Faculté de Technologie, Université Sétif1
Départements EBT & Electronique
Module : Electronique Fondamentale 1

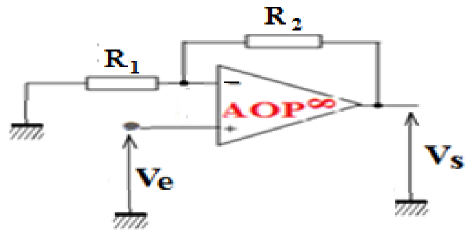
21/03/2018
2ème LMD
Temps alloué : 1H 30mn

Examen de Rattrapage d'EF1

Questions de cours (2Pts)

On donne le montage ci-contre où l'amplificateur **AOP est idéal.**

1. Déterminer V_s en fonction de la tension **d'entrée**.
2. Quel **avantage** présente ce **montage** si $R_1=R_2$ (Type et rôle)

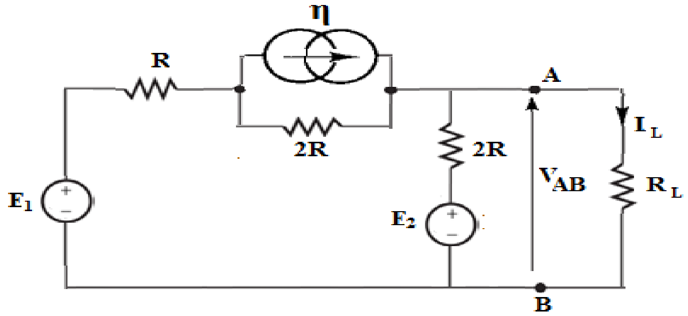


Exercice 01(5Pts)

Calculer la tension V_{AB} et l'intensité I_L traversant le dipôle **AB** en appliquant **<u>l'une ou les deux méthodes :</u>**

a) Le théorème de Millmann ou et
b) Le théorème Equivalence Thévenin - Norton ;

AN: $E_1=8V$, $E_2=20V$, $\eta=2A$, $R=2\Omega$ **et** $R_L=6\Omega$.



Exercice 02 (6Pts)

On considère le circuit **en double T** représenté ci-contre.

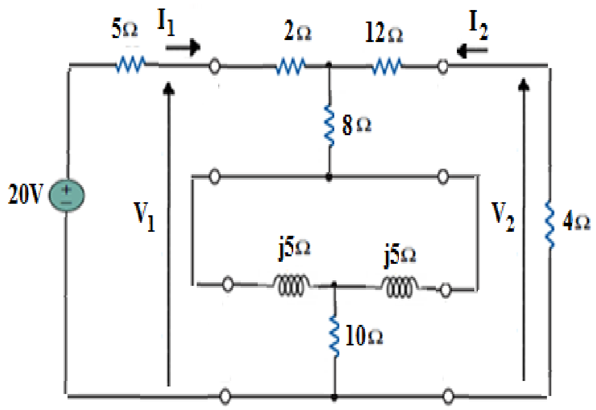
1) Préciser les deux **quadripôles associés Q_1 et Q_2** et leurs types d'association.

2) Déterminer les **matrices impédances** pour chaque quadripôles $[Z]_{Q1}$ **et** $[Z]_{Q2}$ **.** Déduire **le type** de chacun.

3) Déduire la **matrice impédance [Z] de Q équivalent.**

Le quadripôle **Q équivalent** est connecté à une **source (20V, 5Ω)** branchée à l'entrée et une **résistance Z_u de 4Ω** en sortie.

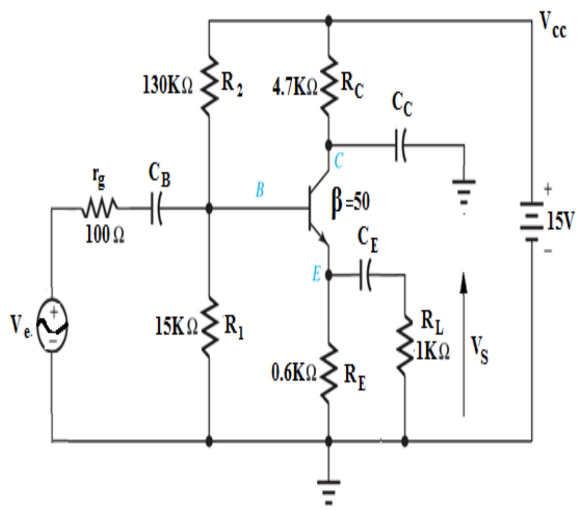
4) Calculer le gain en courant A_i et le gain en tension A_V



