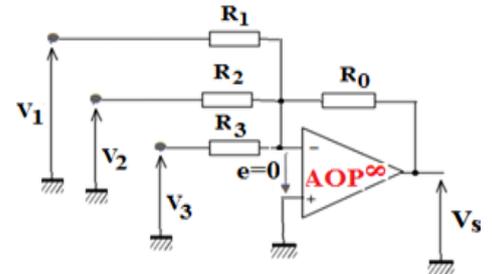


Examen de remplacement d'EF1

Questions de cours (4Pts)

On donne les montages ci-contre où l'amplificateur AOP est idéal.

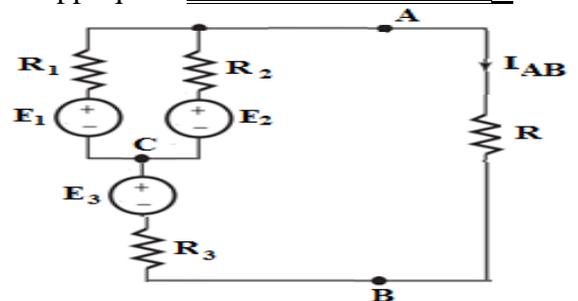
- Déterminer V_s en fonction de la tension d'entrée.
Prendre $R_0 = R_1 = R_2 = R_3$
- Quel avantage présente ce montage (rôle).



Exercice 01(4Pts)

Calculer la tension V_{AB} et l'intensité I_{AB} traversant le dipôle AB en appliquant l'une des méthodes :

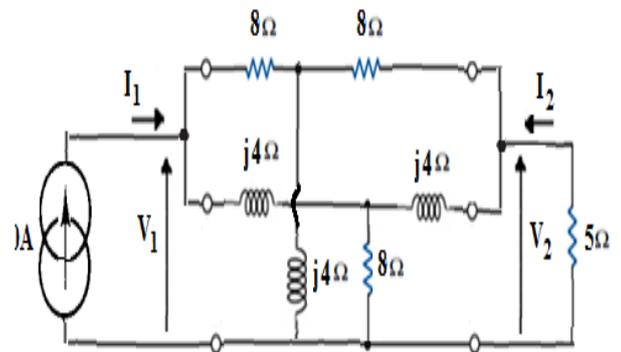
- Le théorème de Millmann
 - Le théorème Equivalence Thévenin - Norton ;
- AN: $E_1=4V$, $E_2=2V$, $E_3=3V$, $R_1= R_2= R_3=2\Omega$ et $R=10\Omega$.



Exercice 02 (5Pts)

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

- Préciser les deux quadripôles associés Q_1 et Q_2 et leurs types d'association.
 - Déterminer les matrices admittances pour chaque quadripôles $[Y]_{Q1}$ et $[Y]_{Q2}$. Déduire le type de chacun.
 - Déduire la matrice admittance $[Y]$ de Q équivalent.
- Le quadripôle Q équivalent est connecté à une source de courant 10A branchée à l'entrée et une résistance Z_u de 5Ω en sortie.



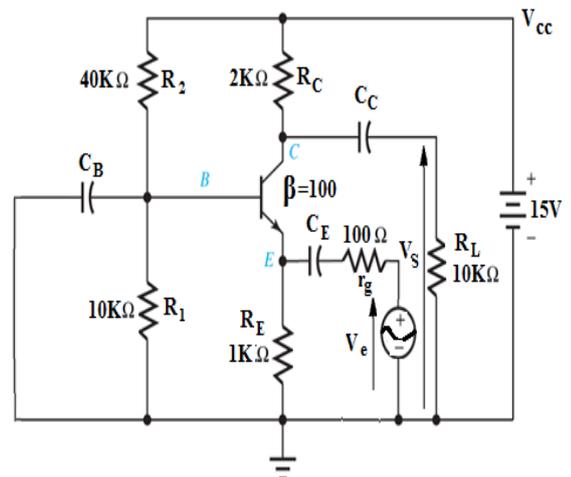
- Calculer le gain en courant $A_i = \frac{I_2}{I_1}$ et le gain en tension

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} ;$$

Exercice 03 (7Pts)

Soit le circuit amplificateur de la figure ci-contre. Le transistor est caractérisé en dynamique par les paramètres hybrides : $h_{11}=1.5K\Omega$, $h_{21}=\beta=100$, $h_{12}=h_{22}=0$ et $V_{BE0}=0.7V$.

