ENSA
École Nationale des Sciences
Appliquées de Tanger

Université Abdelmalek
Essaadi

CONTRÔLE CONTINU : ÉLÉMENTS D'ÉLECTRONIQUE

Durée: 2H

2016-2017

Excercice 1:

On considère les quadripôles Q_T et Q_Π de la figure 1. Notez bien qu'il faut distinguer entre z minuscule et Z majuscule lors de présentation des résultats.

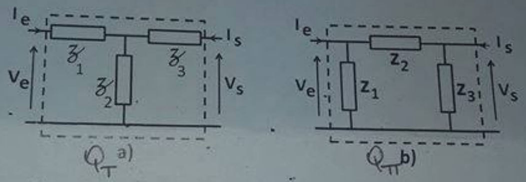


Figure 1: Le quadripôle Q_T a) et le quadripôle équivalent Q_Π b)

1. Déterminer les paramètres impédances, $[Z]_T$, du quadripôle Q_T de la figure 1-a.
2. Déterminer les paramètres impédances, $[Z]_\Pi$, du quadripôle Q_Π de la figure 1-b.
3. Trouver les trois relations $z_{i\ /i=1,2,3}=f(Z_1,Z_2,Z_3)$ pour que $[Z]_T=[Z]_\Pi$. Conclure.

Excercice 2:

On propose le filtre de la figure 2

1. Quel est le degré du filtre proposé ?
2. Par une analyse rapide, déterminer le comportement fréquentiel du filtre.
3. Calculer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \frac{V_s}{V_e}$.
4. Tracer les diagrammes de Bode du filtre. Conclure.

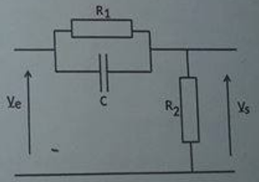


Figure 2: filtre à étudier $C = 10\mu F$, $R_1 = 1\,K\Omega$ et $R_2 = 111.11\,\Omega$

Excercice 3:

Soit le circuit de la figure 3; la tension d'entée est supposé sinusoïdale :

$$V_e = E_M \sin(\omega t)$$

1. On suppose au départ que la diode est idéale ($1^{ière}$ approximation):
   Déterminer la tension de sortie, V_s, et tracer la caractétique de transfert $V_s = f(V_e)$.
2. Refaire la même question on tenant compte de la tension seuil et la résistance dynamique de la diode (V_{seuil}, R_d) ($3^{ième}$ approximation).

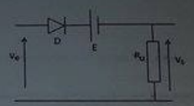


Figure 3: Circuit à diode

Excercice 4:

Soit le circuit à base du transistor bipolaire NPN présenté sur la figure 4. Il s'agit du transistor 2N1711, dont les caractéristiques sont données sur le document réponse 5.

On donne: $V_{BB} = 1.25\,V$, $R_B = 12\,k\Omega$, $V_{CC} = 12\,V$ et $R_C = 820\,\Omega$.

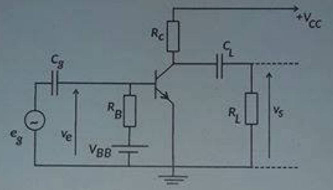


Figure 4: Circuit à base du transistor bipolaire

Étude statique

1. De quel type de montage s'agit-il? Quelle sont les propriétés d'un tel montage?
2. Quel sont les rôles des condensateurs C_g et C_L ?
3. Donner le schéma équivalent statique du montage.
4. Déterminer l'équation de la droite d'attaque, tracer la sur le document réponse 5 et placer alors le point de fonctionnement d'entrée P_{FE}. Quelles sont les coordonnées I_{B0} et V_{BE0} du point P_{FE}.
5. Sachant que le coefficient d'amplification en courant, du transistor 2N1711, $\beta = 150$, tracer caractéristique de transfert en courant $I_C = f(I_B)$.
6. Déterminer l'équation de la droite de charge, tracer la sur le document réponse 5 et placer alors le point de fonctionnement de sortie P_{FS}. Quelles sont les coordonnées I_{C0} et V_{CE0} du point P_{FS}.

Étude dynamique

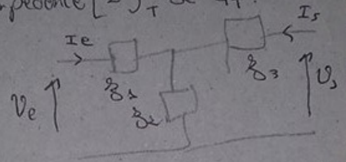
1. Donner le schéma équivalent du montage aux basses fréquences petits signaux.
2. Calculer l'amplification en tension A_V, sachant que $h_{12} = h_{22} = 0$.

