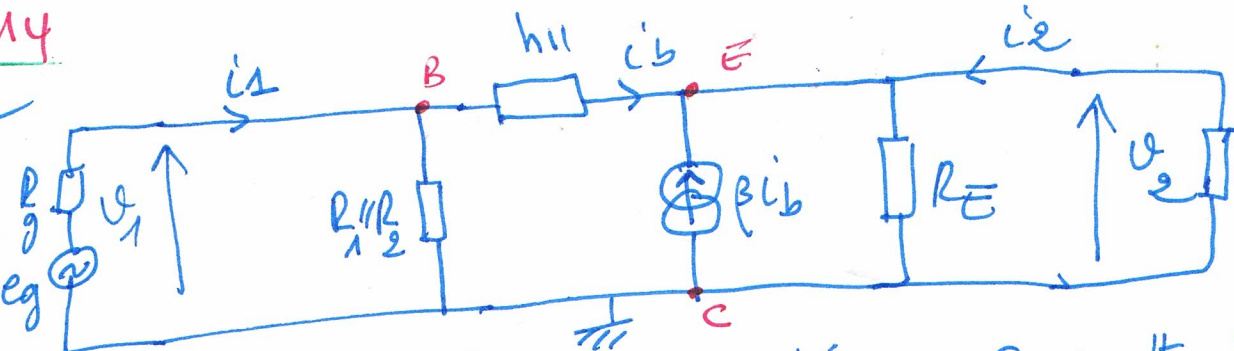
$$= \frac{R_E \left(\frac{1}{R_E} + \frac{\beta+1}{h_{11}} \right) U_s}{R_E h_{11}} = \frac{h_{11} + R_E (\beta+1)}{R_E h_{11}} U_s$$

$$\Rightarrow R_s = \frac{U_s}{I_s} = \frac{R_E h_{11}}{h_{11} + R_E (\beta+1)}$$



Exercice 14

(A) Montage Collecteur commun



(B) $A_v = \frac{V_2}{V_1}$

(R_C est découplée par C_e en alternatif)

$$V_2 = (R_E \parallel R) (\beta + 1) i_b$$

$$V_1 = [h_{11} + (R_E \parallel R) (\beta + 1)] i_b$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{(R_E \parallel R) (\beta + 1)}{[h_{11} + (R_E \parallel R) (\beta + 1)]}$$

$$R_E \parallel R = \frac{R_E R}{R_E + R}$$

$R_e = \frac{V_1}{i_1}$

$i_1 = i_b + \frac{V_1}{R_1 \parallel R_2}$

$= (R_1 \parallel R_2) \parallel \left(\frac{V_1}{i_b} \right) = (R_1 \parallel R_2) \parallel [h_{11} + (R_E \parallel R) (\beta + 1)]$

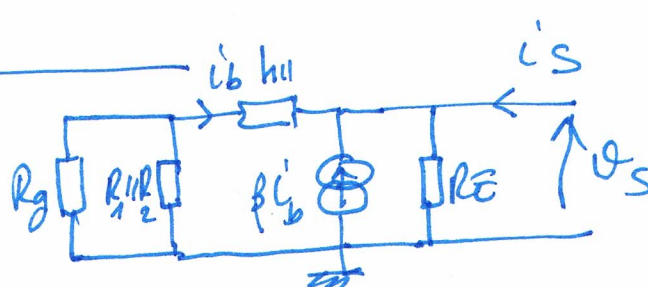
$$R_e = \frac{(R_1 \parallel R_2) [h_{11} + (R_E \parallel R) (\beta + 1)]}{(R_1 \parallel R_2) + h_{11} + (R_E \parallel R) (\beta + 1)}$$

et $R'_e = \frac{e_g}{i_1} = R_e + R_g$

• Résistance de sortie $R_s = \frac{V_s}{i_s}$

$V_s = - [h_{11} + (R_g \parallel R_1 \parallel R_2)] i_b$

$i_s = \frac{V_s}{R_E} - (\beta + 1) i_b$



$$\Rightarrow R_s = \frac{[h_{11} + (R_g \parallel R_1 \parallel R_2)] R_E}{h_{11} + (R_g \parallel R_1 \parallel R_2) + R_E (\beta + 1)}$$

• $A_i = \frac{i_2}{i_1}$

avec $i_1 = \frac{V_1}{R_1 \parallel R_2} + i_b = \frac{h_{11} + (R_E \parallel R) (\beta + 1)}{R_1 \parallel R_2} i_b$

$i_2 = \frac{R_E}{R_E + R} (\beta + 1) i_b$ "diviseur de courant"

$$\Rightarrow A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{R_E \cdot (R_1 \parallel R_2) (\beta + 1)}{(R + R_E) [h_{11} + (R_1 \parallel R_2) + (R_E \parallel R) (\beta + 1)]}$$