Exercice 03 (7Pts)

Soit le circuit **amplificateur** de la figure ci-contre. Le transistor est caractérisé en dynamique par ses paramètres hybrides : $h_{11}=0.5K\Omega$, $h_{21}=\beta=50$, $h_{12}=h_{22}=0$ **et** $V_{BE0}=0.7V$.

1. Déterminer et tracer la droite de charge statique **DCS**.
2. Déduire et calculer les coordonnés du point de fonctionnement (I_{c0}, V_{ce0}) au **milieu de la DCS.**
3. Déterminer son **schéma dynamique** en régime petits signaux et identifier son Montage type. Exprimer le rôle des condensateurs.
4. Calculer le gain en ten sion A_v en charge et à vide, l'impédance d'entrée Z_e et

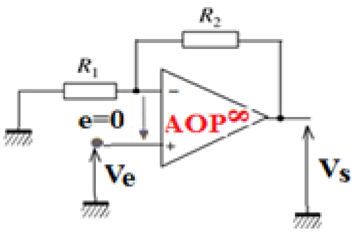


<u>Bonne Chance</u>

Faculté de Technologie, Université Sétif1 **21 /03/2018**
Départements EBT & Electronique **$2^{\text{ème}}$ LMD**
Module : Electronique Fondamentale 1 **Temps alloué : 1H30mn**

Solution Examen d'EF1

Solution Questions de cours : 2Pts



On a bien une contre réaction négative AOP idéal : e = 0 ==>

Avec $e = V^+ - V^- = 0 \quad \Longrightarrow V^+ = V^-$

$$V_e = V^+ \; et \; V^- = V_{R1} \;\Longrightarrow\; V_e = V_{R1}$$

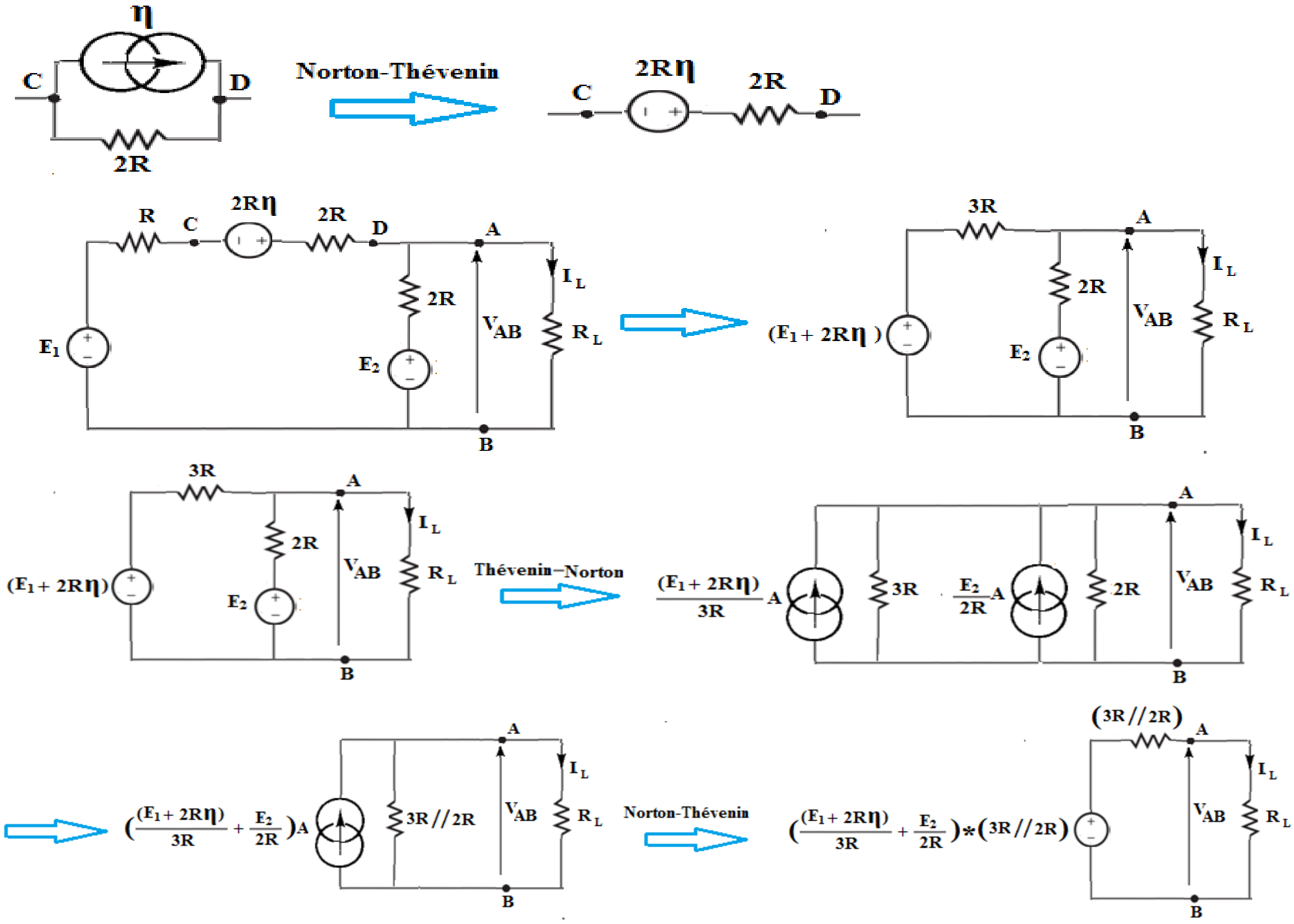
1) En appliquant le principe de diviseur de tension on a :