CC 2016/2017 : Electronique :

(1)

Exercice 1 :

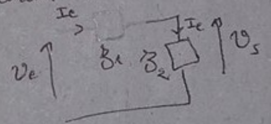
1/ les paramètres impédance $[Z]_T$ de Q_T.



$$\begin{pmatrix} V_e \\ V_s \end{pmatrix} = [Z_T] \begin{pmatrix} I_e \\ I_s \end{pmatrix}.$$

$$z_{11} = \left.\frac{V_e}{I_e}\right)_{I_s=0}$$

le circuit devien

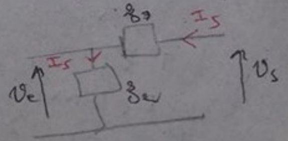


$$V_e = (z_1 + z_2) I_e$$

$$\boxed{z_{11} = z_1 + z_2}$$

$$z_{21} = \left.\frac{V_s}{I_e}\right)_{I_s=0}$$

on a $V_s = z_2 I_e$.



$$\boxed{z_{21} = z_2}$$

$$z_{12} = \left.\frac{V_e}{I_s}\right)_{I_e=0}$$

$V_e = I_s z_2 \Rightarrow \boxed{z_{12} = z_2}$

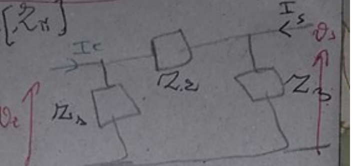
$$z_{22} = \left.\frac{V_s}{I_s}\right)_{I_e=0}$$

$V_s = (z_3 + z_2) I_s$.

$$\boxed{z_{22} = z_3 + z_2}$$

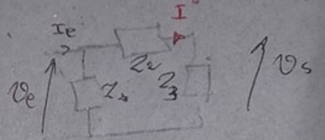
$$\boxed{[Z_T]_{Q_T} = \begin{pmatrix} z_1+z_2 & z_2 \\ z_2 & z_2+z_3 \end{pmatrix}}$$

2/- les paramètres impédence $[Z_T]$



$$\begin{pmatrix} V_e \\ V_s \end{pmatrix} = [Z_T]_{Q_T} \begin{pmatrix} I_e \\ I_s \end{pmatrix}$$

- $Z_{11} = \left.\dfrac{V_e}{I_e}\right|_{I_s=0}$

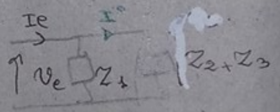


$V_e = I_e Z_{eq}$

$Z_{eq} = (Z_2+Z_3) // Z_1$

$$Z_{eq} = \frac{Z_1(Z_2+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3} \Rightarrow \boxed{Z_{11} = \frac{Z_1(Z_2+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}}$$

- $Z_{21} = \left.\dfrac{V_s}{I_e}\right|_{I_s=0}$



$V_s = I° Z_3$

calculons $I°$ (Deviseur de courant)

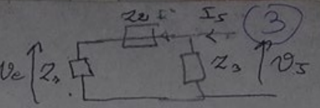
$$I° = I_e \frac{\frac{1}{Z_2+Z_3}}{\frac{1}{Z_2+Z_3}+\frac{1}{Z_1}} = I_e \frac{Z_1}{Z_1+Z_2+Z_3}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_s}{I_e} = \frac{Z_1 Z_3}{Z_1+Z_2+Z_3} = Z_{21}}$$

- $Z_{12} = \left.\dfrac{V_e}{I_s}\right|_{I_e=0}$

3

$v_e = I^\circ Z_1$



déterminons I° (Diviseur courant)

$$I^\circ = \frac{I_s \frac{1}{Z_1+Z_2}}{\frac{1}{Z_1+Z_2}+\frac{1}{Z_3}} = \frac{I_s Z_3}{Z_1+Z_2+Z_3}$$

$$\boxed{Z_{12} = \frac{Z_1 Z_3}{Z_1+Z_2+Z_3}}$$

$$Z_{22} = \left.\frac{v_s}{I_s}\right)_{Ie=0} \qquad v_s = Z_{eq} I_s$$

$$Z_{eq} = (Z_2+Z_1) \,//\, Z_3 = \boxed{\frac{Z_3 (Z_2+Z_1)}{Z_1+Z_2+Z_3}}$$

$$\boxed{[Z_\pi] = \begin{pmatrix} \frac{Z_1(Z_2+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3} & \frac{Z_3 Z_1}{Z_1+Z_2+Z_3} \\ \frac{Z_3 Z_1}{Z_1+Z_2+Z_3} & \frac{Z_3(Z_2+Z_1)}{Z_1+Z_2+Z_3} \end{pmatrix}}$$

