

Examen d'EF2

Exercice 01(10Pts)

Soit le montage amplificateur à base d'un JFET J2N477A (Fig-a)

$I_{DSS}=4mA$ ,  $V_P= -2V$ ,  $V_{DD}=24V$ ,  $R_1=12M\Omega$ ,  $R_2=8.57M\Omega$ ,  $R_S=3K\Omega$ ,  $R_D=910\Omega$ ,  $R_L=1K\Omega$ .

I. Régime statique :

- Ecrire la droite d'attaque  $I_D=f(V_{GS})$
- Ecrire et tracer la droite de charge statique  $I_D=f(V_{DS})$ .
- Calculer les coordonnées du point de fonctionnement ( $I_{DS0}$ ,  $V_{DS0}$  et  $V_{GS0}$ ) et Déduire  $g_m$ .

II. Régime dynamique (régime petits signaux) :  $r_{DS} \gg$ .

- Donner le schéma équivalent en dynamique. Déduire son type d'association.
- Calculer le gain en tension à vide et en charge.
- Calculer les impédances d'entrée et de sortie.

III. Soit l'étage différentiel à base JFET utilisant 2 transistors T et T' technologiquement identiques J2N477A (Fig-b).

- Exprimer l'amplification en mode différentiel  $A_D$  et l'amplification en mode commun  $A_C$ .

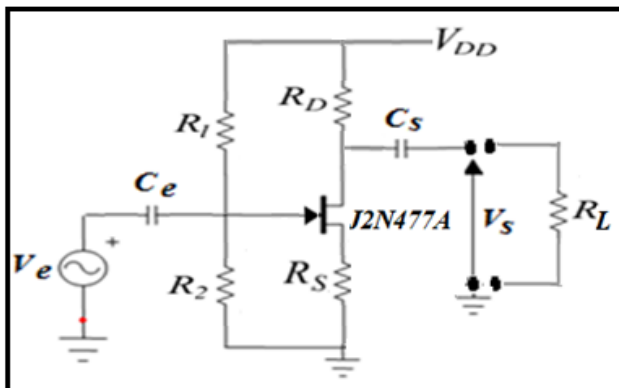


FIG a

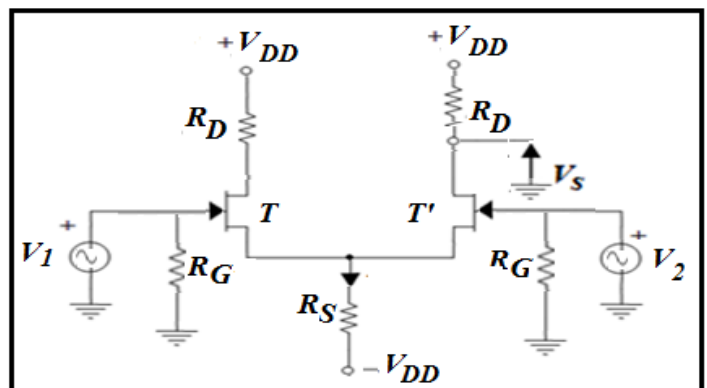
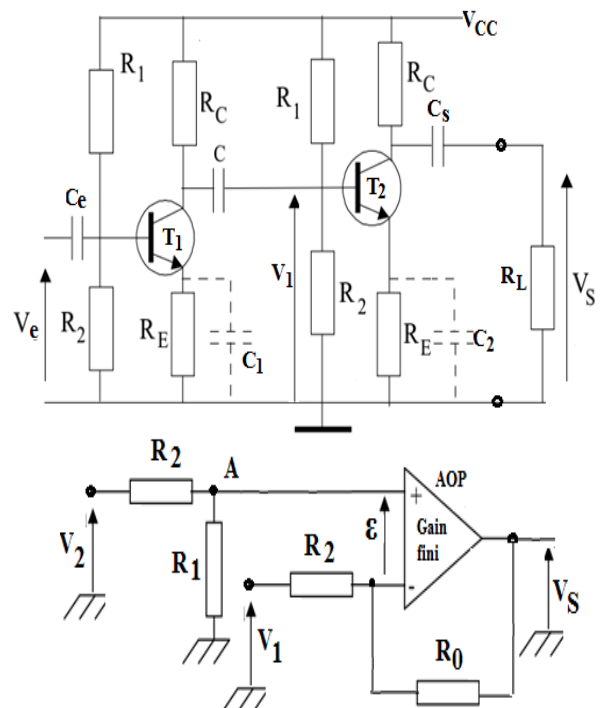


FIG b

Exercice 02(5Pts)

Soit le montage ci-contre avec  $T_1=T_2=NPN$  :  $V_{CC}=12V$ ,  $R_E=1K\Omega$ ,  $R_1=12k\Omega$ ,  $R_2= 3.6K\Omega$ ,  $R_C=2K\Omega$ ,  $R_L=2K\Omega$ ,  $h_{11}=h'_{11}=450\Omega$ ,  $h_{22}=h'_{22}=0\Omega$ ,  $\beta=\beta'=100$ .

