

Correction

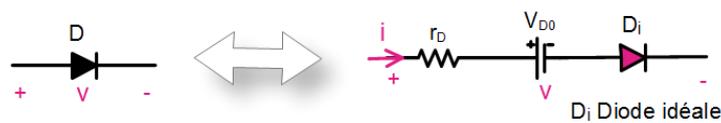
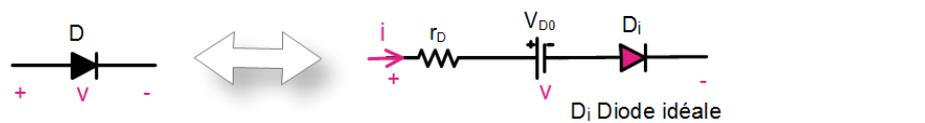
SMP4 : Electronique

Examen 2017-2018

Exercice 1 :

1. A partir du schéma de la figure 1b, on a :

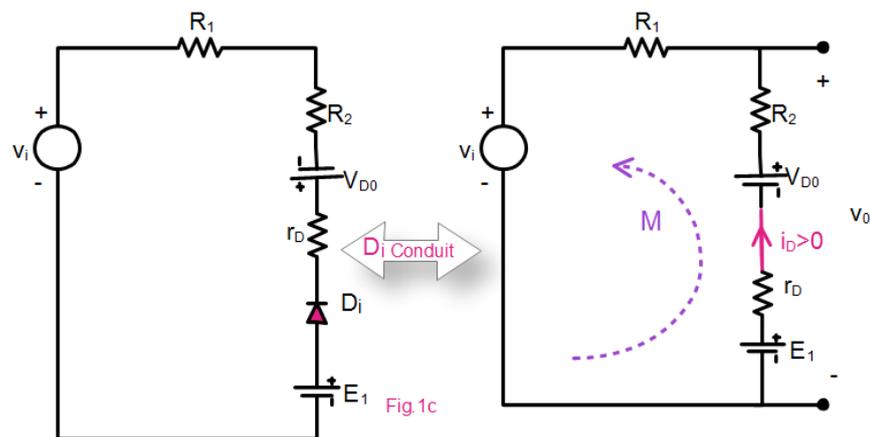
$$i = \begin{cases} 0 & v < V_{D0} \\ \frac{v - V_{D0}}{r_d} & v \geq V_{D0} \end{cases}$$

 où : $r_D = \frac{1.2 - 0.6}{60 - 0} k\Omega = 10\Omega$. On peut donc représenter la diode par le schéma équivalent ci-dessous :

 2. Le schéma équivalent du circuit de la figure 1a lorsque la diode D conduit est représenté à la figure 1c. L'application de la loi des mailles pour la maille M se traduit par :

$$-E_1 + V_{D0} + (r_D + R_1 + R_2)i + v_i = 0$$

$$i = \frac{E_1 - V_{D0} - v_i}{r_D + R_1 + R_2}, \quad i > 0$$

$$\simeq \frac{E_1 - V_{D0} - v_i}{R_1 + R_2}, \quad i > 0 \quad r_D \ll R_1, R_2$$


 La diode conduit si on a $i > 0$, soit :

$$v_i < E_1 - V_{D0} = 5.4V$$

La tension de sortie s'écrit :

$$\begin{aligned}
 v_o &= E_1 - V_{D0} - R_2 i \\
 &\simeq E_1 - V_{D0} - R_2 \frac{E_1 - V_{D0} - v_i}{r_D + R_1 + R_2} \\
 &= \frac{(E_1 - V_{D0}) R_1}{r_D + R_1 + R_2} + \frac{v_i (r_D + R_2)}{r_D + R_1 + R_2} \\
 &\simeq \frac{(E_1 - V_{D0}) R_1}{R_1 + R_2} + \frac{v_i R_2}{R_1 + R_2} \\
 &= \frac{(E_1 - V_{D0})}{2} + \frac{v_i}{2}, \quad R_1 = R_2 \\
 v_o &= \frac{(6 - 0.6)}{2} + \frac{v_i}{2} = 0.5v_i + 2.7
 \end{aligned}$$

