

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) : $r_{DS} \gg \dots$

- 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 .

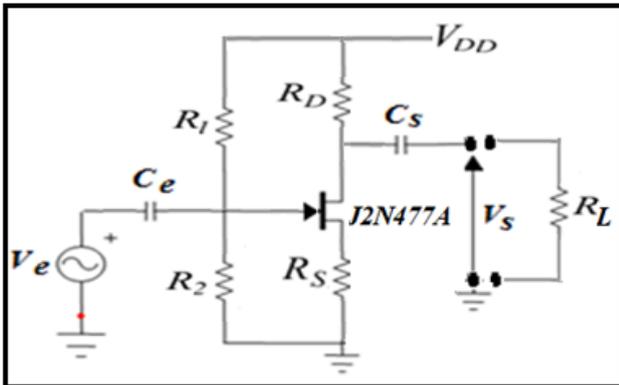


FIG a

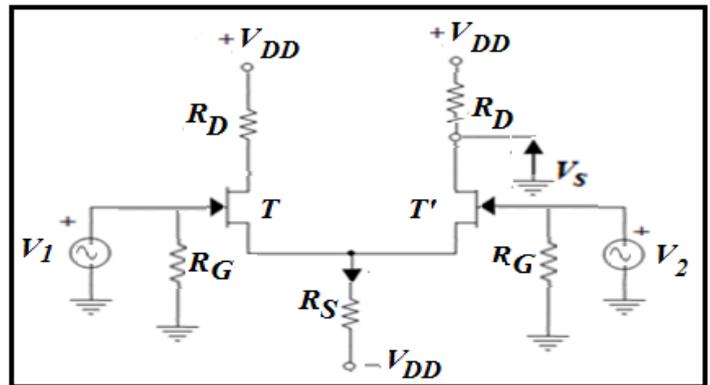
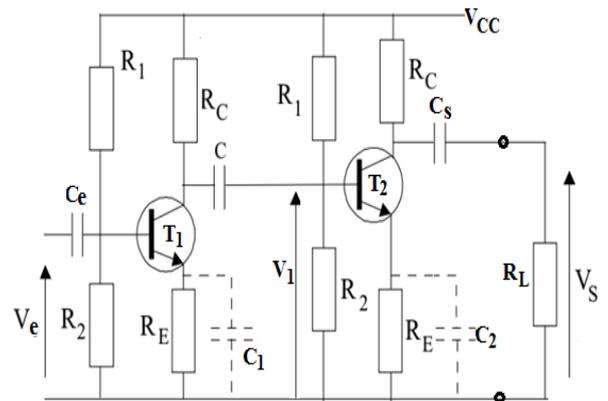


FIG b

Exercice 02(5Pts)

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

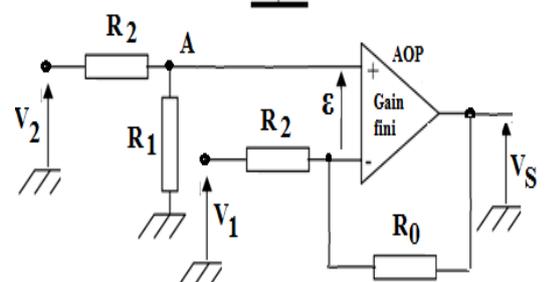
- Donner le **type d'association** de chaque transistor.
- Donner le schéma équivalent du montage (petits signaux).
- Calculer l'impédance d'entrée du montage.
- Calculer le **gain en tension de chaque étage**.
- Calculer le **gain composite** du montage.



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 :

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

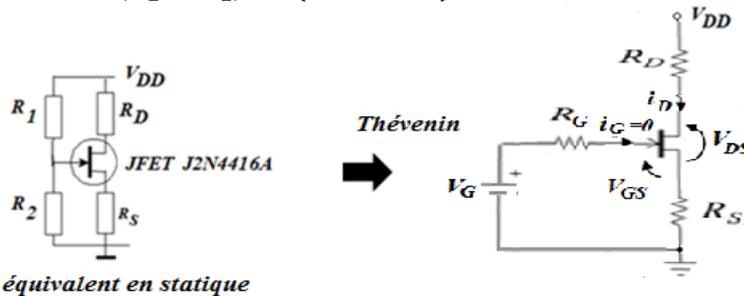


Schéma équivalent en statique

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 : $I_D = f(V_{DS})$

$$\begin{aligned} V_{DD} - (R_D + R_S)I_D - V_{DS} &= 0 \dots \dots (1) \\ \Rightarrow I_D &= -\frac{1}{(R_D + R_S)} V_{DS} + \frac{V_{DD}}{(R_D + R_S)} \end{aligned}$$