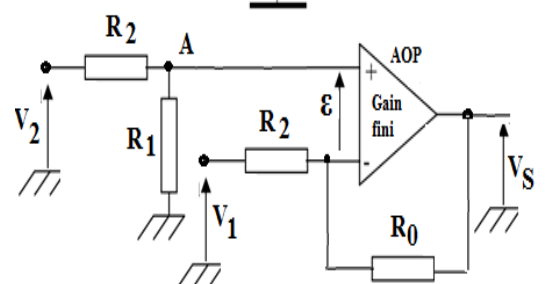
- Donner le **type d'association** de chaque transistor.
- Donner le schéma équivalent du montage (petits signaux).
- Calculer l'impédance d'entrée du montage.
- Calculer le **gain en tension** de **chaque étage**.
- Calculer le **gain composite** du montage.



Exercice 03 (5Pts)

On donne le montage ci-contre où l'AOP est à gain fini.

- Déterminer  $V_s$  en fonction des tensions d'entrées.
- Déduire  $V_s$  si  $R_1=R_0$ .
- Déduire le **gain de la contre réaction H**.
- Déduire le **taux de la contre réaction K**.
- Déduire le gain théorique  $1/K$  lorsque  $A_{VBO} \rightarrow \infty$
- Donner le **schéma de la contre réaction** du système.



**Bonne Chance**

## Solution Exercice01 :

**I. Régime statique :** tension d'entrée  $V_e=0V$  et les condensateurs sont remplacés par des interrupteurs ouverts. En appliquant Thévenin :

$$\begin{cases} V_G = \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} V_{DD} = \frac{8.57 * 10^6}{(8.57 + 12)10^6} 24 = 10V \text{ (Diviseur de tension car } I_G = 0) \\ \text{et } R_G = (R_2 // R_1) = \frac{R_2 \cdot R_1}{(R_2 + R_1)} = \frac{8.57 * 12 * 10^{12}}{(8.57 + 12)10^6} = 5M\Omega \end{cases}$$

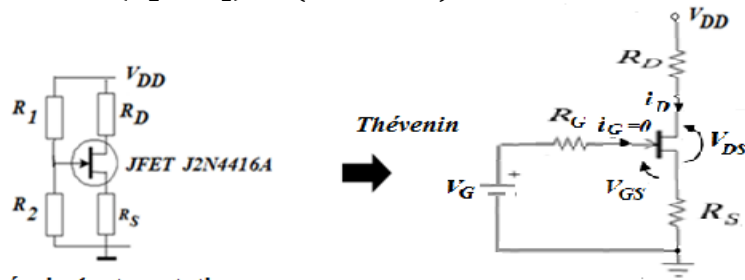


Schéma équivalent en statique

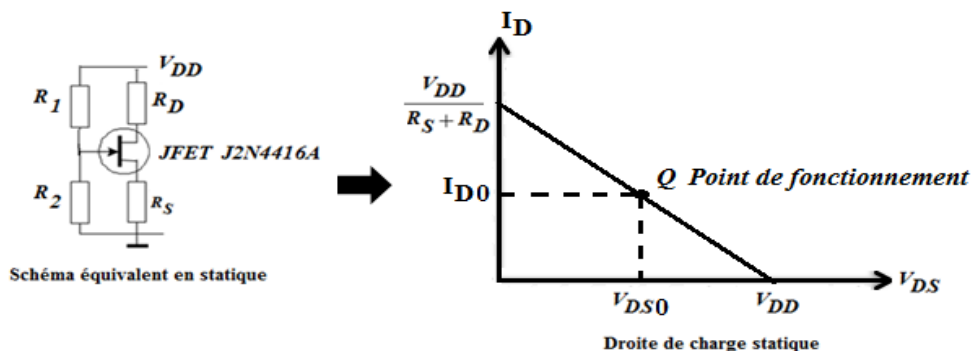
a) Droite d'attaque :  $I_D = f(V_{GS})$

