

Cours
Electronique Analogique

1^{ère} EM – Info – Télécom

Semestre 1

Veillez respecter l'auteur de ce document.
Droits de reproduction et de diffusion réservés.

Electronique analogique

TD N1:Les Diodes.

Exercice 1 ✓

Dans le montage de la figure1, les diodes sont considérées idéales.

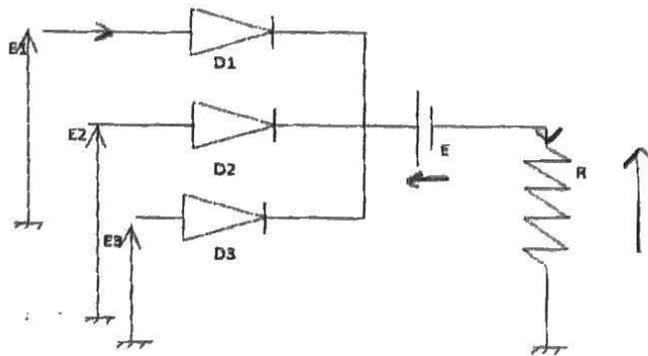


Figure1

$E1=30\text{ V}$ $E2=10\text{ V}$ $E3=15\text{ V}$ $E=10\text{ V}$ $R=20\ \Omega$

1. Montrer qu'une seule des trois diodes est passante et préciser laquelle est passante.
2. Déterminer l'intensité dans la résistance R ainsi que les tensions U_{D1} , U_{D2} et U_{D3} aux bornes des diodes.
3. Quelle sera la d.d.p. aux bornes de R et le courant qui la traverse ?
4. On enlève la source E du montage. La résistance R modélise à présent un radiateur. On remplace $V1$, $V2$, et $V3$ par :

$$V1=311\sin(\omega t - 2\pi/3) \quad V2=220311 \sin(\omega t) \quad V3=311\sin(\omega t + 2\pi/3).$$

On désire connaître la puissance consommée par ce radiateur fonctionnant sur le réseau triphasé.

- 1-Quelle est l'allure de la tension aux bornes de la résistance ?
- 2-En déduire l'allure du courant dans R et la puissance consommée par ce radiateur.
- 3-tracer l'allure de la tension aux bornes d'une diode.

Exercice 2

Dans le montage de la Figure 2, les diodes ont une résistance dynamique négligeable.

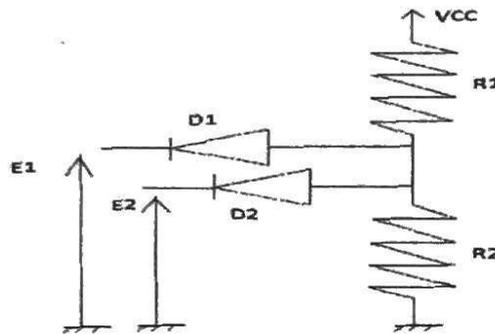


Figure2

On donne $VCC = 5V$, $R1 = 10k\Omega$, $R2 = 100k\Omega$ et $V0 = 0,7V$.

$V1$ et $V2$ sont des tensions égales à $0V$ ou $5V$.

Déterminer l'état des diodes et calculer les valeurs des tensions $VD1$, $VD2$, Vs aux bornes de $R2$, dans chacun des cas suivants:

- a) $V1 = 0V$ et $V2 = 0V$
- b) $V1 = 5V$ et $V2 = 0V$
- c) $V1 = 0V$ et $V2 = 5V$
- d) $V1 = 5V$ et $V2 = 5V$

En supposant que l'on attribue le niveau logique 0 à des tensions comprises entre $0V$ et $0,8V$ et le niveau logique 1 à des tensions comprises entre $3V$ et $5V$, donner la table de vérité de ce montage.

Quelle est la fonction logique réalisée ?

Exercice 3

Dans le montage de la Figure 3 les diodes sont supposées parfaites et les générateurs idéaux.

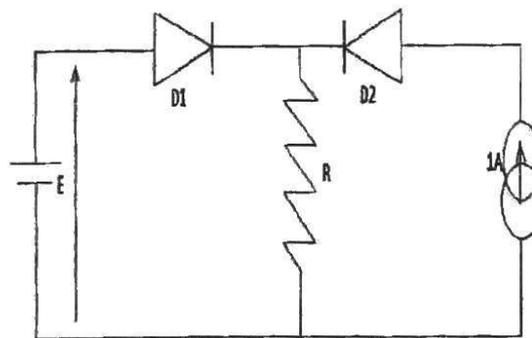


Figure3

On donne $R=20\Omega$.

1. Quel est l'état de la diode D2. Justifier.
2. Calculer l'intensité du courant traversant la résistance pour les 2 cas suivants :

a- $E = 10\text{ V}$

b- $E = 30\text{ V}$

Exercice 4 ✓

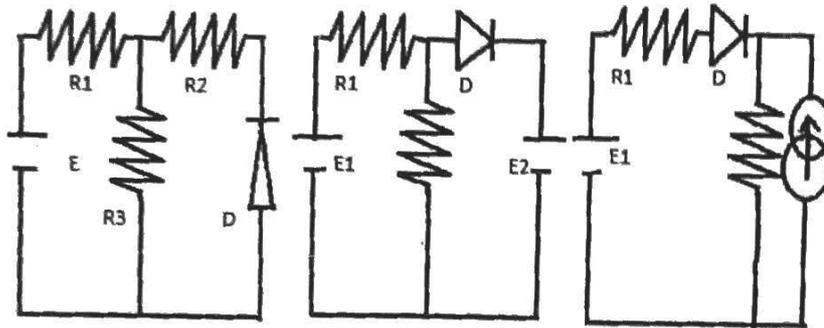


Fig 4.1

fig 4.2

fig 4.3

Fig4.1 : $E=5\text{V}$; $R1=R2=1\text{K}$ et $R3=2\text{K}$

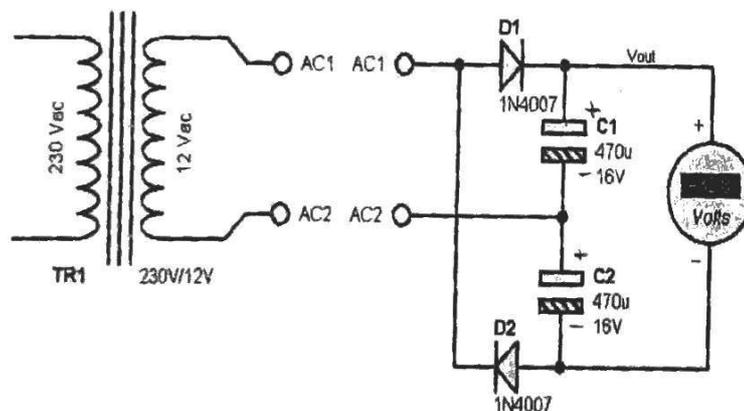
Fig4.2: $E1=8\text{V}$; $R1=3\text{K}$; $R2=1\text{K}$ et $E2=5\text{V}$.