3/ $[Z_T] = [Z_\pi]$

$$\begin{cases} z_1 + z_2 = Z_1 \,//\, (Z_2+Z_3) \\ z_2 = \frac{Z_3 Z_1}{Z_1+Z_2+Z_3} \\ z_3 + z_2 = Z_3 \,//\, (Z_2+Z_1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} z_1 = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1+Z_2+Z_3} \\ z_2 = \frac{Z_3 Z_1}{Z_1+Z_2+Z_3} \\ z_3 = \frac{Z_3 Z_2}{Z_1+Z_2+Z_3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{z_1} = \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{Z_3}{Z_1 Z_2} \\ \frac{1}{z_2} = \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_3}+\frac{Z_2}{Z_1 Z_3} \\ \frac{1}{z_3} = \frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_2}+\frac{Z_1}{Z_3 Z_2} \end{cases}$$

conclure ??

Exercice 2 :

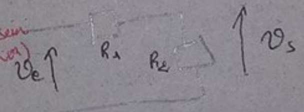
1/ le degré du filtre proposé est 1 -
car le filtre contient 1 seul condensateur (elt depend de ω).

2/- analyse rapide
R ne depend pas de fréquence
Z_c depend de fréquence. $Z_c = \frac{1}{jC\omega}$

- pour les Base fréquence : $\omega \to 0$
$Z_c \to \infty$. —| |— ≡ —/ o— (Circuit ouvert)

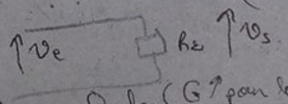
le circuit devient :

$$H(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$ (Diviseur Tension)



- pour les hauts fréquence. $\omega \to \infty$. $Z_c \to 0$ —| |— ⇒ —o—o— (court circuit)

le circuit devient.

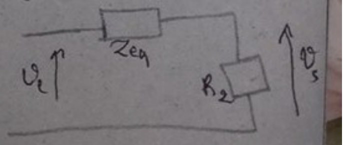


$v_e = v_s \Rightarrow H(j\omega) = 1$

alors il s'agit du filtre passe haut. (G ↗ pour les HF)

3/- fonction du transfert.

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{v_s}{v_e}$$



. Diviseur de Tension:

$$H(j\omega) = \frac{R_2}{Z_{eq} + R_2}$$

$$Z_{eq} = R_1 \| Z_{C_1} = \frac{R_1/jC\omega}{R_1 + \frac{1}{jC\omega}} = \cancel{\frac{R_1}{1 + R_1 jC\omega}}$$

$$Z_{eq} + R_2 = \frac{R_1/jC\omega + R_2\left(R_1 + \frac{1}{jC\omega}\right)}{R_1 + \frac{1}{jC\omega}}$$

$$\frac{R_2}{Z_{eq} + R_2} = \frac{R_2\left(R_1 + 1/jC\omega\right)}{R_1/jC\omega + R_2 R_1 + R_2/jC\omega}$$

$$= \frac{R_2(1 + jR_1 C\omega)}{R_2 + R_1 + jR_1 R_2 C\omega}$$

$$\underline{H}(j\omega) = H(0)\,\frac{1 + jR_1 C\omega}{1 + j\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C\omega}$$

$H(0) = 1/10$

• $H(0) = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$

$$\boxed{\underline{H}(j\omega) = H(0)\, H_1 H_2}$$

• $H_1 = 1 + j\frac{\omega}{\omega_1}$ • $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C} = \boxed{100 \text{ rd s}^{-1}}$

• $H_2 = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_2}}$ • $\omega_2 = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} = \boxed{10^4 \text{ rd s}}$

4/- diagramme de Bode

étude de H_2 $H_2 = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_2}}$

$\phi(\text{degré}) = 90°$ (3) droite horizontal $\omega > \omega_1$ (7)