$$\begin{aligned} V_G &= R_S I_D + V_{GS} \dots \dots (1) \\ \Rightarrow I_D &= -\frac{1}{R_S} V_{GS} + \frac{V_G}{R_S} : \text{ Droite d'attaque} \end{aligned}$$

b) Droite de charge statique :  $I_D = f(V_{DS})$

$$V_{DD} - (R_D + R_S)I_D - V_{DS} = 0 \dots \dots (1)$$

$$\Rightarrow I_D = -\frac{1}{(R_D + R_S)} V_{DS} + \frac{V_{DD}}{(R_D + R_S)}$$



c) Calcul du Point de fonctionnement (repos) :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \quad (1) \text{ Equation du transistor}$$

$$I_D = \frac{V_G - V_{GS}}{R_S} \quad (2) \text{ Equations du circuit}$$

$$V_{DD} = (R_D + R_S)I_D + V_{DS} \quad (3)$$

C'est un système de 3 équations à 3 inconnues :  $(I_{D0}, V_{DS0}, V_{GS0})$

$$I_D \cong I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \cong \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (V_p - V_{GS})^2 \quad \text{equ. 1}$$

$$(2) \Rightarrow I_D = \frac{V_G - V_{GS}}{R_S}$$

$$(2) \text{ dans } (1) \Rightarrow V_{GS}^2 - \left(2V_p - \frac{V_p^2}{R_S * I_{DSS}}\right) V_{GS} - \left(\frac{V_G}{R_S * I_{DSS}} - 1\right) V_p^2 = 0 \quad (3)$$

On remplace dans (3) les valeurs :  $I_{DSS}=4mA$  et  $V_p=-2V$ ,  $V_G=10V$  on obtient une équ du 2<sup>ème</sup> ordre :

$$\text{Identique: } V_{GS}^2 + 4.33V_{GS} + 0.67 = 0$$

La résolution de cette équ du 2<sup>ème</sup> ordre :

$$\Delta = 16.08 \Rightarrow V_{GS1} = -4.16V \text{ et } V_{GS2} = -0.165V$$

$V_{GS1} = -4.16V < V_p = -2V \Rightarrow$  sous ces conditions JFET est bloqué  $\Rightarrow I_D = 0A$

$V_{GS1}$  est réjeté et  $V_{GS2} = -0.165V$  acceptée  $> V_p$

$$\Rightarrow V_{GS0} = -0.165V; \quad I_D = \frac{V_{GG} - V_{GS}}{R_S} = \frac{10 - (-0.165V)}{3K} = 3.38mA$$

$$V_{DS0} = V_{DD} - (R_D + I_D)I_{DS0} = 10.78V$$

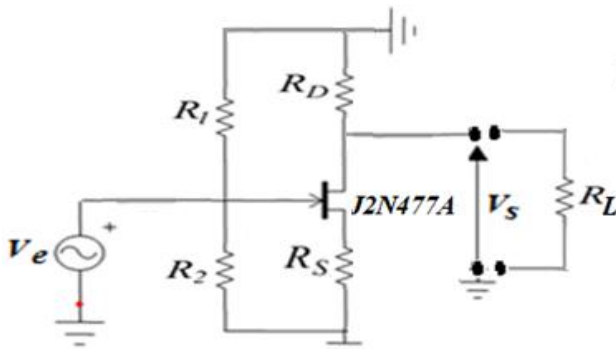
**Point de fonctionnement:**  $\Rightarrow V_{GS0} = -0.165V, I_{DS0} = 3.38mA$  et  $V_{DS0} = 10.78V$

d) Déterminer la valeur de  $g_m(mA/V)$  :

$$\Rightarrow g_m = -\frac{2}{V_p} \sqrt{I_{DS0} I_{DSS}} = -\frac{2}{-2} \sqrt{4mA * 3.38mA} = 3.67mA/V$$

## II. Régime dynamique :

a) Schéma équivalent en dynamique: C'est montage Source commun non découplée.