$$V_e = V_{R1} = V_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \Rightarrow V_s = V_e \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

2) $Si \; R_2 = R_1 \Rightarrow A_v = 2 \quad donc \quad V_s = 2 * V_e$ Montage suiveur (Signal de sortie est amplifié en double du signal d'entrée.)

Solution Exo01 : 5Pts

a) **Equivalence Thévenin Norton :**



$$I_{AB} = I_L = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L} \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} V_{th} = \left(\frac{E_1 + 2R\eta}{3R} + \frac{E_2}{2R}\right) * (3R/\,/\,2R\,) \\ R_{th} = \,(3R/\,/\,2R\,) \end{cases}$$

App Num :E_1=8V, E_2=20V, η=2A, R=2Ω et R_L=6Ω.

$$R_{th} = \,(3R/\,/\,2R\,) = \frac{6 * 4}{6 + 4} = 2.4\Omega$$

$$V_{th} = \left(\frac{E_1 + 2R\eta}{3R} + \frac{E_2}{2R}\right) * (3R/\,/\,2R\,) = \left(\frac{8 + 2 * 2 * 2}{3 * 2} + \frac{20}{2 * 2}\right) * 2.4 = 18.4V$$

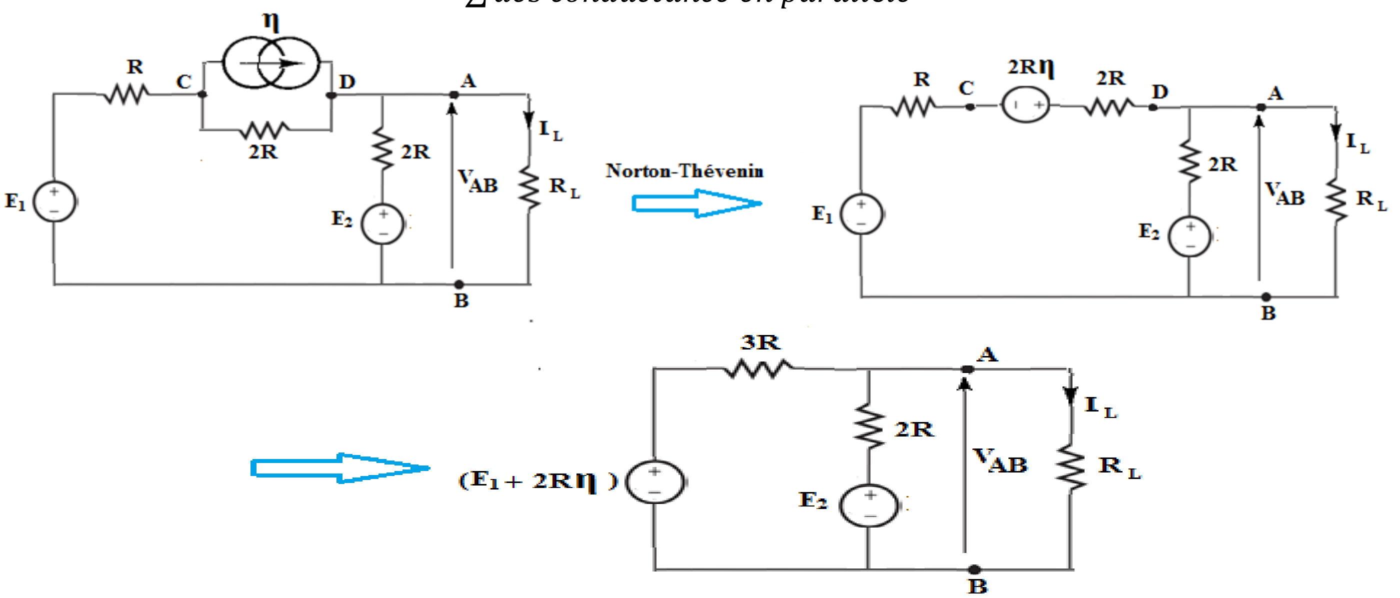