Fig4.3 : $E1=15\text{V}$; $R1=1\text{K}$; $R2=2\text{K}$ et $I=5\text{mA}$.

- 1-Déterminer pour les trois montages ci-dessus l'état de la diode.
- 2-Calculer dans chaque cas la valeur du courant qui traverse la diode.

Exercice 5 ✓

Dans le circuit de la figure 5, un montage à base de diodes est branché à la sortie d'un transformateur de tension alternative 230/12V.



- 1-Donnez une explication à l'indication du voltmètre placé à la sortie du montage.
- 2-Quelle est la fonction réalisée par ce montage?

Exercice 6 ✓

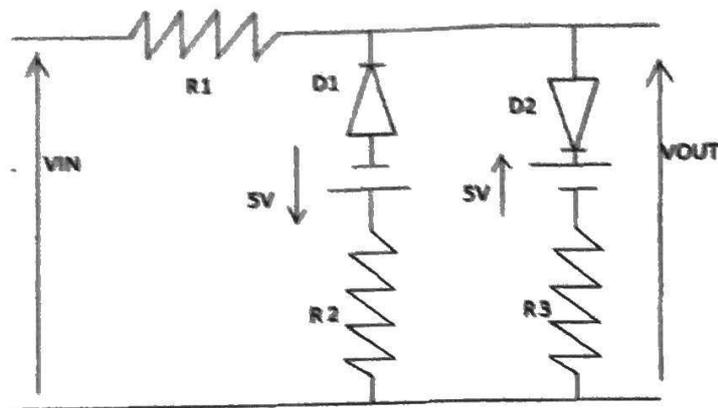


Figure 6

1-Expliquer le fonctionnement du circuit de la figure 6.

2-Tracer V_{OUT} en fonction de V_{IN} , sachant que $V_{IN}=12\sin(100\pi t)$ et $R1=R2=R3$.

3-Dans le cas où le circuit est chargé par une résistance égale à $R1$ et que les résistances $R2$ et $R3$ sont remplacées par des courts circuits, tracer l'allure de V_{OUT} pour la même entrée V_{IN} .

Exercice 7 ✓

Dans le montage de la Figure 7, la diode Zener a une tension Zener U_Z égale à 6,2V et sa puissance maximale est de 1,3W.

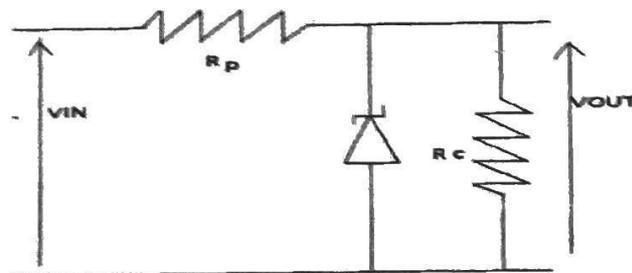


Figure 7

On cherche à stabiliser la tension aux bornes de la charge R_c .

1-Expliquer le fonctionnement du montage de la figure 7 et en déduire l'expression de V_{OUT} en fonction des éléments du montage

2-Exprimer la variation de V_{OUT} en fonction de la variation de V_{IN} : dV_{OUT}/dV_{IN} .

3-Déterminer le courant maximal qui peut traverser la diode.

4-On fixe $R_c = R_p = 100\Omega$.

Entre quelles limites peut varier V_{IN} pour qu'il y ait stabilisation de la tension V_{OUT} ?

5-On fixe $E = 24V$.

-Pour $R_p = 100\Omega$, Entre quelles limites peut varier R_c pour qu'il y ait stabilisation de la tension V_{out} ?

-Pour une charge fixe R_c de 100Ω , calculer la résistance de protection convenable.

Exercice 8

On cherche à afficher les buts d'un match de football sur un écran à un digit numérique.

Pour cela nous avons besoin d'un afficheur à sept segments le FND310C.

L'information relatives au nombre de buts réalisés provient d'un décodeur le 7447.

Les caractéristiques de l'afficheur ainsi que le décodeur sont données ci-dessous :

Un schéma de câblage est proposé dans la figure8.

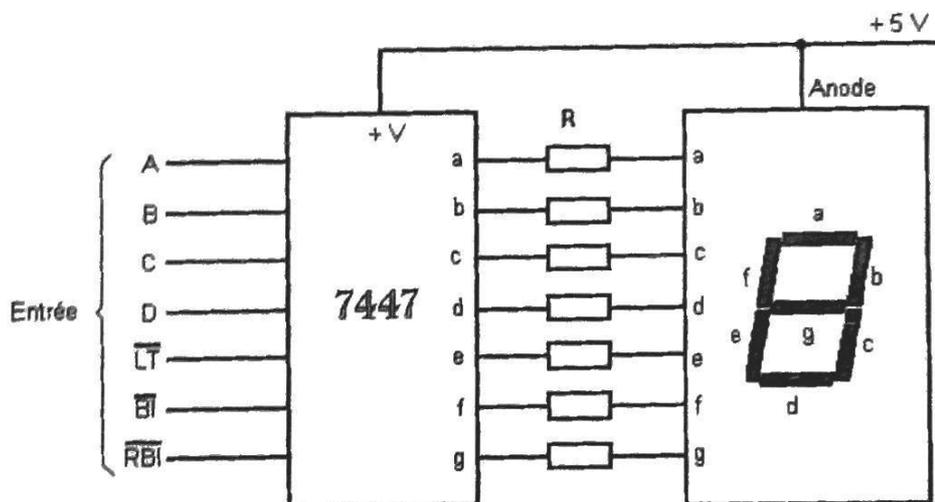


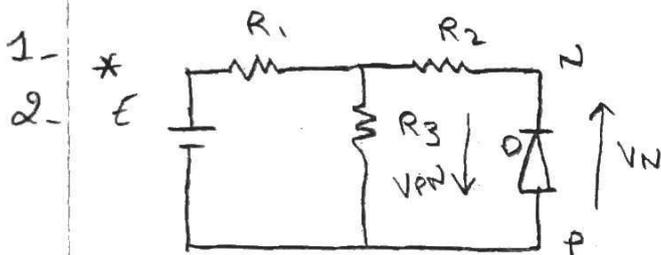
Fig.8 . - Afficheur 7 segments commandé par un décodeur 7447.