Montage équivalent en dynamique petits signaux

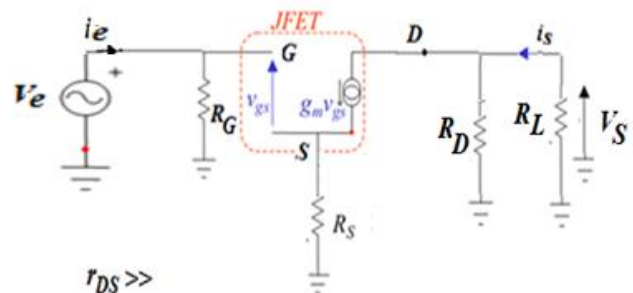


Schéma équivalent en dynamique petits signaux

b) Le gain en tension :

1. Gain en tension en charge :

$$A_v = \frac{V_S}{V_e}$$

$$V_e = V_{gs} + R_S g_m V_{gs} = [1 + R_S g_m] V_{gs} \dots \dots (1)$$

$$\Rightarrow V_S = (R_D // R_L) g_m V_{gs} \dots \dots (2) \quad (R_D // R_L) = 0.47K\Omega$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = \frac{(R_D // R_L) g_m}{[1 + R_S g_m]} = \frac{0.47K * 3.67mA}{[1 + 3K * 3.67mA]} = 0.14 : \text{Gain en charge}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = 0.14 : \text{Gain en charge}$$

2. Gain en tension à vide :  $R_L$  débranchée ( $R_L \gg$ )

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_S}{V_e} \Rightarrow A_v = \frac{R_D * g_m}{[1 + R_S g_m]} = \frac{0.91K * 3.67mA}{[1 + 3K * 3.67mA]} = 0.28 : \text{Gain à vide}$$

c) Impédance d'entrée vue à l'entrée du transistor :

$$Z_e = \left. \frac{V_e}{i_e} \right|_{i_s = 0} \text{ et on a : } V_e = R_G * i_e \dots \dots$$

$$\Rightarrow Z_e = \frac{V_e}{i_e} = R_G = [R_1 // R_2] = \frac{8.57 * 12 * 10^{12}}{(8.57 \mp 12)10^6} = 5M\Omega$$

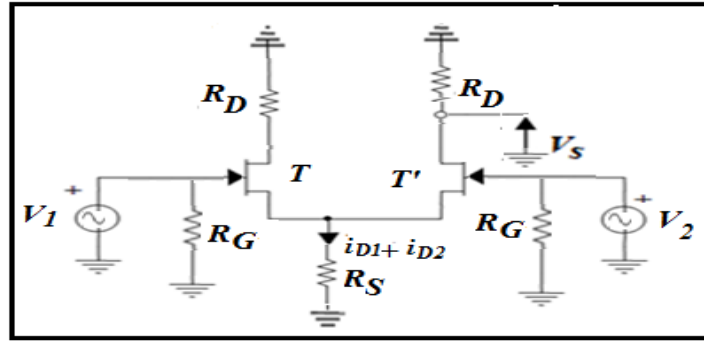
d) Impédance de sortie

$$Z_s = \left. \frac{V_s}{i_s} \right|_{V_e = 0} \text{ avec } V_s = R_D (i_s - g_m V_{gs})$$

$$(1) \Rightarrow V_e = V_{gs} + R_S g_m V_{gs} = [1 + R_S g_m] V_{gs} = 0 \Rightarrow V_{gs} = 0$$

$$\Rightarrow Z_s = \frac{V_s}{i_s} = R_D = 910\Omega$$

### III.



#### III.a.1. Mode différentiel :

Mode différentiel  $i_{D1} = -i_{D2}$

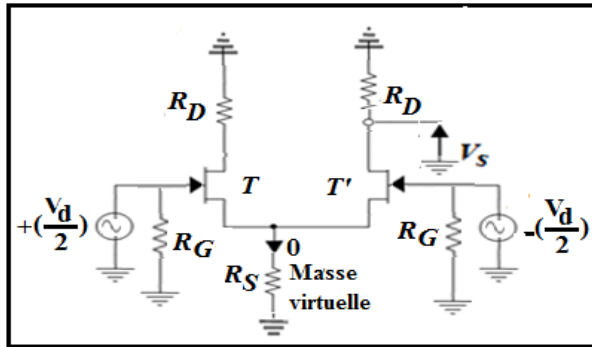
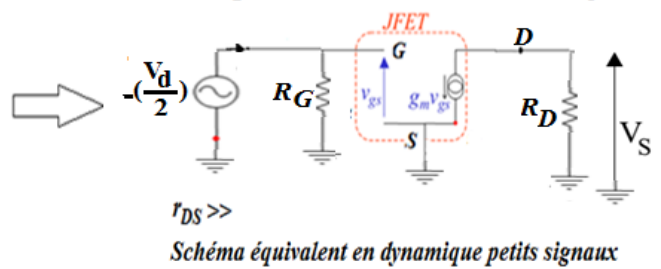


FIG a

Montage à droite : Source commune découplée



- a) **Régime différentielle :** Montage parfaitement symétrique se réduit au montage Source Commune découplée à droite où  $R_S$  est traversée par un courant nul.