$$\Longrightarrow I_{AB} = I_L = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{18.4}{2.4 + 6} = 2.19A$$

$$\Longrightarrow \quad V_{AB} = \frac{R_L}{R_{th} + R_L} V_{th} = \frac{6}{2.4 + 6} 18.4 = 13.14V$$

b) Millmann :

L'application du théorème de Millman permet de calculer directement la tension V_{AB} :

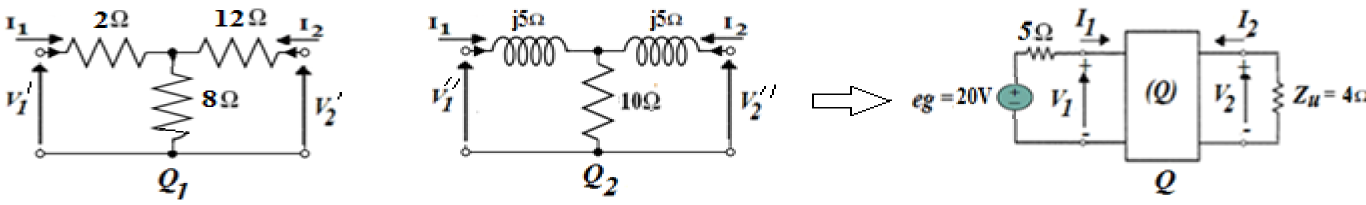
$$V_{AB} = \frac{\sum des\ sources\ de\ courants}{\sum des\ conductance\ en\ parallèle}$$



$$V_{AB} = \frac{\left(\frac{E_1 + 2R\eta}{3R} + \frac{E_2}{2R} + \frac{0}{R_L}\right)}{\left(\frac{1}{3R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{R_L}\right)} = \frac{\frac{8 + 2 * 2 * 2}{3 * 2} + \frac{20}{2 * 2} + \frac{0}{6}}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}} = 13.14V$$

La loi d'Ohm : $V_{AB} = 6 * I_{AB} \quad \Rightarrow \quad I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_L} = \frac{13.14}{6} = 2.19A$