1-Expliquer la connexion de l'anode commune à la tension de 5V.

2-Justifier la présence des résistances et calculer leur ordre de grandeur, sachant que les caractéristiques du décodeur sont données dans le tableau ci-dessous.

Les diodes

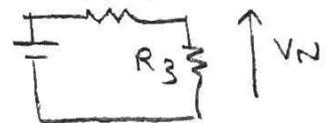
Exercice 4:



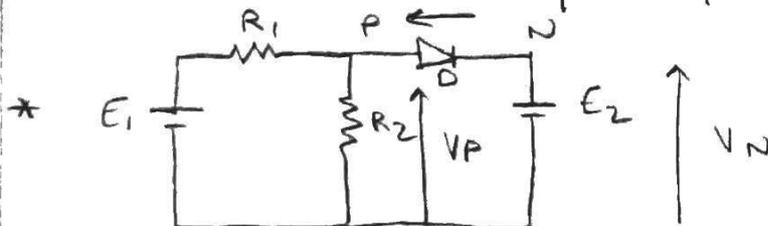
A $t=0$, on suppose la diode est bloquée.
Calcul de V_{PN} : (\Rightarrow circuit ouvert $\Rightarrow R_2$
 n'a + d'effet $\Rightarrow R_1$
 ($V_P = 0$))

$$V_N = \frac{ER_3}{R_3 + R_1}$$

$$V_{PN} = V_P - V_N = -\frac{ER_3}{R_1 + R_3} < V_0$$



La diode va rester bloquée, $I=0$



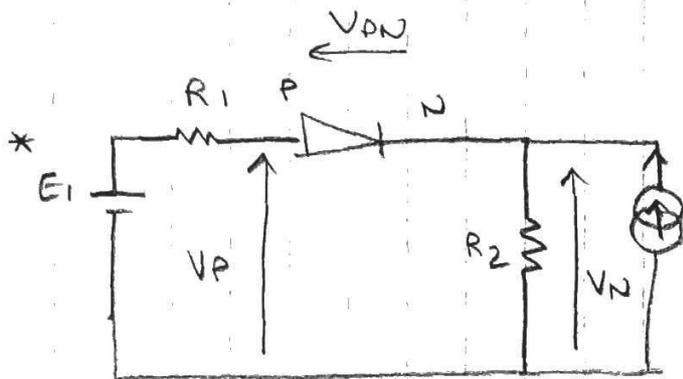
A $t=0$, la diode est bloquée.

Calcul de V_{PN} :

$$V_P = \frac{E_1 R_2}{R_2 + R_1}, \quad V_N = E_2$$

$$V_{PN} = V_P - V_N = \frac{E_1 R_2}{R_1 + R_2} - E_2 = -3$$

Cette diode est tj's bloquée et $I=0$.



(le courant ne peut pas rentrer dans la diode → I rentre dans R2)

A $t = 0$, la diode est bloquée.

Calcul de V_{PN} :

$$V_P = E_1$$

$$V_N = R_2 I$$

$$V_{PN} = V_P - V_N$$

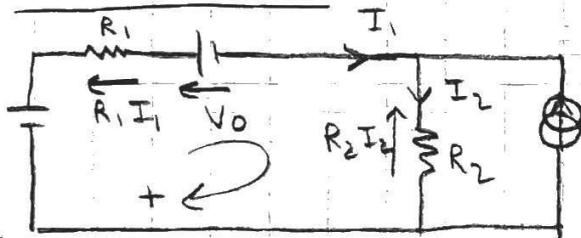
$$= E_1 - R_2 I$$

$$= 15 - 10$$

$$= 5 \text{ V} > V_0$$

la diode peut conduire

Calcul de I :



(V_0 de la diode n'est pas un vrai générateur, I_1 rentre du + de la diode)

$R_d \ll R_1, R_2$
On la néglige dans la représentat° de la diode

$$E_1 - R_1 I_1 - V_0 - R_2 I_2 = 0$$

$$E_1 - R_1 I_1 - V_0 - R_2 (I_1 + I) = 0$$

$$E_1 - V_0 - 5R_2 = I_1 (R_1 + R_2)$$

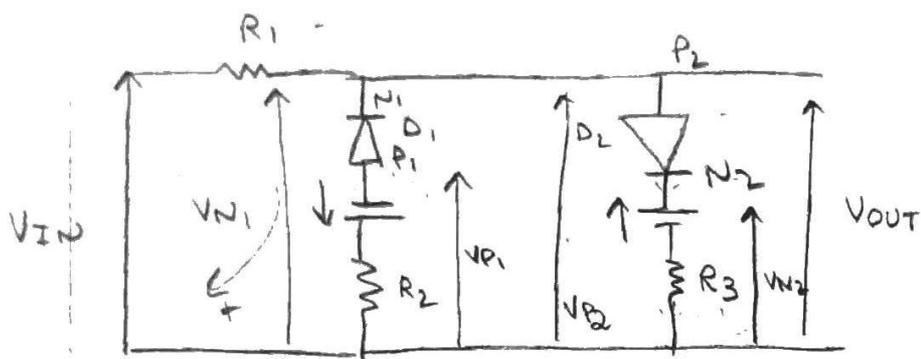
$$I_1 = \frac{E_1 - V_0 - 5R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 - V_0}{3} = \frac{4,4}{3}$$

$$I_2 = I_1 + I = \frac{4,4}{3} + 5 = \frac{19,4}{3} \text{ mA}$$

la tension aux bornes de la source de courant:

$$R_2 I_2 = 13 \text{ V}$$

Exercice 6:



1. A $t=0$, les diodes sont bloquées
Calcul de V_{P1N1} :

$$V_{N1} = V_{IN}$$

$$V_{P1} = -5V$$

$$V_{P1N1} = V_{P1} - V_{N1} = -5 - V_{IN}$$

La diode D_1 peut conduire si $-5 - V_{IN} > V_0$
 $V_{IN} < -5 - V_0$

Calcul de V_{P2N2} :

$$V_{P2} = V_{IN}$$

$$V_{N2} = 5V$$

$$V_{P2N2} = V_{P2} - V_{N2} = V_{IN} - 5$$

La diode D_2 va conduire quand $V_{IN} - 5 > V_0$
 $V_{IN} > V_0 + 5$

- (1) Si $-\infty < V_{IN} < -5 - V_0 \Rightarrow D_1$ va conduire, D_2 bloqué
- (2) Si $-5 - V_0 < V_{IN} < V_0 + 5 \Rightarrow D_1$ et D_2 bloqués
- (3) Si $V_0 + 5 < V_{IN} < +\infty \Rightarrow D_2$ conduit, D_1 bloqué.