On utilise demi-schéma :

$$V_2 = -\left(\frac{V_d}{2}\right) = V_{gs} \dots \dots (1) \text{ et } V_S = -R_D g_m V_{gs} \dots \dots (2)$$

$$\Rightarrow V_S = -R_D g_m \left(-\frac{V_d}{2}\right) = R_D g_m \left(\frac{V_d}{2}\right)$$

#### III.a.2. Mode Commun :

Mode commun  $i_{D1} = i_{D2}$

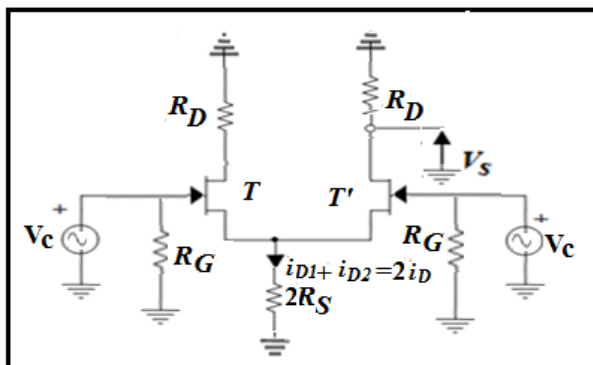
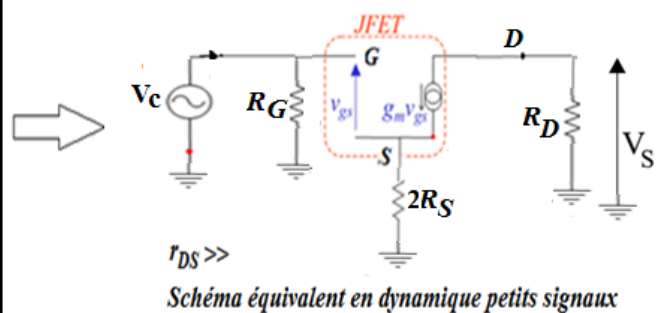


FIG b

Montage à droite : Source commune non découplée



- b) **Régime Mode commun:** Montage parfaitement symétrique se réduit au montage Source Commune non découplée à droite où  $R_S$ .

On utilise demi-schéma :

$$V_2 = V_C = V_{gs} + 2R_S g_m V_{gs} = [1 + 2R_S g_m] V_{gs} \dots \dots (1) \Rightarrow V_{gs} = \frac{V_C}{[1 + 2R_S g_m]}$$

$$V_S = -R_D * g_m V_{gs} \dots \dots (2)$$

$$\Rightarrow V_S = -\frac{R_D * g_m}{[1 + 2R_S g_m]} V_C$$

### III.b. Calcul de $A_D$ et $A_C$ :

Le théorème de superposition :

$$\Rightarrow V_s = \left( \frac{R_D g_m}{2} \right) V_d + \left( - \frac{R_D * g_m}{[1 + 2R_S g_m]} \right) V_c$$

Par identification :

$$\text{Gain différentiel : } \Rightarrow A_D = \frac{V_s}{V_d} = \left( \frac{R_D g_m}{2} \right) = \left( \frac{0.91K * 3.67mA}{2} \right) = 1.6666 \approx 1.67$$

$$\text{Gain en mode commun : } \Rightarrow A_C = \frac{V_s}{V_c} = \left( - \frac{R_D * g_m}{[1 + 2R_S g_m]} \right) = - \frac{0.91K * 3.67mA}{1 + 2 * 3K * 3.67mA} = 0.145$$