Diagramme réel :

$$H(j\omega_1) = \frac{1}{10} \times \frac{1+j}{1+j\,0{,}01}$$

$$\|H(j\omega_1)\| = \frac{1}{10} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{1+(0{,}01)^2}} = \boxed{0{,}14}$$

$$G_{dB} = 20\log(0{,}14) = \boxed{-16{,}99\ dB}$$

$$\phi = \arg(H(j\omega_1)) = 0 + tg^{-1}(1) - tg^{-1}\left(\frac{0{,}01}{1}\right) = \boxed{44{,}42°}$$

$$\text{pt. A} : \begin{cases} G_{dB} = -16{,}99 \\ \phi(\text{degré}) = 44{,}42 \end{cases}$$

$$H(j\omega_2) = \frac{1}{10} \times \frac{1+j100}{1+j}$$

$$\|H(j\omega_2)\| = \frac{1}{10} \times \frac{\sqrt{1+(100)^2}}{\sqrt{2}} = 7{,}07$$

$$\begin{cases} G_{dB} = 20\log\|H(j\omega_2)\| = 16{,}99\ dB \\ \phi(\text{degré}) = 0 + tg^{-1}(100) - tg^{-1}(1) = 44{,}42° \end{cases} \text{B.}$$

Diagramme de Bode

(*) $\log(\omega_2) = \log(100\,\omega_1) = 2\log(\omega_1)$

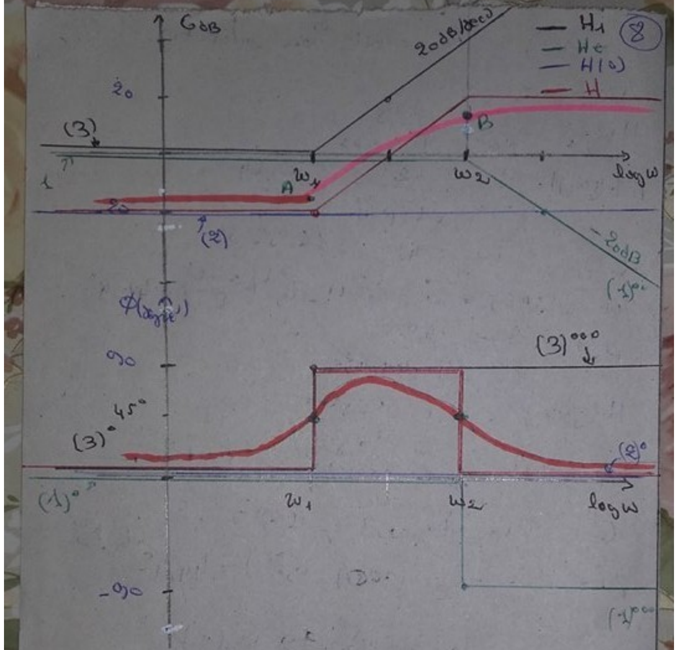
$$G_{dB}(H) = 20\log(H) = 20\log(H(0)) + 20\log(H_1) - 20\log(H_2).$$

$\omega < \omega_1$.

$$G_{dB} = -20 + 0 = \boxed{-20}$$

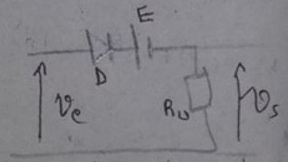
C/C : la diode constitue que des élts passifs mais le Gain en dB > 0 $\Rightarrow$ ce filtre n'existe pas.

8



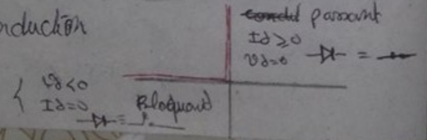
Exercice 3 :

$v_e = E_M \sin \omega t$



1/ la diode est Idéal

condition de conduction

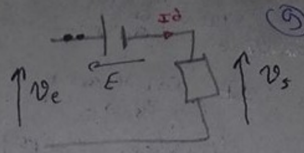


(9)

$v_e = E + v_s$

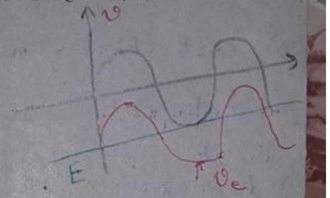
$v_e = E + I_d R_u$

$I_d = \frac{v_e - E}{R_u} > 0.$



$\boxed{v_e > E}$ condition de conduction.

sachant que $v_e = E_m \sin\omega t$.