Allure de V_{out} :

2- (1) $V_{out} = V_{IN} + R_1 I$ (quand D_1 conduit)
 avec $I = -\frac{(V_{IN} + 5 + V_0)}{R_2 + R_1}$ (courant de droite à gauche)

$$V_{out} = V_{IN} - R_1 \left(\frac{V_{IN} + 5.6}{2R_1} \right) = V_{IN} \left(1 - \frac{1}{2} \right) = \frac{5.6}{2}$$

$$V_{IN} + R_1 I + V_0 + 5 + R_2 I = 0$$

$$V_{out} = \frac{1}{2} V_{IN} - 2,8$$

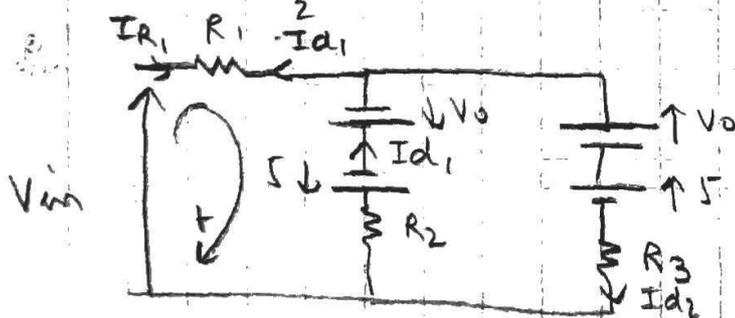
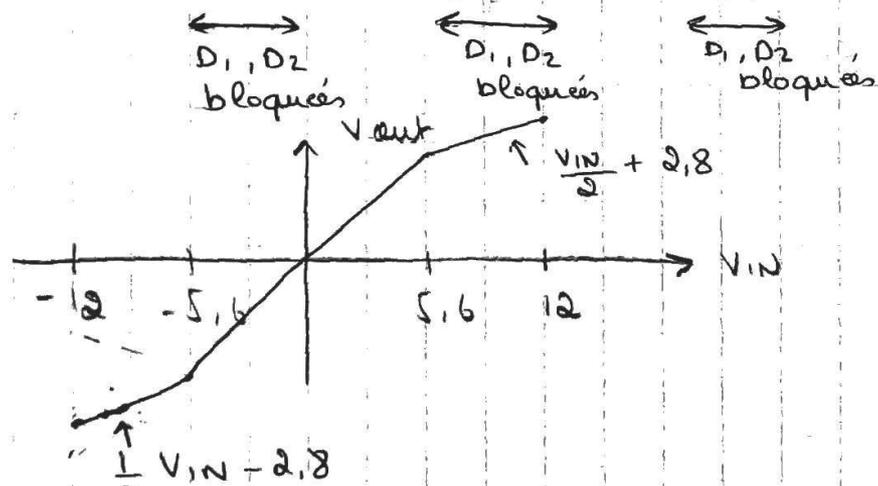
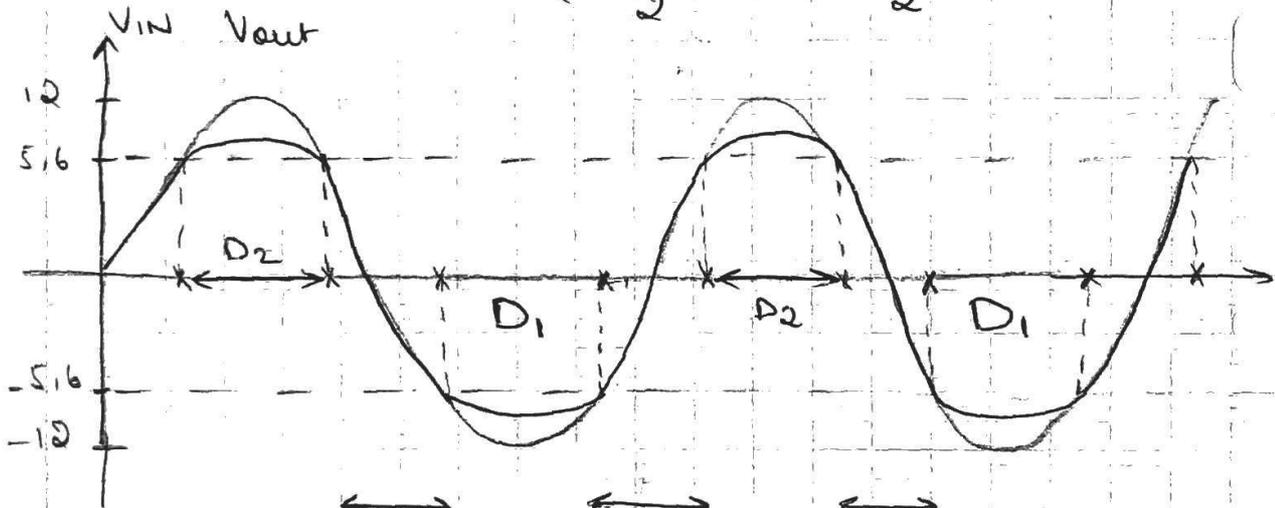
(2) $V_{out} = V_{IN}$