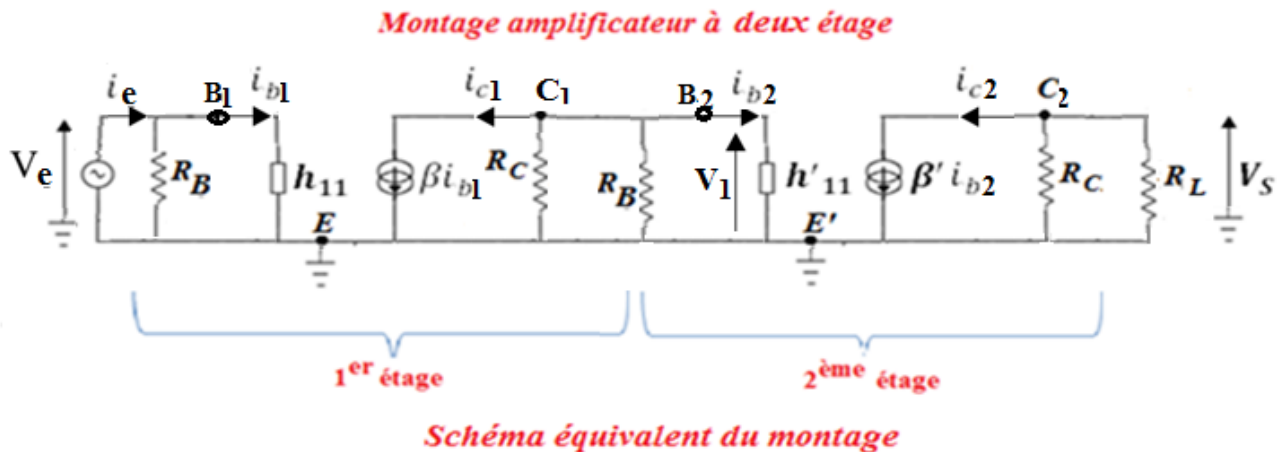
Le type de montage associé est un **montage différentiel**

### III.c. Calcul du taux de réjection en mode commun TRMC :

$$\Rightarrow T_{RMC} = 20 \log \left| \frac{A_D}{A_C} \right| = 20 \log \left| - \frac{[1 + 2R_S g_m]}{2} \right| = 20 \log \left| \frac{1.67}{0.145} \right| \approx 20 \log 11.51$$

### Solution Exercice02 :

- 1) T1 et T2 sont : Emetteur Commun découplé
- 2) Schéma équivalent :



- 3) Impédances d'entrée de :

$$\text{T1 : Emetteur Commun : } \Rightarrow Z_{eT1} = \frac{V_1}{i_{b1}} = h_{11} = 450 \Omega$$

$$\text{T2 : Emetteur Commun : } \Rightarrow Z_{eT2} = \frac{V_2}{i_{b2}} = h'_{11} = 450 \Omega$$

Impédance d'entrée du montage :

$$R_B = R_1 // R_2 = 2.77K\Omega$$

$$\Rightarrow Z_{eMontage} = \frac{V_e}{i_e} = R_B // (h_{11}) = 0.387K\Omega = 387\Omega$$

- 4) Gain en tension de :

T2 : Emetteur Commun :

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} \text{ Avec}$$

$$\Rightarrow A_{vT2} = \frac{V_s}{V_1} \Rightarrow A_{vY2} = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{h'_{11}} = \frac{-100 * 1K}{0.45K} = -222.22$$

T1 : Emetteur Commun :

$$\Rightarrow A_{vT1} = \frac{V_1}{V_e} \Rightarrow A_{vT2} = \frac{-\beta(R_C // R_B // h'_{11})}{h_{11}} = \frac{-100 * 0.32K}{0.45K} = -72.05$$

- 5) Gain en tension composite :

$$\Rightarrow A_{vc} = \frac{V_s}{V_e} = \frac{V_s}{V_1} * \frac{V_1}{V_e} = A_{vT2} * A_{vT1} = -222.22 * -72.05 = 16.9K$$

**NB. Le gain composite est trop élevé ; Attention au problème de saturation et au bruit.**

### Solution Exercice 03 :

1) Étudions le circuit en utilisant l'approche circuit : on a un AOP à gain fini :

la tension de sortie:  $V_S = A_{VBO} \epsilon$  avec  $\epsilon = V^+ - V^-$

$$\begin{cases} V^- = \frac{\frac{V_1}{R_2} + \frac{V_S}{R_0}}{\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_0}\right)} = \frac{V_1 R_0 + V_S R_2}{(R_2 + R_0)} \\ V^+ = V_A = \frac{\frac{V_2}{R_2} + \frac{0}{R_1}}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{V_2 R_1}{(R_2 + R_1)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \epsilon = V^+ - V^- = \frac{V_2 R_1}{(R_2 + R_1)} - \frac{V_1 R_0 + V_S R_2}{(R_2 + R_0)}$$