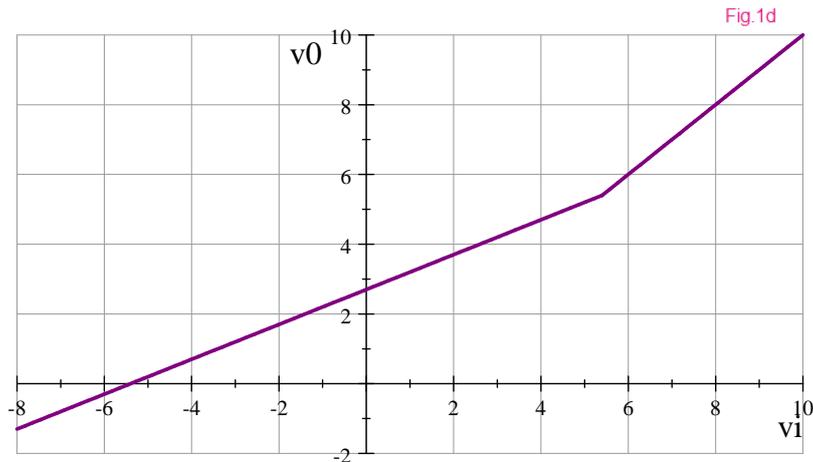
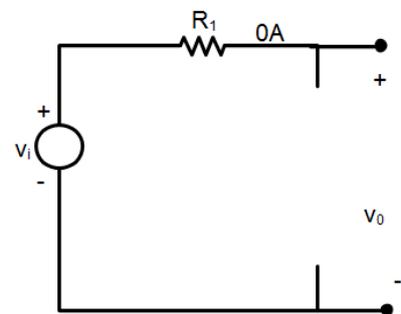
Si $v_i > 5.4V$, la diode est bloquée et le circuit de la figure 1a devient celui de la figure ci-contre. La tension de sortie est :

$$v_o = v_i$$

Caractéristique de transfert $v_o = f(v_i)$

La caractéristique de transfert est donnée par :

$$v_o = \begin{cases} .5v_i + 2.7 & v_i < 5.4 \\ v_i & v_i \geq 5.4 \end{cases}$$



Caractéristique de transfert $v_o = f(v_i)$

Si $v_i < 5.4V$, on a :

$$i \simeq \frac{E_1 - V_{D0} - v_i}{R_1 + R_2}, \quad r_D \ll R_{1,2}$$

Si $v_i \geq 5.4V$:

$$i = 0A$$

Soit :

$$\begin{aligned}
 i &= \begin{cases} 0 & \text{Si } v_i > 5.4 \\ \frac{E_1 - V_{D0} - v_i}{R_1 + R_2} & \text{Si } v_i \leq 5.4 \end{cases} \\
 &= \begin{cases} 0.0 & v_i > 5.4 \\ -0.5v_i + 2.7 & v_i \leq 5.4 \end{cases} \\
 &= \begin{cases} 0.0 & v_i > 5.4 \\ -0.5 \times 15 \sin(2\pi \frac{t}{T}) + 2.7 & v_i \leq 5.4 \end{cases}
 \end{aligned}$$

D'autre part, l'équation $v_i = 5.4$ admet deux racines t_0 et t_1 pour $0 \leq t \leq T$ de sorte que :

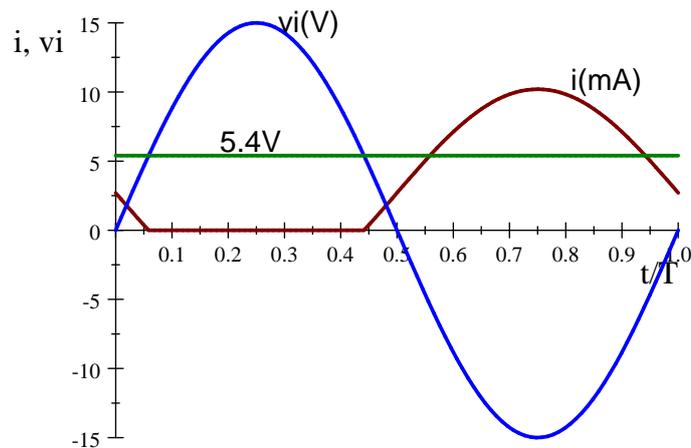
$$\begin{aligned} \frac{t_0}{T} &= \frac{1}{2\pi} \arcsin\left(\frac{5.4}{15}\right) = 5.8612 \times 10^{-2} \\ \frac{t_1}{T} &= \frac{1}{2} - \frac{t_0}{T} = \frac{1}{2} - 5.8612 \times 10^{-2} = 0.44139 \end{aligned}$$