(3) $V_{out} = V_{IN} - R_1 I$ (courant de gauche vers la droite)

$$I = \frac{V_{IN} - V_0 - 5}{R_1 + R_3}$$

$$= \frac{V_{IN} - 5,6}{2 R_1}$$

$$\Rightarrow V_{out} = V_{IN} - \left(\frac{V_{IN} - 5,6}{2} \right) = \frac{V_{IN}}{2} + 2,8$$



$$I_{d1} = \frac{V_{in} + 5,6}{R_1 + R_2}$$

quand D_1 conduit
 D_2 bloqué

$$V_{in} - R_1 I_{d2} - V_0 - 5 - R_3 I_{d2} = 0$$

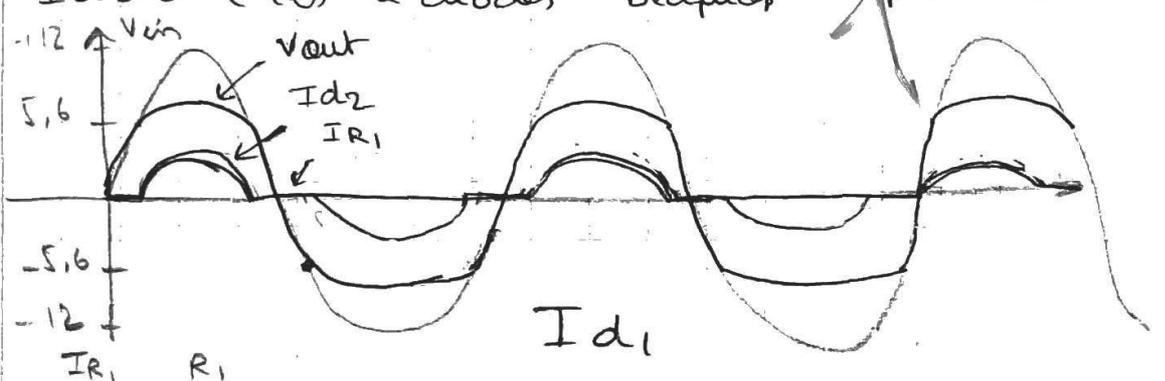
$$V_{in} - V_0 - 5 = I_{d2} (R_1 + R_3)$$

$$I_{d2} = \frac{V_{in} - 5,6}{R_1 + R_3}$$

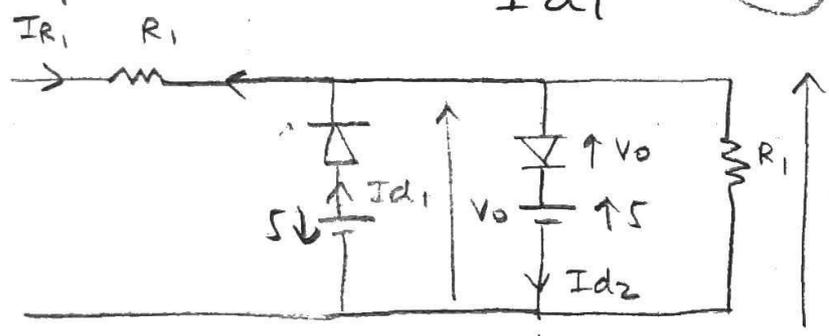
D_1 bloqué
 D_2 conduit

$I_{R1} = -I_{d1}$ quand D_1 passant, $I_{R1} = I_{d2}$ quand D_2

$I_d = 0$ (les 2 diodes bloquées)



3-



à $t = 0$ diode bloquées..

$$V_{N1} = \frac{V_{IN}}{2} \quad \text{et } V_{P1} = -5 \Rightarrow V_{PN1} = -5 - \frac{V_{IN}}{2}$$

$$V_{P2} = \frac{V_{IN}}{2} \quad \text{et } V_{N2} = 5 \Rightarrow V_{P2N2} = \frac{V_{IN}}{2} - 5$$

$$\Rightarrow V_{PN1} > V_0 \quad \text{si } -5 - \frac{V_{IN}}{2} > 0,6$$

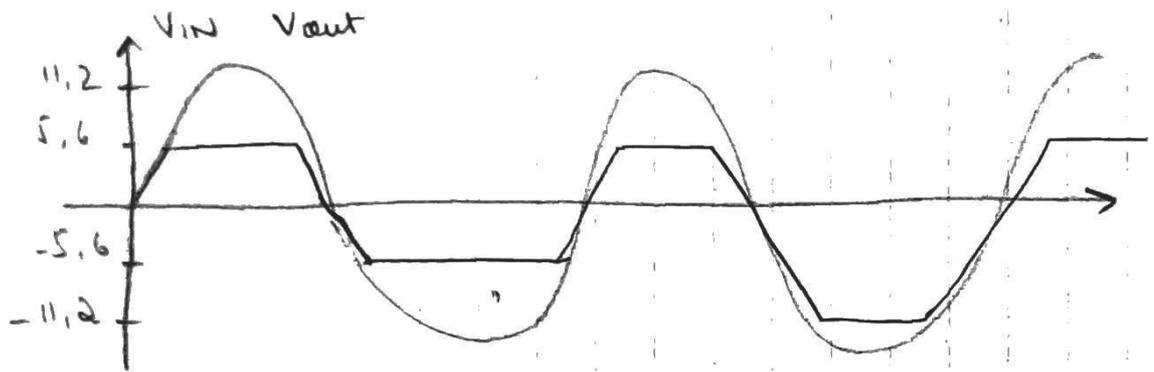
$$\Rightarrow \frac{V_{IN}}{2} < -5,6 \Rightarrow V_{IN} < -11,2 \Rightarrow V_{out} = -5,6$$

$$\Rightarrow V_{P2N2} > V_0 \quad \text{si } \frac{V_{IN}}{2} - 5 > 0,6$$

$$\Rightarrow V_{in} > 5,6 \times 2$$

$$> 11,2 \quad \Rightarrow V_{2out} = 5,6$$

et $V_{out} = \frac{V_{in}}{2}$ quand D_1, D_2 bloquées



Exercice 1:

Le courant passe toujours du potentiel le + élevé au potentiel le + faible. Dans le cas d'un circuit avec diode, c'est la diode qui impose le courant.