Solution Exo02 : 6Pts



Les paramètres $[Z_1]$ du Q_1 (Fig.a) :

$$(I) \quad \begin{cases} V_1 = Z_{11}\, I_1 + Z_{12}\, I_2 \\ V_2 = Z_{21}\, I_1 + Z_{22}\, I_2 \end{cases} \qquad \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} Z_{11} = \dfrac{V_1}{I_1} & quand\ I_2 = 0 & \Rightarrow Z_{11} = 10\Omega \\ Z_{12} = \dfrac{V_1}{I_2} & quand\ I_1 = 0 & \Rightarrow Z_{12} = 8\Omega \\ Z_{21} = \dfrac{V_2}{I_1} & quand\ I_2 = 0 & \Rightarrow Z_{21} = 8\Omega \\ Z_{22} = \dfrac{V_2}{I_2} & quand\ I_1 = 0 & \Rightarrow Z_{22} = 20\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ Matrice\ \ Z\ de\ Q_1 \ \Rightarrow \begin{cases} V_1 = 10 I_1 + 8\, I_2 \\ V_2 = 8\, I_1 + 20 I_2 \end{cases} \qquad \Rightarrow [\boldsymbol{Z}]_{\boldsymbol{Q1}} = \begin{pmatrix} \mathbf{10} & \mathbf{8} \\ \mathbf{8} & \mathbf{20} \end{pmatrix}$$

$\boldsymbol{Z_{12} = Z_{21}}$ ***Alors*** **Le quadripôle Q1 est réciproque**

$$\Rightarrow \; Matrice \;\; Z \; de \; Q_2 \;\Rightarrow \begin{cases} V_1 = (10+j5)I_1 + 10I_2 \\ V_2 = 10\,I_1 + (10+j5)I_2 \end{cases} \qquad \Rightarrow [\boldsymbol{Z}]_{\boldsymbol{Q2}} = \begin{pmatrix} (\mathbf{10}+\boldsymbol{j}\mathbf{5}) & \mathbf{10} \\ \mathbf{10} & (\mathbf{10}+\boldsymbol{j}\mathbf{5}) \end{pmatrix}$$

$\boldsymbol{Z_{11} = Z_{22}}$ ***et*** $\boldsymbol{Z_{12} = Z_{21}}$ ***Alors le*** **Quadripôle Q2 est symétrique et réciproque**

Q_1 et Q_2 sont en série : $[Z]_Q = [Z]_{Q1} + [Z]_{Q2}$

$$\boldsymbol{Matrice\ de\ Q_1 en\ série\ avec\ Q_2} \Rightarrow [\boldsymbol{Z}]_{\boldsymbol{eq}} = \begin{pmatrix} (\mathbf{20}+\boldsymbol{j}\mathbf{5}) & \mathbf{18} \\ \mathbf{18} & (\mathbf{30}+\boldsymbol{j}\mathbf{5}) \end{pmatrix}$$

a) Gain en tension : $A_v = \frac{V_2}{V_1}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \boldsymbol{V_1} = (\mathbf{20}+\boldsymbol{j}\mathbf{5})\boldsymbol{I_1} + \mathbf{18}\,\boldsymbol{I_2} & (1) \\ \boldsymbol{V_2} = \mathbf{18}\,\boldsymbol{I_1} + (\mathbf{30}+\boldsymbol{j}\mathbf{5})\boldsymbol{I_2} & (2) \end{cases} \quad \boldsymbol{et} \quad \begin{cases} \textbf{A l'entrée : } \boldsymbol{V_1} = \boldsymbol{e_g} - \mathbf{5}\boldsymbol{I_1} & (3) \\ \textbf{A La sortie : } \boldsymbol{V_2} = -\mathbf{4}\boldsymbol{I_2} & (4) \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{-V_2}{4} \quad et \;\; V_2 = 18\,I_1 + (30+j5)I_2 \quad \Rightarrow V_2 = 18\,I_1 + (30+j5)\,(\frac{-V_2}{4})$$

$$\Rightarrow I_1 = V_2(0.47 + j0.069) \quad (5)$$

$En\ remplacant\ \ I_1\,, I_2\ dans\ V_1\ \ on\ aura$:

$$V_1 = (20+j5)V_2(0.47+j0.069) + 18\,(\frac{-V_2}{4})$$

$$\Rightarrow V_1 = V_2(4.555 + j3.75)$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{(4.555+j3.75)} = \frac{1\ /\ \ 0°}{5.90\ /39.46°} = 0.17/-39.46° = 0.17/\ 140.54°$$

b) Gain en courant :

$$A_i = \frac{I_2}{I_1}\ , \quad (2) = (4) \Rightarrow \quad 18\,I_1 + (30+j5)I_2 = -4I_2$$

$$\Rightarrow 18\,I_1 = -I_2(34+j5)$$

$$\Rightarrow A_i = \frac{I_2}{I_1} = -\frac{18}{(34+j5)} = -\frac{18/\ 0°}{34.36/8.36°} = -0.52/\ -8.36\,° = -0.52\ \ /171.64°$$

Solution Exo03 : 7Pts

1) **Droite de charge statique : I_C= f(V_{CE})**

En statique : tension d'entrée V_e=0V et les condensateurs sont remplacés par des circuits ouverts.