Il s'ensuit que sur une période T , on a :

$$\begin{cases} v_i < 5.4V & \text{si } 0.44139 < \frac{t}{T} < 1 \text{ ou } 0 < \frac{t}{T} \leq 5.8612 \times 10^{-2} \\ v_i \geq 5.4V & \text{si } 5.8612 \times 10^{-2} < \frac{t}{T} \leq 0.44139 \end{cases}$$

Finalement, le courant sur une période T est donné par :

$$i = i_D = \begin{cases} -7.5 \sin(2\pi \frac{t}{T}) + 2.7 & \text{si } 0.44139 < \frac{t}{T} < 1 \text{ ou } 0 < \frac{t}{T} \leq 5.8612 \times 10^{-2} \\ 0 & \text{si } 5.8612 \times 10^{-2} < \frac{t}{T} \leq 0.44139 \end{cases}$$



Evolution sur une période T du courant $i_D = i$ et de la tension v_i .

Exercice 2 :

1. Schéma en Statique

Les capacités sont des circuits ouverts en régime permanent en continu; ce qui se traduit par le schéma de la figure ci dessous

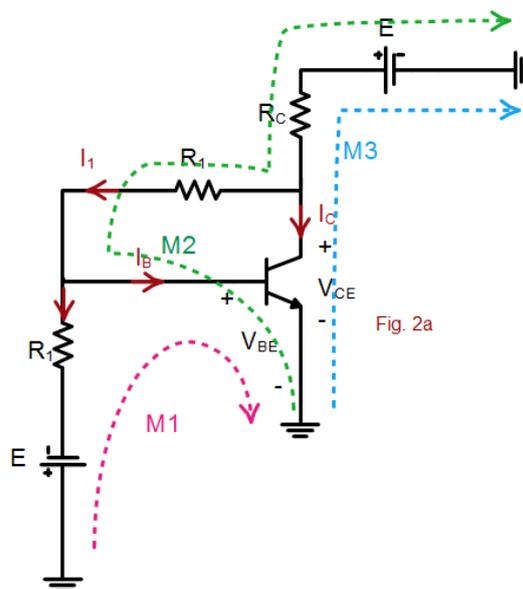


Schéma en statique de l'amplificateur.

Maille M1 :

$$E - R_2 I_2 + V_{BE} = 0$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{E + V_{BE}}{R_2} \\ &= \frac{15 + 0.7}{100} \text{mA} \simeq 0.157 \text{mA} \end{aligned}$$

Maille M2 :

$$-V_{BE} - R_1 I_1 - R_C (I_1 + I_C) + E = 0$$

La loi des noeuds nous permet d'écrire :

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 + I_B \\ &= I_2 + \frac{I_C}{\beta} \end{aligned}$$

Il s'ensuit que :

$$-(R_1 + R_C)I_2 - V_{BE} - (R_1 + R_C)\frac{I_C}{\beta} - R_C I_C + E = 0$$

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{E - I_2(R_1 + R_C) - V_{BE}}{R_C + \frac{1}{\beta}(R_1 + R_C)} \\ &= \frac{15 - 0.157 \times (24 + 4.7) - 0.7}{4.7 + \frac{1}{100}(24 + 4.7)} \text{mA} \simeq 1.964 \text{mA} \end{aligned}$$

Maille M3 :

$$-V_{CE} - R_C (I_1 + I_C) + E = 0$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= E - R_C \left(I_2 + \frac{I_C}{\beta} + I_C \right) \\ &\stackrel{\beta \gg 1}{\simeq} E - R_C (I_2 + I_C) \\ &\simeq 15V - 4.7(0.157 + 1.964) V = 5V \end{aligned}$$

2. Résistance r_π

$$\begin{aligned} r_\pi &= \beta \frac{V_T}{I_C} \\ &= 100 \frac{26}{1.964} \Omega = 1.324 \text{k}\Omega \end{aligned}$$

3. Schéma en dynamique

Le Schéma en dynamique de l'amplificateur est représenté à la figure 2b.

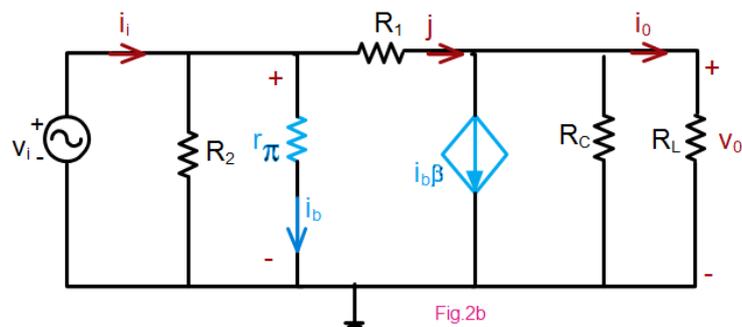


Fig.2b

Schéma en dynamique de l'amplificateur.