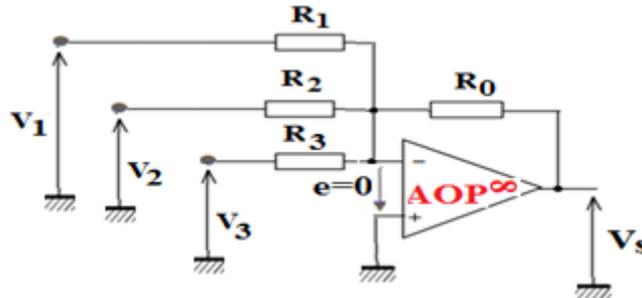
- Déterminer et tracer la droite de charge statique DCS.
- Déduire et calculer les coordonnées du point de fonctionnement (I_{c0} , V_{ce0}) au milieu de la DCS.
- Déterminer son schéma dynamique en régime petits signaux et identifier son Montage type. Exprimer le rôle des condensateurs.
- Calculer le gain en tension : en charge et à vide $A_v=V_s/V_e$. l'impédance d'entrée Z_e , et l'impédance de sortie Z_c .



Bonne Chance

Solution Examen de Remplacement d'EF1

Solution Questions de cours (4Pts)



- 1) (AOP idéal) $\implies e = V^+ - V^- = 0 \implies V^+ = V^-$ et $I^+ = I^- = 0$
 On a $V^+ = 0$ et $I^+ = I^- = 0$

En appliquant le théorème de Millman on a :

On a bien une contre réaction négative (AOP idéal) $\implies e = 0$

le potentiel $V^- = e + V^+$ avec $e = 0$ donc $V^+ = V^- = 0$

$$V^- = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_s}{R_0}}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_0}\right)} = V^+ = 0 \implies V_s = -R_0 \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

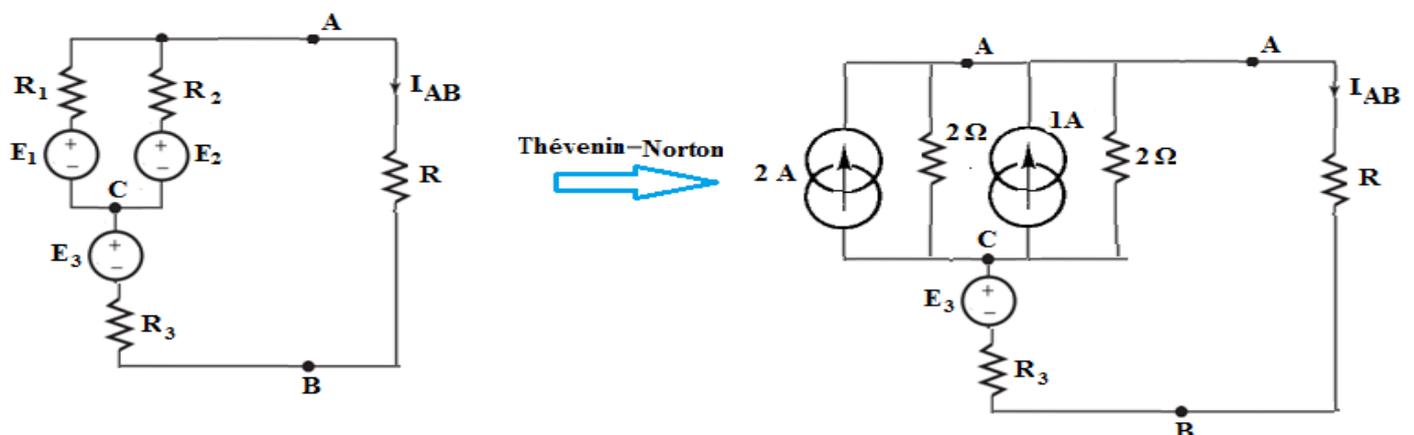
Et si on prend $R_0 = R_1 = R_2 = R_3$ on a :