1.1.Schéma équivalent en statique :

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E \ldots\ldots (1)$$

$$I_E = I_C + I_B = I_C + \frac{I_C}{\beta} = (1+\frac{1}{\beta})I_C$$

$$\beta = 50 \;\Rightarrow\; I_E = (1+\frac{1}{\beta})I_C \qquad (1) \Rightarrow V_{CC} = (R_C + R_E(1+\frac{1}{\beta}))I_C + V_{CE}$$

$$\Rightarrow I_C = -\frac{1}{(R_C+R_E(1+\frac{1}{\beta}))}V_{CE} + \frac{V_{CC}}{(R_C+R_E(1+\frac{1}{\beta}))} = -\frac{1}{5.32K}V_{CE} + \frac{15}{5.32K}$$

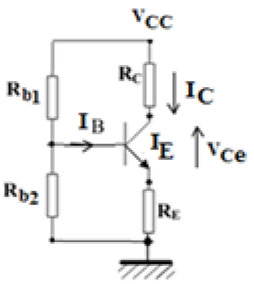
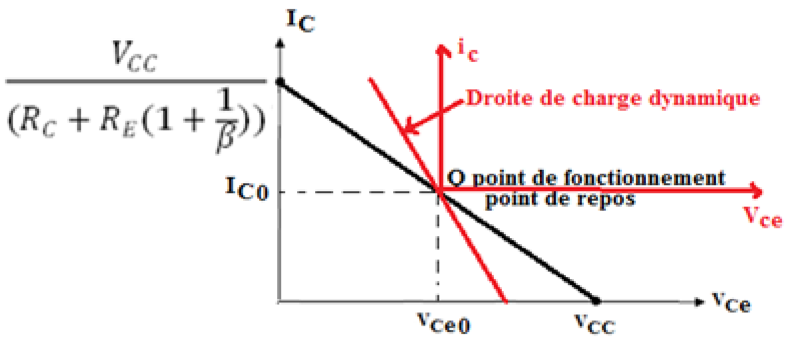


Schéma équivalent en statique



Droite de charge statique et dynamique

2. **Point de repos :**

On choisit le point de repos au milieu de la droite de charge statique :

$$\begin{cases} V_{CE0} = \dfrac{V_{CC}}{2} = 7.5V \\ I_{CE0} = \dfrac{V_{CC}}{2(R_C + R_E(1+\frac{1}{\beta}))} = \dfrac{15}{2 * 5.32K} = 1.41mA \end{cases}$$

3. **Schéma équivalent en dynamique : (Petits signaux):**

En dynamique : tension V_{cc}=0V et les condensateurs sont remplacés par des interrupteurs fermés.
C'est un montage **Collecteur commun à R_C découplée.**
Le rôle des condensateurs C_e et C_s sont des capacités de liaison alors que C_c est la capacité de découplage (élimine l'effet de la résistance R_c en dynamique en régime petits signaux.