1er cas : $E < -E_m$.

$v_e > E$ tjrs

le circuit devient

$\Rightarrow \boxed{v_s = v_e - E}$

équation d'un droite de pente 1

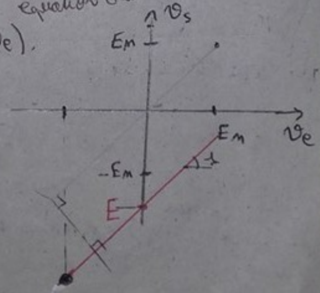
caractéristique $v_s = f(v_e)$.

$v_e = 0 \Rightarrow v_s = -E_m < -E_m$

la droite est de pente 1.

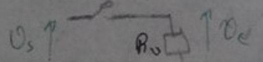
alors parallèle à la droite

$v_e = v_s$.

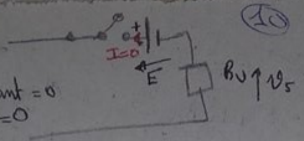


2ème cas : $E > +E_m$.

$I_d < 0 \Rightarrow$ la diode est bloquant. le circuit devient

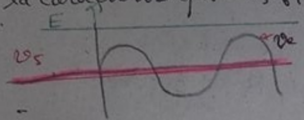


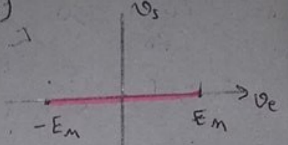
$I_d = 0$, circuit ouvert.



$\boxed{v_s = 0}$ car le courant $= 0$
$v_s = R\,I = 0$

la caractéristique : $v_s = f(v_e)$





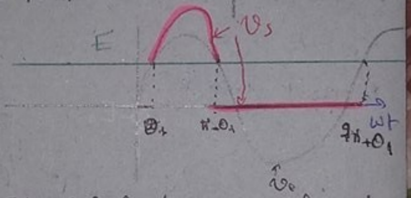
$3^{ème}$ cas : $-E_m < E < E_m$.

pour $\omega t \in [\theta_1, \pi - \theta_1]$.

$v_e > E$.

la diode est passant

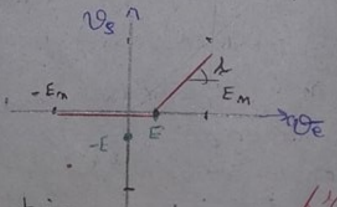
$\boxed{v_s = v_e - E}$



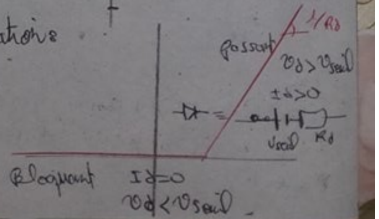
pour $\omega t \in [0, \theta_1] \cup [\pi - \theta_1, 2\pi + \theta_1]$. la diode est bloquant

$\boxed{v_s = 0.}$

la caractéristique :



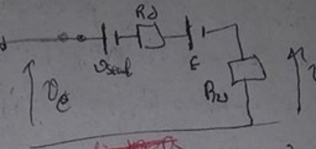
2/- $3^{ème}$ approximation :



• On ~~suppose~~ que la diode est passant. (11)

$I_d \geqslant 0$ $V_d > V_{seuil}$. le circuit devient.

$$V_e = E + V_{seuil} + (R_d + R_u) I_d$$



$$\boxed{I_d = \frac{V_e - (E + V_{seuil})}{R_d + R_u}}$$

on a $V_d = V_{seuil} + V_{R_d} \geqslant V_{seuil}$ (+ jrs verifiée).

$I_d > 0 \implies \boxed{V_e > E + V_{seuil}}$. condition de conduction.

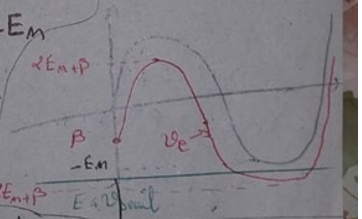
• $V_e = E_m \sin \omega t$.