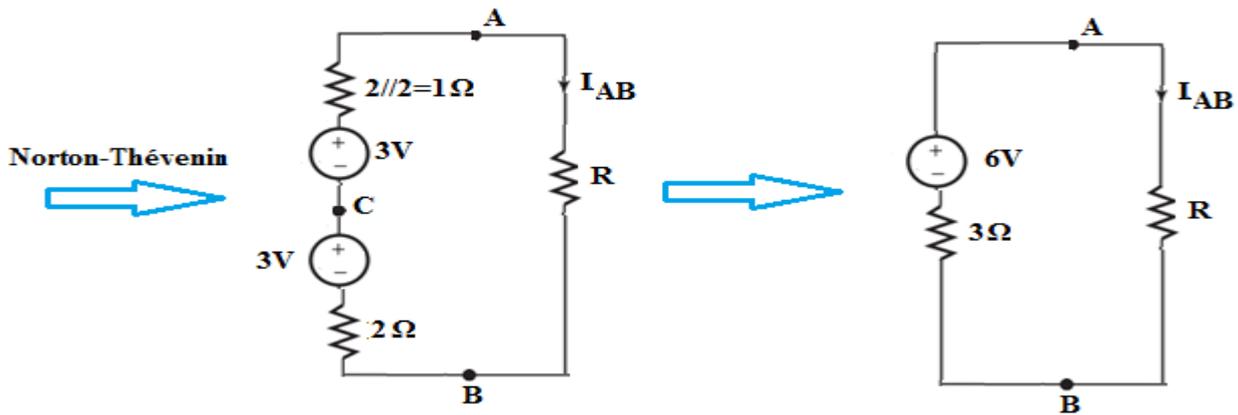
$$\implies V_s = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

- 2) C'est un **montage amplificateur Sommateur inverseur** On peut éliminer le signe - en ajoutant un étage inverseur à la sortie de l'amplificateur Sommateur.

Solution Exo01 : 4Pts

a) Equivalence Thévenin Norton :





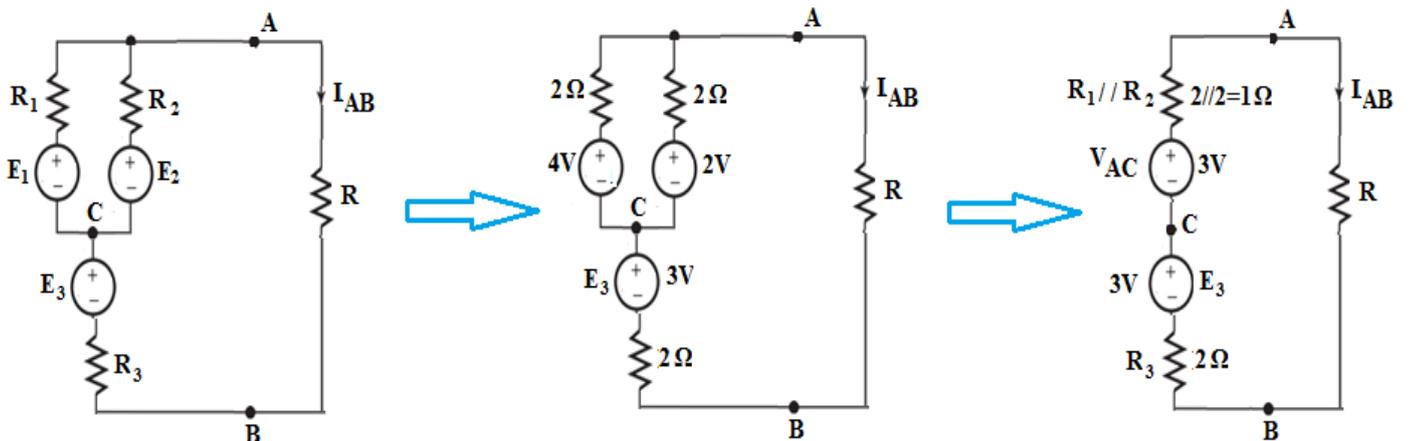
Donc le générateur de Thévenin équivalent est : $V_{th} = 6V$ et $R_{th} = 3\Omega$

$$I_{AB} = \frac{V_{th}}{R_{th} + R} = \frac{6}{10 + 3} = 0.461A ; V_{AB} = \frac{R}{R_{th} + R} V_{th} = \frac{10}{10 + 3} 6 = 4.61$$

b) Millmann :