$$\Rightarrow V_S = A_{VBO} \epsilon = A_{VBO} \left[ \frac{V_2 R_1}{(R_2 + R_1)} - \frac{V_1 R_0 + V_S R_2}{(R_2 + R_0)} \right]$$

$$\Rightarrow V_S \left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_0)} \right] = A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} V_2 - \frac{R_0}{(R_2 + R_0)} V_1 \right]$$

$$\Rightarrow V_S = \frac{A_{VBO}}{\left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_0)} \right]} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} V_2 - \frac{R_0}{(R_2 + R_0)} V_1 \right]$$

De manière à faire apparaître une expression similaire à celle de la contre réaction avec :

2) Si  $R_1 = R_0$  on a :

$$\text{on a : } V_S \left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_0)} \right] = A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} V_2 - \frac{R_0}{(R_2 + R_0)} V_1 \right]$$

$$\Rightarrow V_S \left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} \right] = A_{VBO} \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} [V_2 - V_1]$$

$$\Rightarrow V_S = \frac{A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} \right]}{\left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} \right]} [V_2 - V_1]$$

$$\text{Si AOP idéal: } A_{VBO} \rightarrow \infty \Rightarrow V_S = \left[ \frac{R_1}{R_2} \right] [V_2 - V_1]$$

$\Rightarrow$  C'est un montage soustracteur (différentiel)

3) Déterminons le gain de la contre réaction H ;

Utilisons l'approche contre réaction :

$$V_S = \frac{H}{(1+HK)} V_e \quad \text{avec } V_e = [V_2 - V_1]$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Rightarrow V_S &= \frac{A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} \right]}{\left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} \right]} [V_2 - V_1] \quad (1) \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} V_S &= \frac{H}{(1+HK)} V_e \quad (2) \end{aligned} \right.$$

**Par identification: (1) à celui de la contre réaction (2)**

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{le gain de la contre réaction : } H = A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} \right] \\ (1) \Rightarrow V_s = \frac{A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} \right]}{\left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} \right]} [V_2 - V_1] = \frac{A_{VBO} \left[ \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} \right]}{\left[ 1 + A_{VBO} \frac{R_1}{(R_2 + R_1)} * \frac{R_2}{R_1} \right]} [V_2 - V_1] \end{cases}$$

$\Rightarrow$  Le taux de la contre réaction  $K$  est :  $K = \frac{R_2}{R_1}$

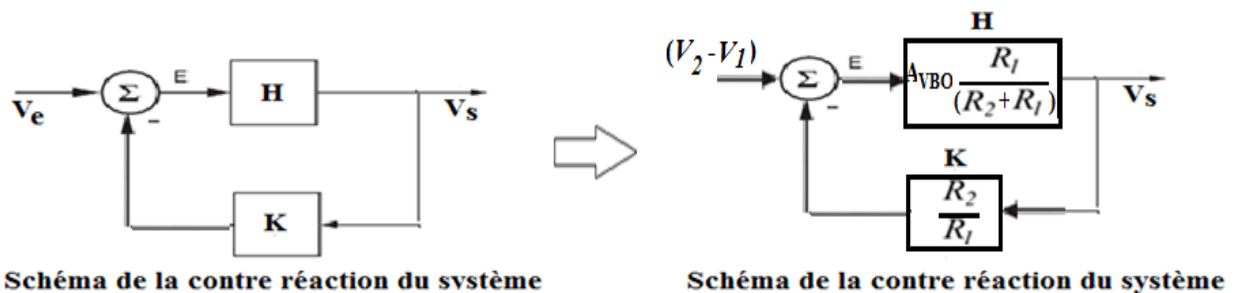
4) Sachant que : Si  $A_{VBO} \rightarrow \infty$  cas d'un AOP idéal :  $\frac{V_s}{V_e} \approx \frac{1}{K} = \left[ \frac{R_1}{R_2} \right]$

Où  $\frac{1}{K}$  : représente le gain théorique de l'amplificateur soustracteur

$$\Rightarrow \frac{1}{K} = \left[ \frac{R_1}{R_2} \right]$$

5)

On en déduit une équivalence évidente entre le schéma de la contre réaction et celui d'un amplificateur soustracteur



**Bonne Compréhension**