1er cas: $E + V_{seuil} < -E_m$

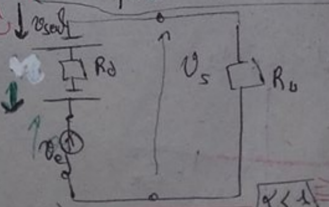
on a tjrs $V_e > E + V_{seuil}$

la diode est passant:

le circuit devient ~~…~~



~~…~~ ~~…~~



Milman:

$$V_s = \frac{\dfrac{V_e - (E + V_{seuil})}{R_d}}{\dfrac{1}{R_d} + \dfrac{1}{R_u}}$$

$$V_s = \frac{R_u}{R_u + R_d}\left(V_e - (E + V_{seuil})\right) = \boxed{\alpha V_e + \beta}$$

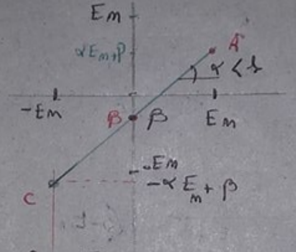
$\boxed{\alpha < 1}$

c'est une droite de pente α (croissante)

$\beta < 0$, $\implies$ V_s est sinusoidale.

- la caractéristique $v_s = f(v_e)$

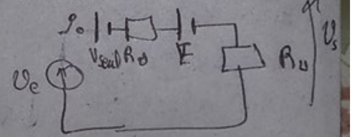
$$\begin{cases} v_e = 0 \Rightarrow v_s = \beta < 0 \ (B) \\ v_e = E_m \Rightarrow v_s = \alpha E_m + \beta < E_m \ (A) \\ v_e = -E_m \Rightarrow v_s = -\alpha E_m + \beta < -E_m \ (C) \end{cases}$$



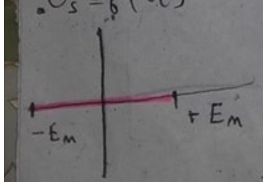
2^{em} cas : $E + v_{seuil} > E_m$

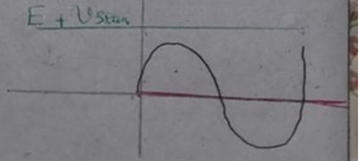
la diode est Bloquant. le circuit devient.

$\boxed{v_s = 0}$ (pas de courant.)



- $v_s = f(v_e)$



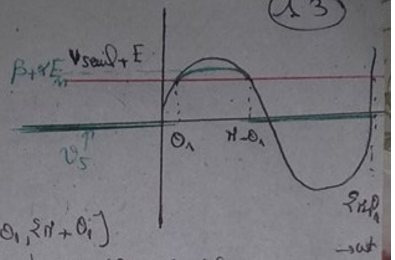


3^{em} cas : $-E_m < v_{seuil} + E < +E_m$

- Si $\omega t \in [\theta_1, \pi - \theta_1]$.

Le circuit est passant car $v_e > v_{seuil} + E$.

$\boxed{v_s = \alpha v_e + \beta}$

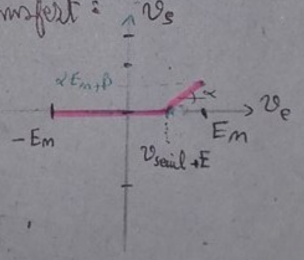


- Si $\omega t \in [0, \theta_1] \cup [\pi - \theta_1, 2\pi + \theta_1]$

le circuit est Bloquant car $v_e < v_{seuil} + E$.

par conséquence ⇒ $\boxed{v_s = 0}$

la caractéristique du transfert :



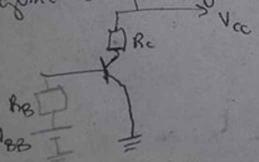
Exo 4 :

Etude statique :

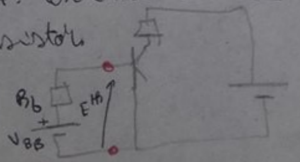
1/- il s'agit du montage Emetteur commun.
v_e l'excitation est au niveau de Base, et v_s sur collecteur.
les propriétés d'un tel montage
- rendre le transistor un quadripole
=

2/ les condensateurs C_g et C_L sont condensateur de liaison, leurs rôle est de séparer les grandeur continu des altérnatifs.
- en statique C_g et C_L $\sim$
- regime dynamique C_g et C_L $\sim$

3/ le shéma equivalent : $\omega = 0$.
regime statique Z_g et $Z_L \rightarrow \infty$. $\Rightarrow$



4- la droite d'attaque. on cherche E^{th} et R^{th}
vu à l'entre du transistor.