L'application du théorème de Millman permet de calculer directement la tension U_{BA} :

$$U_{BA} = \frac{\sum \text{des sources de courants}}{\sum \text{des conductance en parallèle}}$$

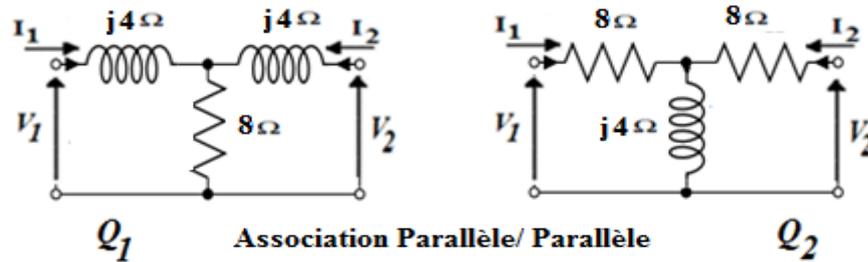


$$V_{Ac} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{4}{2} + \frac{2}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = 3V$$

$$V_{AB} = \frac{\frac{V_{Ac} + E_3}{(R_1 // R_2) + R_3} + \frac{0}{R}}{\frac{1}{(R_1 // R_2) + R_3} + \frac{1}{R}} = \frac{\frac{6}{3} + \frac{0}{10}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{10}} = \frac{60}{13} = 4.61V$$

La loi d'Ohm : $V_{AB} = R * I_{AB} \Rightarrow I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R} = \frac{4.61}{10} = 0.461A$

Solution Exo02 : 4Pts



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

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

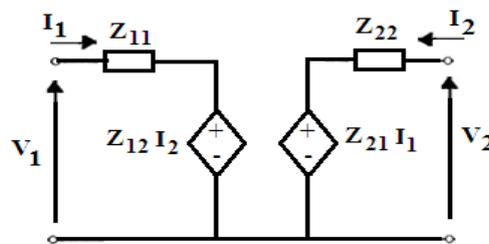
$$\begin{cases} Z_{11} = \frac{V_1}{I_1} \text{ quand } I_2 = 0 \Rightarrow Z_{11} = (8 + j4)\Omega \\ Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \text{ quand } I_1 = 0 \Rightarrow Z_{12} = 8\Omega \\ Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \text{ quand } I_2 = 0 \Rightarrow Z_{21} = 8\Omega \\ Z_{22} = \frac{V_2}{I_2} \text{ quand } I_1 = 0 \Rightarrow Z_{22} = (8 + j4)\Omega \end{cases}$$

$Z_{11} = Z_{22}$ et $Z_{12} = Z_{21}$ Alors Q_1 et Q_2 sont des Quadripôles symétriques et réciproques

$$\Rightarrow \text{Matrice de } Q_1 \Rightarrow \begin{cases} V_1 = (8 + j4)I_1 + 8 I_2 \\ V_2 = 8 I_1 + (8 + j4)I_2 \end{cases} \Rightarrow [Z]_1 = \begin{pmatrix} (8 + j4) & 8 \\ 8 & (8 + j4) \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \text{Matrice de } Q_2 \Rightarrow \begin{cases} V_1 = (8 + j4)I_1 + j4 I_2 \\ V_2 = j4 I_1 + (8 + j4)I_2 \end{cases} \Rightarrow [Z]_2 = \begin{pmatrix} (8 + j4) & j4 \\ j4 & (8 + j4) \end{pmatrix}$$

Schéma équivalent de chacun :



Q_1 et Q_2 sont associés Parallèle/Parallèle : $\Rightarrow [Y]_{eq} = [Y]_1 + [Y]_2$

$$\Rightarrow [Y]_1 = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} Z_{22} & -Z_{12} \\ -Z_{21} & Z_{11} \end{pmatrix} \text{ Avec } \Delta = Z_{22}Z_{11} - Z_{12}Z_{21} = -16 + j64$$

$$\Rightarrow [Y]_1 = \begin{pmatrix} (0.03 - j0.13) & (0.03 + j0.117) \\ (0.03 + j0.117) & (0.03 - j0.13) \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow [Y]_2 = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} Z_{22} & -Z_{12} \\ -Z_{21} & Z_{11} \end{pmatrix} \text{ Avec } \Delta = Z_{22}Z_{11} - Z_{12}Z_{21} = 64 + j64$$

$$\Rightarrow [Y]_2 = \begin{pmatrix} (0.093 - j0.031) & -(0.031 + j0.031) \\ -(0.031 + j0.031) & (0.093 - j0.031) \end{pmatrix}$$