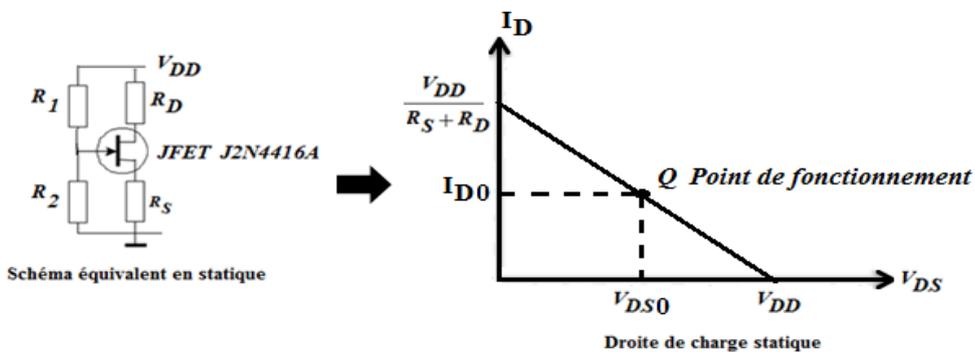


Schéma équivalent en statique

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^{ème} ordre :

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

La résolution de cette équ du 2^{ème} 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 $> V_p$

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

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

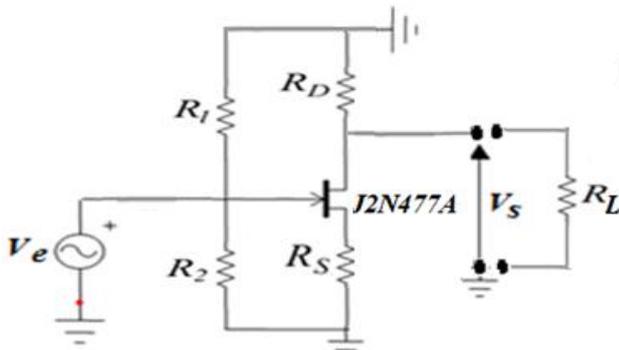
Point de fonctionnement: $\Rightarrow V_{GS0} = -0.165V, I_{DS0} = 3.38mA$ et $V_{DS0} = 10.78V$

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

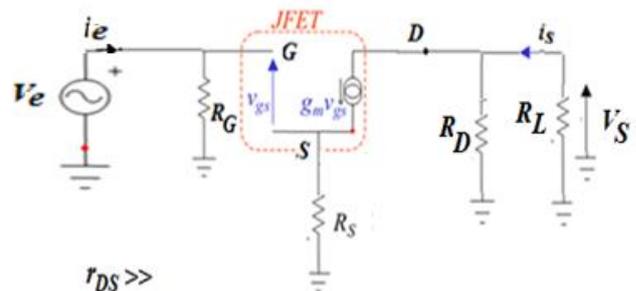


Schéma équivalent en dynamique petits signaux

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 :

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

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

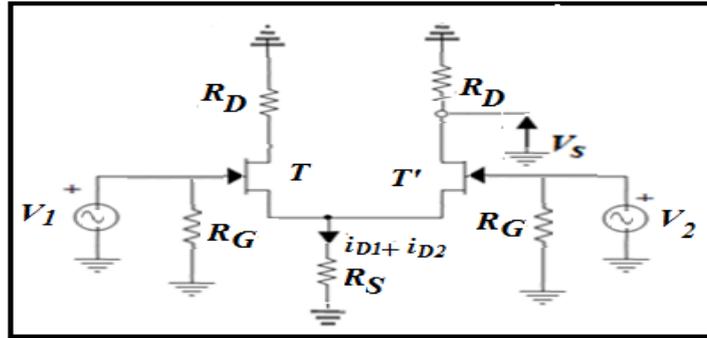
d) Impédance de sortie

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

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

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

III.



III.a.1. Mode différentiel :

Mode différentiel $i_{D1} = -i_{D2}$

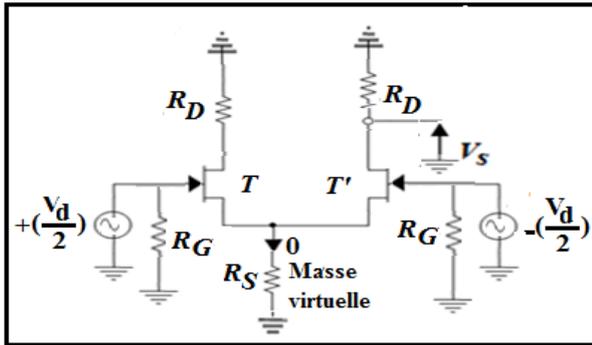
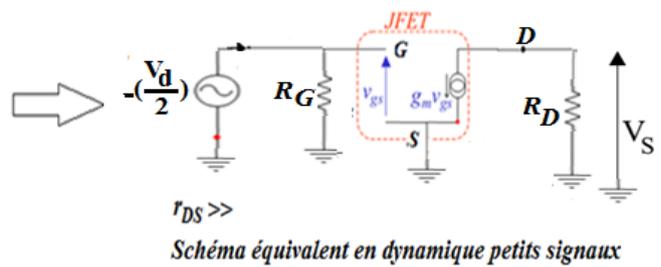