Il s'agit d'un amplificateur en **émetteur commun**.

4. Gain en tension A_v

La tension de sortie v_0 s'exprime ainsi :

$$v_0 = R'_L (j - \beta i_b), \quad \text{où} \quad j = \frac{v_i - v_0}{R_1}$$

Avec $R'_L = R_C \parallel R_L = (1/R_C + 1/R_L)^{-1} = (1/4.7 + 1/4.7)^{-1} k\Omega = 2.35 k\Omega$. Le courant base i_b s'écrit :

$$i_b = \frac{v_i}{r_\pi}$$

En reportant les expressions de j et de i_b dans la relation donnant la tension de sortie v_0 , on obtient :

$$\begin{aligned} v_0 &= R'_L \left(\frac{v_i - v_0}{R_1} - \beta \frac{v_i}{r_\pi} \right) \\ v_0 &= R'_L (-g_m v_i), \quad g_m = \frac{\beta}{r_\pi} = \frac{100}{1.324} mA/V = 75.53 mA/V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_0 &= \frac{R'_L}{R'_L + R_1} (v_i - R_1 g_m v_i) \\ A_v &= \frac{R'_L}{R'_L + R_1} (1 - R_1 g_m) \\ A_v &= \frac{2.35}{2.35 + 24} (1 - 24 \times 75.53) \simeq -161.6 \end{aligned}$$

5. Résistance d'entrée R_i

La résistance d'entrée de l'amplificateur est définie par :

$$R_i = \frac{v_i}{i_i}$$

où :

$$\begin{aligned} i_i &= \frac{v_i}{R_2} + \frac{v_i}{r_\pi} + j \\ &= \frac{v_i}{R_2} + \frac{v_i}{r_\pi} + \frac{v_i - v_0}{R_1} \\ &= \frac{v_i}{R_2} + \frac{v_i}{r_\pi} + \frac{v_i - A_v v_i}{R_1}, \quad v_0 = A_v v_i \end{aligned}$$

On en déduit que :

$$\begin{aligned} R_i &= \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_\pi} + \frac{1 - A_v}{R_1} \right)^{-1} \\ R_i &= \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{1.324} + \frac{1 + 161.6}{24} \right)^{-1} k\Omega \simeq 132.6\Omega \end{aligned}$$

6. Résistance de sortie R_0

La résistance de sortie est définie par (cf. schéma 2c) :

$$R_0 = \frac{v_0}{i_0}$$

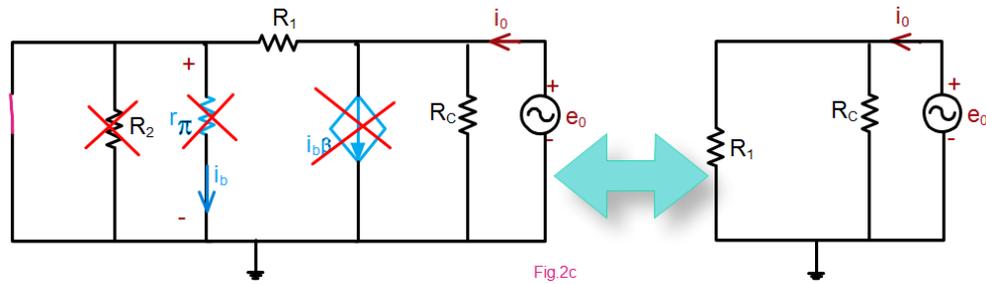
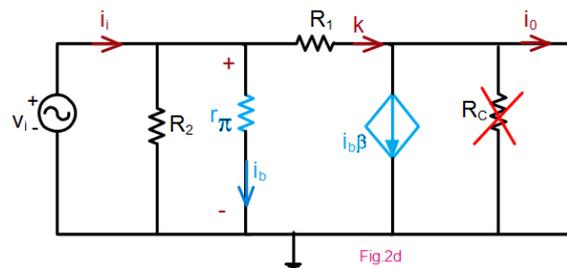


Schéma pour la détermination de la résistance de sortie.

$$R_0 = R_1 \parallel R_C = (1/R_1 + 1/R_C)^{-1} = (1/24 + 1/4.7)^{-1} k\Omega \simeq 3.93 k\Omega$$