Matrice de Q_1 en Parallèle avec $Q_2 \Rightarrow [Y]_{eq} = [Y]_1 + [Y]_2$

$$\Rightarrow [Y]_{eq} = \begin{pmatrix} (0.123 - j0.161) & (-0.001 + j0.086) \\ (-0.001 + j0.086) & (0.123 - j0.161) \end{pmatrix}$$

a) Gain en tension :

$$A_v = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_1 = (0.123 - j0.161)V_1 + (-0.001 + j0.086)V_2 & \textcircled{1} \\ I_2 = (-0.001 + j0.086)V_1 + (0.123 - j0.161)V_2 & \textcircled{2} \end{cases} \text{ et } \begin{cases} \text{A l'entrée : } I_1 = 10\text{A} & \textcircled{3} \\ \text{A La sortie : } V_2 = -5I_2 & \textcircled{4} \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{-V_2}{5} \text{ et } I_2 = (-0.001 + j0.086)V_1 + (0.123 - j0.161)V_2$$

$$\Rightarrow \frac{-V_2}{5} = (-0.001 + j0.086)V_1 + (0.123 - j0.161)V_2$$

$$\Rightarrow V_2(0.323 + j0.161) = (-0.001 + j0.086)V_1$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{(-0.001 + j0.086)}{(0.323 + j0.161)} = \frac{\quad / \quad 0^\circ}{\quad / \quad \quad^\circ} =$$

b) Gain en courant :

$$A_i = \frac{I_2}{I_1}, \quad I_1 = (0.123 - j0.161)V_1 + (-0.001 + j0.086)V_2$$

$$\text{et } V_1 = \frac{V_2}{A_v}$$

$$\Rightarrow I_1 = (0.123 - j0.161)\frac{V_2}{A_v} + (-0.001 + j0.086)V_2$$

$$\Rightarrow I_1 = V_2 \left[\frac{(0.123 - j0.161)}{A_v} + (-0.001 + j0.086) \right]$$

$$\text{et on a } I_2 = (-0.001 + j0.086)V_1 + (0.123 - j0.161)V_2$$

$$\Rightarrow I_2 = (-0.001 + j0.086)\frac{V_2}{A_v} + (0.123 - j0.161)V_2$$

$$\Rightarrow I_2 = V_2 \left[\frac{(-0.001 + j0.086)}{A_v} + (0.123 - j0.161) \right]$$

$$\Rightarrow A_i = \frac{I_2}{I_1} = \frac{\left[\frac{(-0.001 + j0.086)}{A_v} + (0.123 - j0.161) \right]}{\left[\frac{(0.123 - j0.161)}{A_v} + (-0.001 + j0.086) \right]}$$

$$\Rightarrow A_i = \frac{I_2}{I_1} = \frac{\quad / \quad \quad^\circ}{\quad / \quad \quad^\circ} = \quad / \quad \quad^\circ$$

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 interrupteurs ouverts.

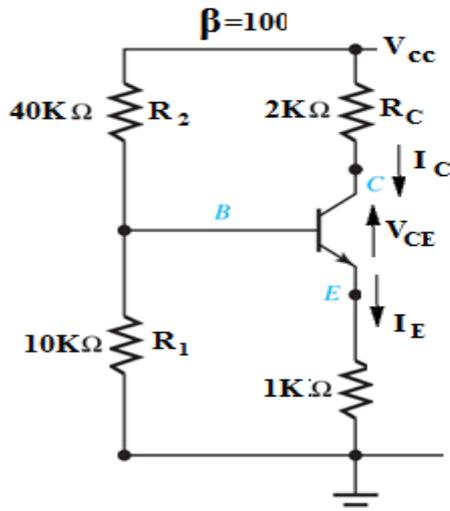
1.1. Schéma équivalent en statique :