1) A $t=0$, D_1, D_2, D_3 bloquées

$$V_{P_1N_1} = E_1 - E = 20 > 0$$

$$V_{P_2N_2} = E_2 - E = 0$$

$$V_{P_3N_3} = E_3 - E = 5 > 0$$

On considère D_1 passant en 1^{er} (car elle atteint 0,6 en 1^{er})

$$V_{P_2N_2} = E_2 - E_1 = -20 < 0 \quad D_2 \text{ bloquée}$$

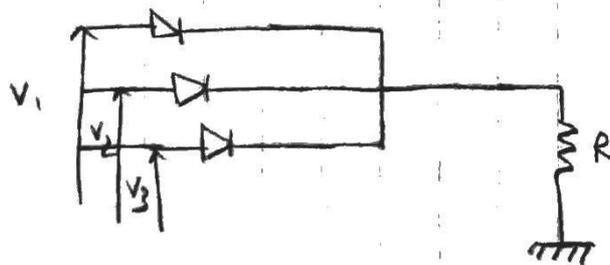
$$V_{P_3N_3} = E_3 - E_1 = -15 < 0 \quad D_3 \text{ bloquée}$$

2) $U_{D_1} = 0$; $U_{D_2} = E_2 - E_1 = -20$; $U_{D_3} = E_3 - E_1 = -15$

$$e_1 - R_1 i - E = 0 \Rightarrow i = \frac{E_1 - E}{R_1} = \frac{20}{20} = 1A$$

3) $U_{R_1} = R_1 i = 20V$

4)

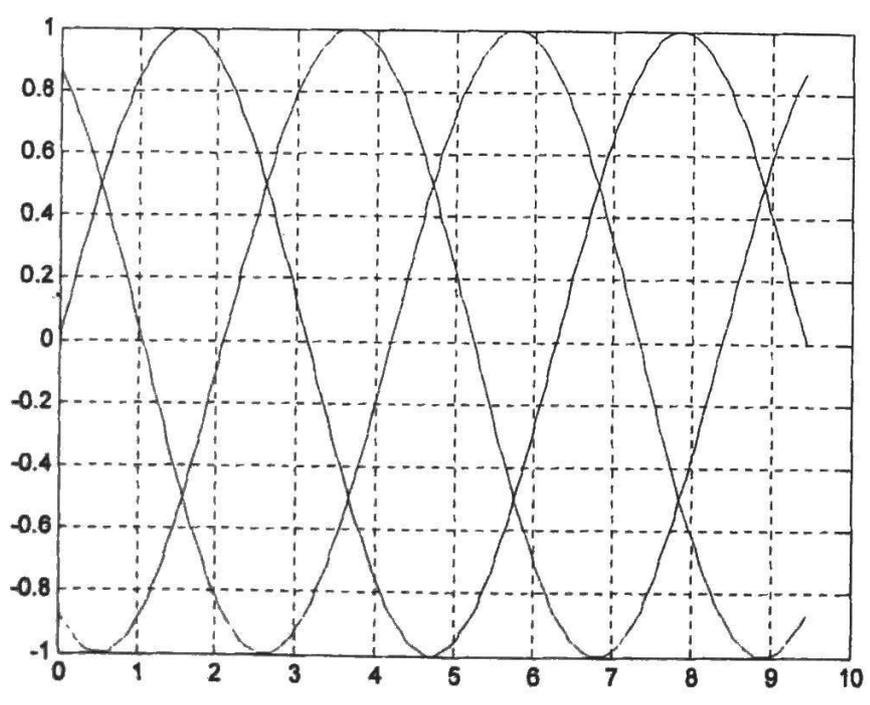
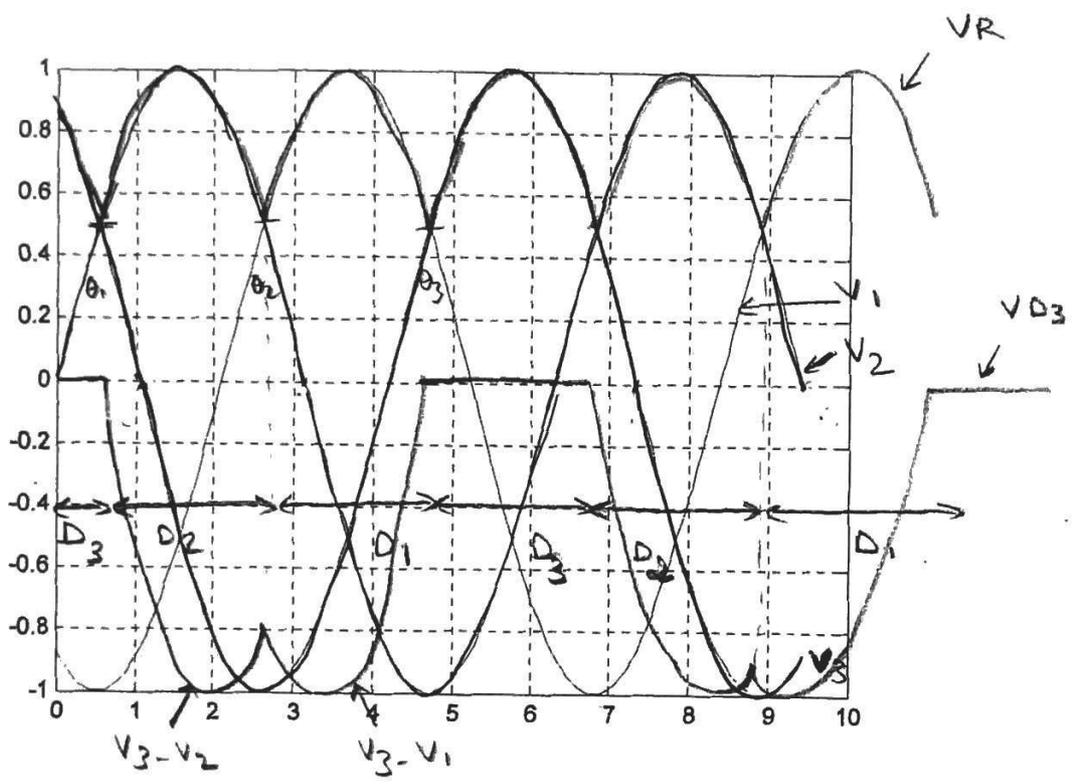


A $t=0$, D_1, D_2 et D_3 bloquées

$$V_{P_1N_1} = v_1 = 311 \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

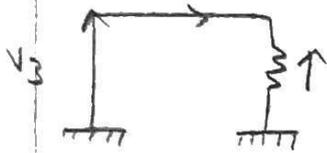
$$V_{P_2N_2} = 311 \sin(\omega t)$$

Exercice 1



$$V_{BN3} = 311 \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

On considère D_3 passante en t_1^a (car elle atteint 0,6 en t_1^a)



$$i_{d3} = \frac{V_3}{R} = \frac{311}{20} \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

$$i_{d3} = 0 \Rightarrow \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) = 0 \Rightarrow \omega t + \frac{2\pi}{3} = K\pi, K \in \mathbb{Z}$$

la 1^{ère} fois sera pour $K=0 \Rightarrow \omega t = -\frac{2\pi}{3}$
 $\Rightarrow \theta_1 = \frac{-2\pi}{3\omega}$

$V_3 > 0$ en t_1^a , D_3 conduit

$$\Rightarrow V_{d2} = V_2 - V_3$$

$$V_{d1} = V_1 - V_3$$

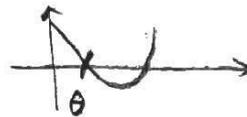
Or à $\theta = \theta_1$, $V_2 - V_3 > 0 \Rightarrow D_2$ peut devenir passante

$V_1 - V_3 < 0$ D_1 reste bloquée

$\Rightarrow D_3$ va se bloquée car D_2 passante

à $\theta = \theta_1^+$, $V_{d3} = V_3 - V_2 < 0$ donc elle reste bloquée.