7. Gain en courant en court-circuit A_{icc}

Schéma de l'amplificateur en court-circuit (fig. 2d)



Amplificateur en court-circuit.

$$i_i = \frac{r_\pi i_b}{R_2} + i_b + \frac{r_\pi i_b}{R_1}, \quad v_i = r_\pi i_b$$

$$i_o = k - \beta i_b, \quad k = \frac{r_\pi i_b}{R_1}$$

$$A_{icc} = \frac{\frac{r_\pi}{R_1} - \beta}{\frac{r_\pi}{R_2} + 1 + \frac{r_\pi}{R_1}}$$

$$= \frac{\frac{1}{R_1} - gm}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_\pi} + \frac{1}{R_1}}$$

$$A_{icc} = \frac{\frac{1}{24} - 75.53}{\frac{1}{100} + \frac{1}{1.324} + \frac{1}{24}} = -93.55$$

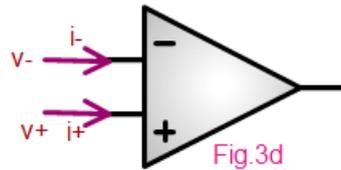
Exercice 3:

1. L'amplificateur opérationnel réel à pour caractéristiques typiques :

- a- Gain en boucle ouverte $A_{v0} > 10^5$
- b- Résistance d'entrée $R_i > 200 k\Omega$
- c- Résistance de sortie R_0 de quelques dizaines d'Ohms (75Ω pour le 741).

Pour l'amplificateur opérationnel idéal, on a :

- d- $R_i = \infty$
- e- $A_{v0} = \infty$



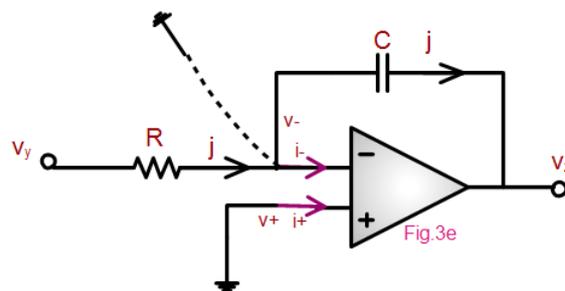
f- $R_0 = 0$

Il s'ensuit que (c. fig. 3.a) que :

$$i_+ = i_- = 0$$

$$v_+ \simeq v_-$$

2. On considère le circuit de la figure 3e :



On a :

$$v_+ = 0, \quad \text{Soit } v_- = v_+ = 0$$

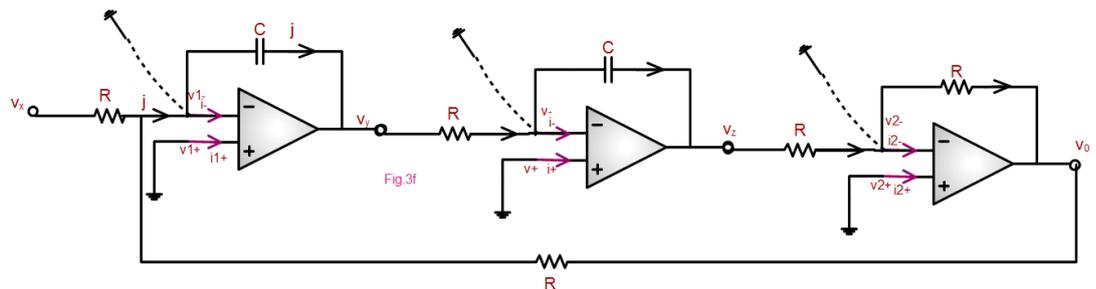
$$i_+ = i_- = 0$$

$$j = \frac{v_y - 0}{R} = c \frac{d}{dt} (0 - v_z)$$

$$v_z = -\frac{1}{RC} \int_{-\infty}^t v_y(t') dt'$$

Le circuit de la figure 3e est donc un intégrateur.

3. On considère le circuit de la figure 3f :



On a :

$$\frac{v_i - 0}{R} + \frac{v_0 - 0}{R} = c \frac{d}{dt} (0 - v_y)$$

$$v_y = -RC \frac{d}{dt} v_z$$

$$\frac{v_z - 0}{R} = \frac{0 - v_0}{R}$$

La combinaison de ces équations nous permet d'écrire :

$$\tau \frac{d^2 v_0}{dt^2} + v_0 = -v_i, \quad \tau = RC$$

Fin