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

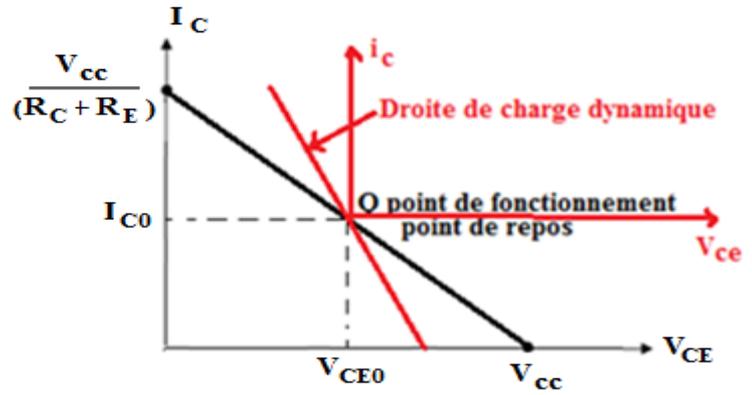
$$I_E = I_C + I_B = I_C + \frac{I_C}{\beta} = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C$$

$$\beta = 100 \Rightarrow I_E = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C \approx I_C \quad (1) \Rightarrow V_{CC} = (R_C + R_E) I_C + V_{CE}$$

$$\Rightarrow I_C = -\frac{1}{(R_C + R_E)} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{(R_C + R_E)} = -\frac{1}{3K} V_{CE} + \frac{15}{3K} : \text{équation DCS}$$



Montage 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 :

$$\begin{cases} V_{CE0} = \frac{V_{CC}}{2} = 7.5V \\ I_{CE0} = \frac{V_{CC}}{2(R_C + R_E)} = \frac{15}{2 * 3K} = 2.5mA \end{cases}$$

3. Droite de charge dynamique : $i_c = f(V_{ce})$

En dynamique : tension $V_{cc} = 0V$ et les condensateurs sont remplacés par des interrupteurs fermés.

3.1. Schéma équivalent en dynamique :

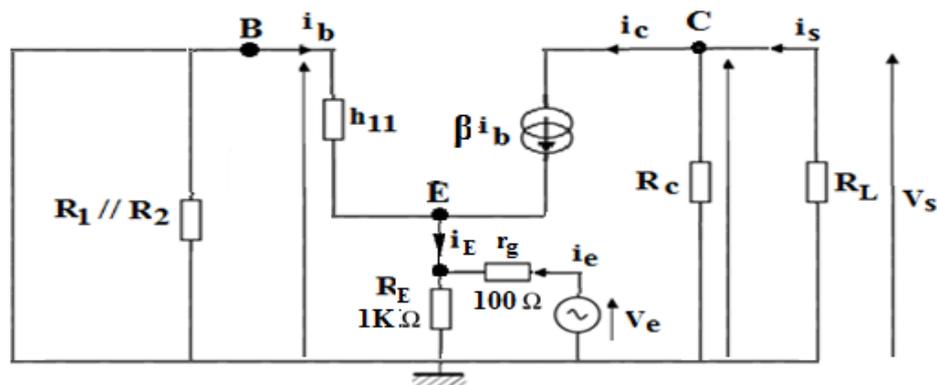
$$(R_C + R_E)i_C + V_{ce} = 0 \dots \dots (2)$$

$$\Rightarrow i_C = -\frac{1}{(R_C + R_E)}V_{CE}$$

4. Paramètres de l'amplificateur :

Il faut remplacer le schéma équivalent en dynamique :

Montage Base Commune
Schéma équivalent en dynamique



C'est un montage **Base Commune**.