⚠ Si D_3 est seule dans le montage elle se bloquerait à l'instant où V_3 s'annule en devenant < 0



à $\theta > \theta_1$, $V_{d2} = 0$

$$V_{d3} = V_3 - V_2 < 0$$

à $\theta = \theta_2$, $V_{d1} > 0 \Rightarrow D_1$ passante

$\Rightarrow D_2$ va se bloquer.

En effet, ($V_{d2} = V_2 - V_3 < 0$)

$$2- \quad V_R = \begin{cases} V_1 & \text{quand } D_1 \text{ conduit} \\ V_2 & \text{quand } D_2 \text{ conduit} \\ V_3 & \text{quand } D_3 \text{ conduit} \end{cases}$$

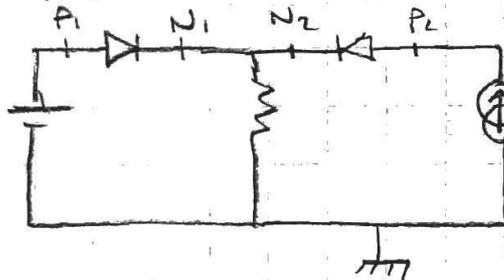
$$P_R = \frac{V_R^2}{R}, \quad i_R = \frac{V_R}{R}$$

Exercice 3:

1- D_2 est passante car elle est en série avec une source de courant idéale qui impose son courant. D_2 est passante $\forall E$.

2.a- à $t=0$, on considère D_1 bloquée:

$$V_{P_1, N_1} = E - V_{R_1} = E - RI = E - R = -10 < 0$$



Donc, D_1 est bloquée et $I_R = 1A$

b- Pour $E = 30V$,

$$V_{P_1, N_1} = E - V_{R_1} = 30 - 20 = 10$$

Donc, D_1 va pouvoir conduire

On, $V_R = E$ (D_1 conduit)

$$30 = RI_R$$

$$I_R = \frac{30}{20} = 1,5 A$$

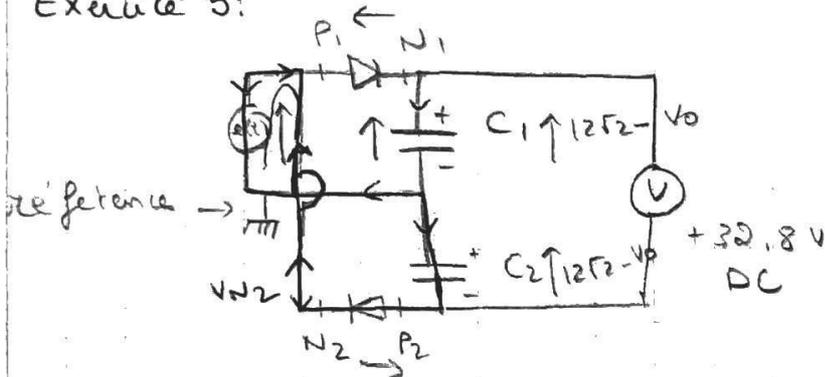
$$I_{D_1} = 1,5 - I = 0,5 A$$

$$I_{D_2} = I = 1 A$$

Quand D_1 et D_2 conduisent, $V_{sc} = 30V$.

Quand D_1 est bloqué, $V_{sc} = 20V$.

Exercice 5:



A $t=0$, les diodes sont bloquées, les capacités vides

$$V_{P1} = e(t), \quad V_{N1} = 0$$

$\Rightarrow V_{P1, N1} = e(t)$. Donc D_1 conduit si $e(t) > V_0$

$$\left. \begin{array}{l} V_{P2} = 0 \\ V_{N2} = e(t) \end{array} \right\} \Rightarrow V_{P2, N2} = -e(t)$$

Donc, D_2 conduit si $e(t) < V_0$

Quand $e(t) > 0,6 \Rightarrow D_1$ conduit

$$e(t) - V_0 - V_{C1} = 0$$

$$i_C(t) = C \frac{dV_C(t)}{dt} = C \frac{d[e(t) - V_0]}{dt} = C \frac{de(t)}{dt}$$

$$= \frac{C}{dt} d[12\sqrt{2} \sin \omega t] = C \times 12\sqrt{2} \cos \omega t$$

D_1 est bloqué à $\theta_1 = \frac{\pi}{2} = \omega t_1$ (courant = 0)

D_2 ne peut pas conduire à ωt_1 car la tension

$V_{D2} = -e(t) < 0$. C_1 ne peut pas se décharger

D_2 pourra conduire à $\theta_2 = \pi + \epsilon$, C_2 se

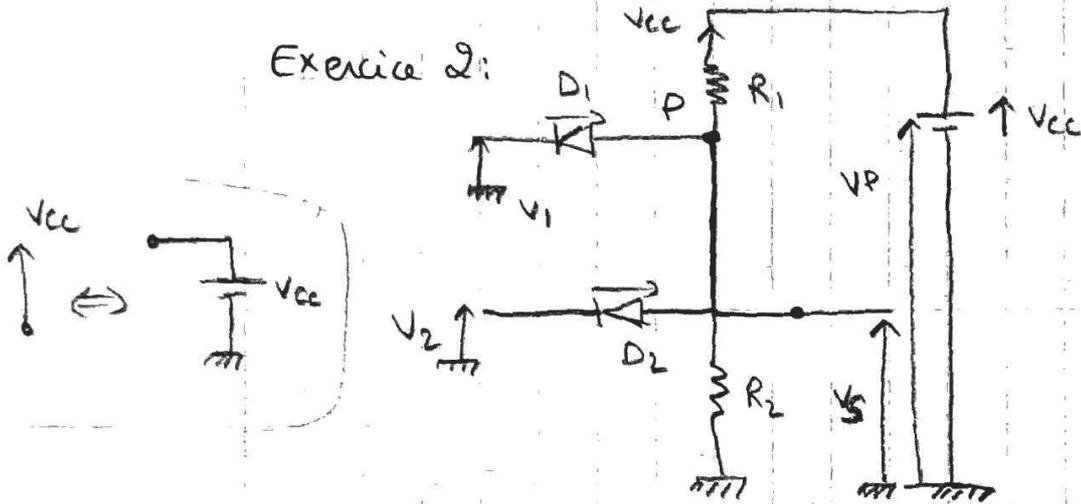
change jusqu'à $\frac{3\pi}{2}$, D_2 se bloque.