$R^{th} = R_b$

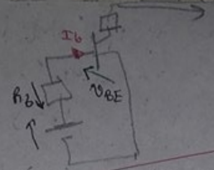
$E^{th} = V_{BB}$

(se calcule à vide, $I = 0$)

• Droite d'attaque.

$I_B = f(V_{BE})$

loi des mail



$V_{BB} = I_b R_b + V_{BE}$

$I_b = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_b} = \boxed{\frac{1,25 - V_{BE}}{12000}}$ (DA)

• equation d'une droite de pente $-\frac{1}{12000}$...

• pt A : $\begin{cases} I_b = 0 \\ V_{BE} = 1,25 \end{cases}$ • pt B - $\begin{cases} V_{BE} = 0 \\ I_b = \frac{1,25}{120000} \end{cases}$

• on represente la droite le pt de fonctionnement est l'intersection de droite d'attaque avec $I_b = f(V_{BE})$.

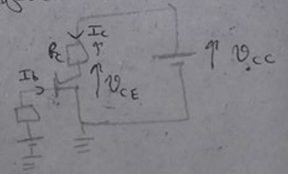
5/ $I_C = \beta I_B = \boxed{150 I_B}$

c'est une equation d'une droite de pente 150.

passe par ($I_C = 0$, $I_B = 0$)

6/ l'équation de charge :

à la sortie



$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$

$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$

$\boxed{I_C = \frac{12 - V_{CE}}{820}}$ • equation d'une droite de pente $-\frac{1}{820}$.

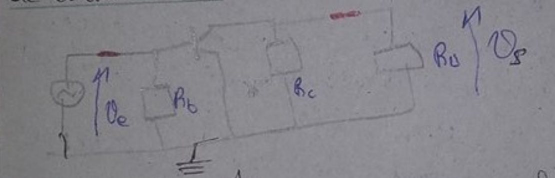
Pt A : $\begin{cases} I_C = 0 \\ V_{CE} = 12 \end{cases}$ pt B $\begin{cases} V_{CE} = 0 \\ I_C = \frac{12}{820} \end{cases}$

les cordonnés de P_{FS} est l'intersection
de la droite de charge et $I_c = f(V_e)$.
(déterminé à partir de I_{B0}).

Etude dynamique :

1. pour les signaux $\dashv\vdash \equiv$ ——— court circuit
le montage devient. (on élimine les sources continue).

le circuit devient :

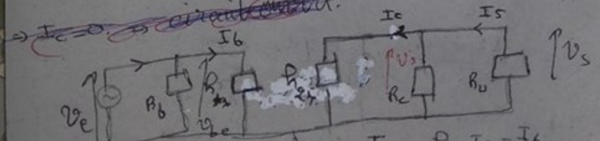


2/ calculons A_v.
le transistor est equivalent à (petit signal) un quadripole dont la représentation hybride

$V_{be} = h_{11} I_b + h_{12} V_{ce}$

$I_c = h_{21} I_b + h_{22} V_{ce}$

On a $h_{12} = h_{22} = 0$. le circuit devient.
~~circuit ouvert~~.
~~$\Rightarrow I_c = 0 \Rightarrow$~~



$I_c = h_{21} I_b = I_b$
$\Rightarrow h_{21} = 1$.

$\cancel{A_v = \frac{V_s}{V_e} = \frac{V_s}{V_{ce}} \times \frac{V_{ce}}{V_e}}$

$\cancel{V_s = -V_{ce} h_{21} R_{eq} = V_{ce} h_{22} \frac{R_u R_c}{R_u + R_c}}$

17

On a $V_{be} = h_{11} I_b$

$I_c = h_{21} I_b = I_b$ $\boxed{h_{21} = 1}$

$h_{22} V_{ce} = 0$ (Generateur de courant)

∘ $A_v = \frac{V_s}{I_b} \times \frac{I_b}{V_e}$

sortie :

$V_s = -I_c Z_{eq} = -I_b \frac{R_c R_u}{R_c + R_u} = \boxed{-I_b Z_{eq}}$

l'entrée :

$V_e = h_{11} I_b \Rightarrow \frac{I_b}{V_e} = 1/h_{11}$

alors $\boxed{A_v = -\frac{Z_{eq}}{h_{11}}}$

h_{11} deduit du graphe.

$Z_{eq} = \frac{R_c R_u}{R_c + R_u}$ $\boxed{R_u = R_c}$