Le rôle des condensateurs C_e et C_s sont des capacités de liaison en dynamique en régime petits signaux.

a) Gain en tension en charge (R_{ch} branchée):

$$A_v = \frac{V_S}{V_e}, \text{ on pose } R_1 // R_2 = R_B = \frac{40K * 10K}{49K} = 8.16K\Omega$$

$$V_e = r_g i_e + R_B [i_e + (\beta + 1)i_b] \Rightarrow V_e = (r_g + R_E)i_e + R_B (\beta + 1)i_b \dots (1)$$

De même on a :

$$h_{11} i_b + R_B [i_e + (\beta + 1)i_b] = 0$$

$$\Rightarrow i_e = -\left(\frac{h_{11} + R_E(\beta + 1)}{R_E}\right) i_b (2)$$

$$(2) \text{ dans (1) donne : } \Rightarrow V_e = (r_g + R_E)i_e + R_B (\beta + 1)i_b$$

$$\Rightarrow V_e = [(r_g + R_E) \left(-\frac{h_{11} + R_E(\beta + 1)}{R_E} \right) + R_B (\beta + 1)] i_b \quad (3)$$

$$V_S = -(R_C // R_L)i_c \Rightarrow V_S = -(R_C // R_L) * \beta i_b \dots (4)$$

$$\Rightarrow A_v(\text{en charge}) = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = \frac{-(R_C // R_L) * \beta}{[(r_g + R_E) \left(-\frac{h_{11} + R_E(\beta + 1)}{R_E} \right) + R_B (\beta + 1)]}$$

$$R_C // R_L = \frac{2K * 10K}{12K} = 1.67K\Omega$$

$$\Rightarrow A_v(\text{en charge}) = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = 14.18$$

b) Gain en tension à vide :

$$\Rightarrow A_v(\text{à vide}) = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = \frac{-R_C * \beta}{[(r_g + R_E) \left(-\frac{h_{11} + R_E(\beta + 1)}{R_E} \right) + R_B (\beta + 1)]}$$

$$\Rightarrow A_v(\text{à vide}) = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = 17.021$$

c) Impédance d'entrée :

$$Z_e = \left. \frac{V_e}{i_e} \right|_{i_s = 0} \quad (\text{Charge débranchée})$$

$$V_e = r_g i_e + R_B [i_e + (\beta + 1)i_b] \Rightarrow V_e = (r_g + R_E)i_e + R_B (\beta + 1)i_b \quad \dots (1)$$

De même on a :

$$h_{11} i_b + R_B [i_e + (\beta + 1)i_b] = 0$$

$$\Rightarrow i_b = -\left(\frac{R_E}{h_{11} + R_E(\beta + 1)} \right) i_e \quad (4)$$

$$\Rightarrow V_e = [(r_g + R_E) + R_B (\beta + 1) \left(-\frac{R_E}{h_{11} + R_E(\beta + 1)} \right)] i_e \quad (3)$$

$$\Rightarrow Z_e = \frac{V_e}{i_e} = [(r_g + R_E) + R_B (\beta + 1) \left(-\frac{R_E}{h_{11} + R_E(\beta + 1)} \right)]$$

$$\Rightarrow Z_e = \frac{V_e}{i_e} = 114.64\Omega$$

d) Impédance de sortie :

$$Z_S = \left. \frac{V_S}{i_S} \right|_{V_e = 0} \quad \mathbf{Z_S} : \text{résistance de Thévenin vue par la charge } \mathbf{R_L}$$

$$V_S = R_C(i_S - i_C) = R_C(i_S - \beta i_B) \dots (1)$$

L'équation (1) présenté au dessus :

$$\Rightarrow V_e = (r_g + R_E)i_e + R_B (\beta + 1)i_b = 0$$

$$\Rightarrow (r_g + R_E)i_e = -R_B (\beta + 1)i_b$$

De même on a :

$$h_{11} i_b + (R_B // r_g) (\beta + 1)i_b = 0 \Rightarrow [h_{11} + (R_B // r_g) (\beta + 1)]i_b = 0$$

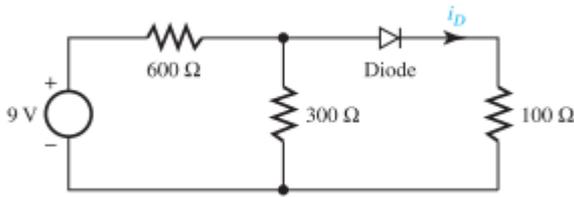
$$\Rightarrow i_B = 0 \Rightarrow i_C = 0$$

$$\Rightarrow V_S = R_C(i_S - i_C) = R_C(i_S - \beta i_B) = R_C * i_S$$

$$Z_S = \frac{V_S}{i_S} = R_C = 2K\Omega$$

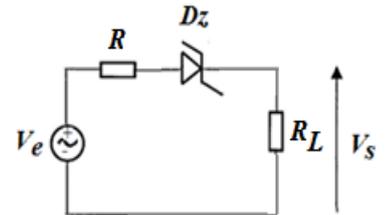
Bonne compréhension

Exercice 04 (6Pts)