Montage Collecteur commun R_C découple

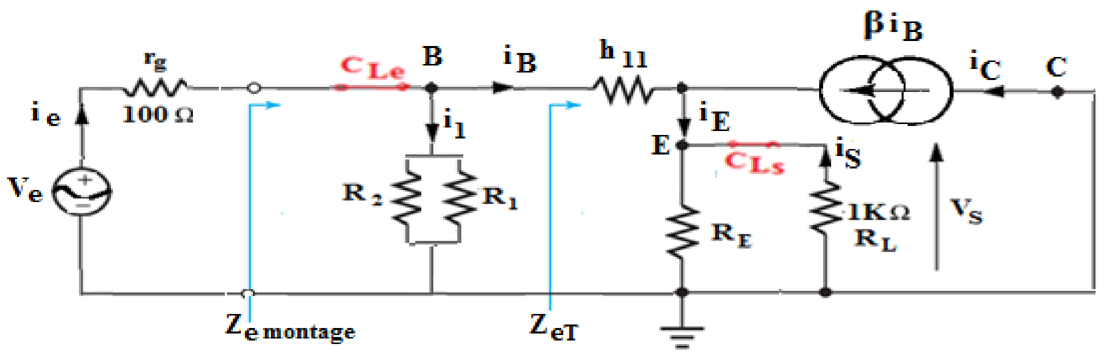


Schéma équivalent en dynamique (Petis signaux)

4. **Paramètres de l'amplificateur :**

a) Gain en tension en charge :

$A_v = \frac{V_S}{V_e}$, on pose $R_B = (R_1 // R_2) = \frac{130K * 15K}{145K} = 13.45K$

$$V_S = (R_E // R_L) i_E \quad \Rightarrow V_S = (R_E // R_L) * (\beta+1) i_B \ldots . .(1)$$

$$V_{RB} = [h_{11} + (R_E // R_L)(\beta+1)] i_B = Z_{eT} * i_B \quad (2) \quad \Longrightarrow Z_{eT} = [h_{11} + (R_E // R_L)(\beta+1)]$$

$$V_e = V_{RB} + r_g i_e \quad \Longrightarrow \quad V_{RB} = V_e - r_g * i_e \quad (3)$$

$$\begin{cases} Noeud\ B: \ i_e = i_1 + i_B \quad \Longrightarrow \quad i_B = i_e - i_1 \quad (4) \\ i_1 = \dfrac{\frac{1}{R_B}}{\frac{1}{R_B} + \frac{1}{Z_{eT}}} i_e = \dfrac{Z_{eT}}{(Z_{eT} + R_B)} i_e \quad (5) \quad \ldots \ldots \ Diviseur\ de\ courant\ . \end{cases}$$

(5) dans (4) Donne: $i_B = i_e - i_1 = i_e \left(1 - \frac{Z_{eT}}{(Z_{eT} + R_B)}\right) = i_e \left(\frac{R_B}{(Z_{eT} + R_B)}\right) \ldots \ldots \ldots . .(6)$

$$\Longrightarrow i_e = i_B \left(\frac{Z_{eT} + R_B}{R_B}\right) \quad (7)$$

(2) et (7) dans (3) donne :

$$V_e = V_{RB} + r_g i_e \quad \Longrightarrow \quad V_e = [Z_{eT} + r_g * \left(\frac{Z_{eT} + R_B}{R_B}\right)] \, i_B \quad (8)$$

$$\frac{1}{8} \Rightarrow A_v(en\ charge) = \frac{V_S}{V_e} \quad \Rightarrow A_v = \frac{(R_E // R_L) * (\beta+1)}{Z_{eT} + r_g * \left(\frac{Z_{eT} + R_B}{R_B}\right)}$$

$R_E // R_L = \frac{0.6K * 1K}{1.6K} = 0.375K\Omega$

$$\Longrightarrow Z_{eT} = [h_{11} + (R_E // R_L)(\beta+1)] = [0.5K + (0.375K * 51) = 19.625K\Omega$$

$$\Rightarrow A_v(en\ charge) = \frac{V_S}{V_e} \quad \Rightarrow A_v = \frac{0.375K * 51}{19.625K + 100 * (\frac{19.625K + 13.45K}{13.45K})} = 0.96 \leq 1$$

b) Gain en tension à vide :

$$\Rightarrow A_v(\grave{a}\ vide\ ) = \frac{V_S}{V_e} \quad \Rightarrow A_v = \frac{R_E * (\beta+1)}{Z_{eT} + r_g * \left(\frac{Z_{eT}\ + R_B}{R_B}\right)}$$

$$\Rightarrow A_v(\grave{a}\ vide) = \frac{V_S}{V_e} \quad \Rightarrow A_v = \frac{0.6K * 51}{19.62\text{K} + 100 * (\frac{19.62\text{K} + 13.45\text{K}}{13.45\text{K}})} = 1.53$$