FIG a

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 $i_{D1} = i_{D2}$

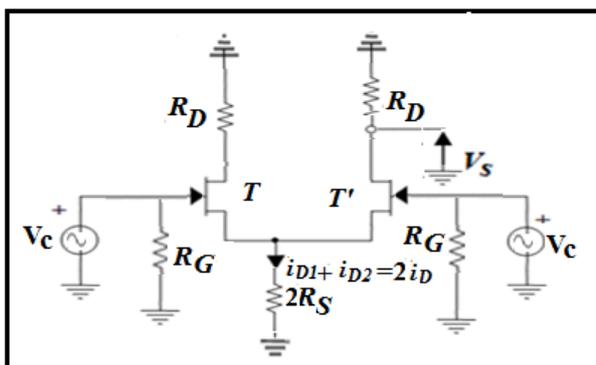
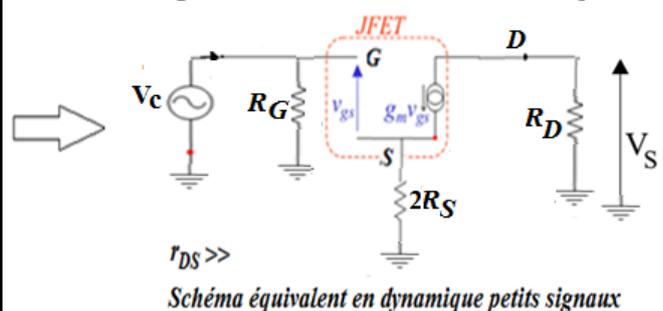


FIG b

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 :

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

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

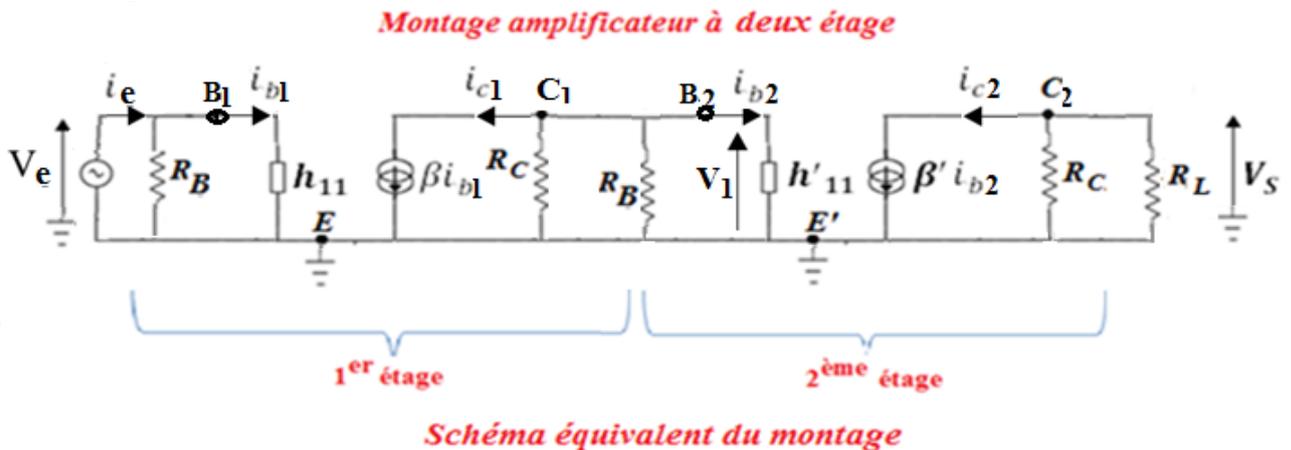
Le type de montage associé est un **montage différentiel**

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 :

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

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

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

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

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

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

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

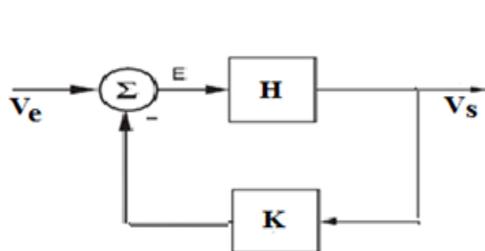


Schéma de la contre réaction du système

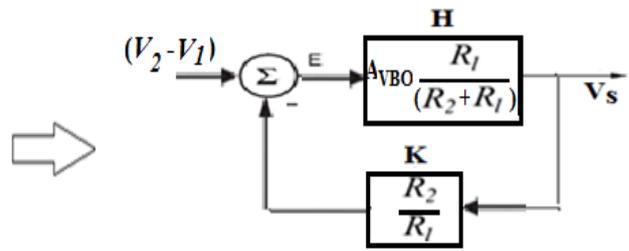


Schéma de la contre réaction du système

Bonne Compréhension