Soit le montage ci-contre. **Déterminer :**

1. les conditions de blocage et de claquage.
2. la tension V_s lorsque la diode Zéner est : au **Claquage**, au **blocage en direct**.
3. tracer la fonction de transfert $V_s=f(V_e)$.



Solution Exo03 : 5Pts

1. Condition de claquage et de blocage de la diode :

➤ Il faut tout d'abord calculer la tension de Thévenin aux bornes de la diode zéner :



$$V_{th} = V = V_e$$

a) Condition de blocage de la diode :

$$-V_z \leq V \leq V_d \Rightarrow -V_z \leq V_e \leq V_d$$

⇒ **La diode zéner est au mode de blocage :**

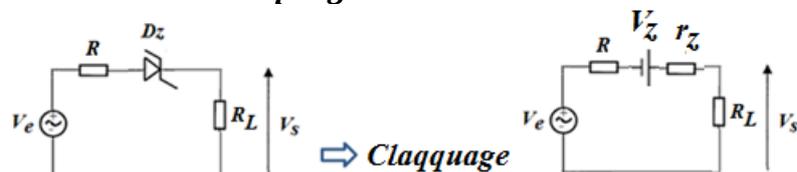


$$V_s = i * R_L = 0V$$

b) Condition de claquage de la diode :

$$V < -V_z \Rightarrow V_e < -V_z \Rightarrow -V_e > V_z$$

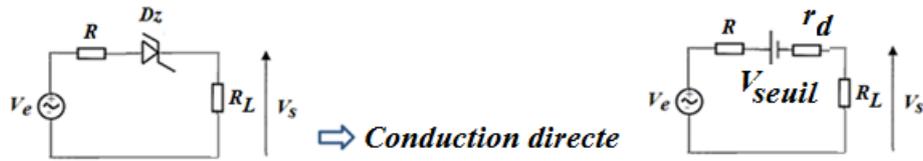
⇒ **La diode zéner est au mode de claquage**



Diviseur de tension:
$$V_s = \frac{R_L}{R+R_L+r_z} (V_e + V_z)$$

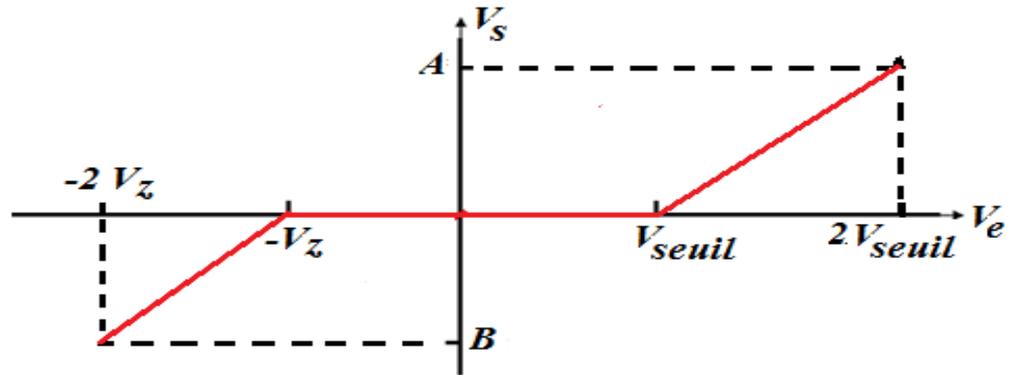
C) Condition de conduction en direct :

$$V \geq V_{seuil} \Rightarrow V_e \geq 0.7V$$



Diviseur de tension: $V_s = \frac{R_L}{R+R_L+r_z} (V_e - V_{seuil})$

Fonction de transfert $V_s=f(V_e)$



Avec : $A = \frac{R_L}{R_L + R + r_d} V_{seuil}$

$$B = \frac{R_L}{R_L + R + r_z} -V_z$$