c) Impédance d'entrée :

$$Z_e = \frac{V_e}{i_e}\Big| pour\ is = 0$$

$$Z_{eT} = \frac{V_B}{i_B}\Big| \quad \Longrightarrow Z_{eT} = [h_{11} + (R_E\ / /\ R_L)(\beta+1)] = 19.625\text{K}\Omega$$

$$\Rightarrow Z_{eMont} = \frac{V_e}{i_e} = [r_g + (R_B\ / / Z_{eT})]$$

$$\Rightarrow Z_{eMont} = [r_g + (R_B\ / /[h_{11} + (R_E\ / /\ R_L)(\beta+1)])]$$

$$\Rightarrow Z_{eMont} = \frac{V_e}{i_e} = [100 + 13.45K\ /\ /\ \ 19.625\text{K}\Omega\ ] = 8.08K\Omega$$ (Z_e est forte)

d) Impédance de sortie :

$$Z_s = \frac{V_S}{i_S}\Big| \quad pour\ V_e = 0$$ **Z_S :** résistance de Thévenin vue par la charge **R_L**

Montage Collecteur commun R_C découple

Calcul de Z_S

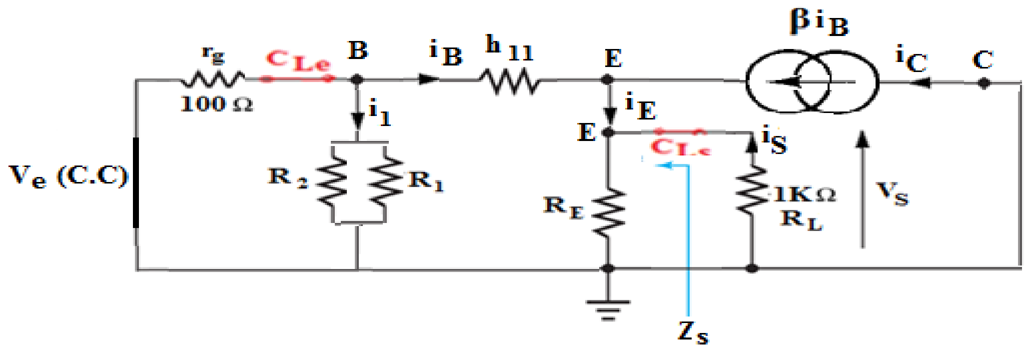


Schéma équivalent en dynamique (Petis signaux)

$$\begin{cases} Noeud\ E\colon\ \dfrac{V_S}{R_E} = i_S + i_E \quad et \quad V_S + [(r_g/\ /R_B) + h_{11}]i_B = 0 \\ i_B\ = \dfrac{-V_S}{[(r_g\ / /R_B\ \ ) + h_{11}]} \quad et \quad i_E\ = \ (\beta+1)i_B \\ Noeud\ E\colon\ \dfrac{V_S}{R_E} = i_S + (\beta+1)\dfrac{-V_S}{[(r_g\ / /R_B\ \ ) + h_{11}]} \end{cases}$$

$$\Longrightarrow V_S\left[\frac{1}{R_E} + \frac{(\beta+1)}{[(r_g\ / /R_B\ \ )+h_{11}]}\right] = i_S \qquad \Longrightarrow Z_S = \frac{V_S}{i_S} = \frac{1}{\left[\frac{1}{R_E} + \frac{(\beta+1)}{[(r_g\ / /R_B\ \ )+h_{11}]}\right]}$$

$$Z_S = \frac{V_S}{i_S} = \ R_E\ / /\frac{(r_g/\ /R_B) + h_{11}}{(\beta+1)} \ = \ 0.6K\Omega$$

Application numérique :

$(r_g/\ /R_B) = 99.261\ \Omega;$ et $\frac{(r_g/\ /R_B)+h_{11}}{(\beta+1)} = 11.75$

$$\Longrightarrow Z_S = \frac{V_S}{i_S} = R_E/\ /\frac{(r_g/\ /R_B)+h_{11}}{(\beta+1)} \ = \ \frac{0.5K*11.75}{0.5K+11.75} = 11.48\Omega$$ **(Z_S est faible)**

Bonne compréhension