C_2 est chargé à la valeur $12\sqrt{2} - V_0$.

$$V = 2 \times 12\sqrt{2} - 2V_0 = 2\sqrt{2} - 2V_0 = 33,9 - 2V_0 = 32,8$$

$$33,9 - 32,8 = 2V_0 \Rightarrow \boxed{V_0 = 0,55}$$

Exercice 2:



V_{D1}, V_{D2}, V_S

a) $V_1 = 0V$ et $V_2 = 0V$

$$V_P = \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$$

$$V_N = V_1 = 0 = V_2$$

$$V_{PN} > 0,7$$

$$\frac{R_2 V_{cc}}{R_2 + R_1} > 0,7$$

$$\frac{100}{110} V_{cc}$$

\Rightarrow les 2 diodes sont passantes.

$$\frac{100}{110} \times 5 = 4,5V$$

$V_1 = V_2 = 0$
$V_{D1} = 0,7$
$V_{D2} = 0,7$
$V_S = 0,7$

b) $V_1 = 5 \text{ V}$ et $V_2 = 0 \text{ V}$

à $t = 0$, $V_P = 4,5 \text{ V}$

$V_{P,N_1} = 4,5 - V_1 = 4,5 - 5 < 0 \Rightarrow D_1$ bloquée

$V_{P_2} = 4,5$, $V_{N_2} = V_2 = 0 \Rightarrow V_{P_2,N_2} = 4,5 - 0 > V_0$

$\Rightarrow D_2$ passante.

$\Rightarrow V_{D_2} = 0,7$

$V_S = V_{D_2} + V_2 = 0,7 + 0 = 0,7$

$\Rightarrow V_{D_1} = V_P - V_1 = 0,7 - 5 = -4,3 \text{ V}$

\hookrightarrow
$$\begin{array}{l} V_1 = 5 \\ V_2 = 0 \\ V_S = 0,7 \end{array}$$

c) $V_1 = 0$ et $V_2 = 5 \text{ V}$

D_1 passante $\Rightarrow V_{D_1} = 0,7 \text{ V}$

D_2 bloquée $\Rightarrow V_{D_2} = -4,3 \text{ V}$

$V_S = V_{D_1} + V_1 = 0,7 \text{ V}$

d) $V_1 = 5 \text{ V}$ et $V_2 = 5 \text{ V}$

$V_{P,N_1} = 4,5 - 5 < 0$

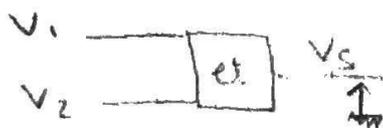
les 2 diodes sont bloquées.

$V_{P_2,N_2} = 4,5 - 5 < 0$

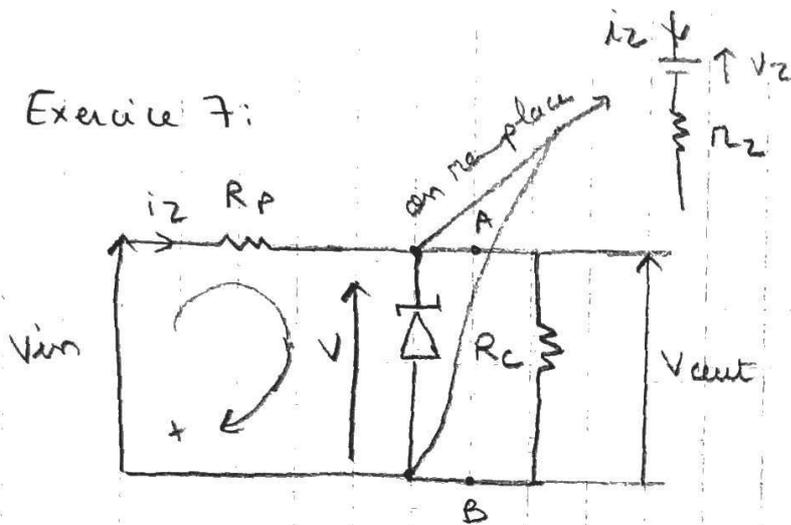
$\Rightarrow V_S = 4,5 \Rightarrow V_{D_1} = V_{D_2} = 4,5 - 5 = -0,5 \text{ V}$

	V_1	V_2	V_S	
0 logique \rightarrow '0'	$\leftarrow 0 \text{ V}$	'0' $\leftarrow 0 \text{ V}$	$0,7 \text{ V} \rightarrow$	'0'
'0'	$\leftarrow 0 \text{ V}$	'1' $\leftarrow 5 \text{ V}$	$0,7 \text{ V} \rightarrow$	'0'
'1'	$\leftarrow 5 \text{ V}$	'0' $\leftarrow 0 \text{ V}$	$0,7 \text{ V} \rightarrow$	'0'
'1'	$\leftarrow 5 \text{ V}$	'1' $\leftarrow 5 \text{ V}$	$4,5 \rightarrow$	'1'

\Rightarrow C'est une porte 'et' (and)



Exercice 7:



1) Pour stabiliser la tension aux bornes de R_C , il faut appliquer une tension V_{in} tel que:

$$V > V_Z, \quad V = \frac{R_C}{R_C + R_P} V_{in} > V_Z$$

condition ← ($V_{out} = V_{R_C} = \frac{R_C}{R_C + R_P} V_{in}$ (diviseur de tension) pour qu'elle devienne passante

en inverse

$$V_{out} = f(V_{in}) \quad V_Z \text{ et } R_Z$$

Compteur de Thévenin en A, B.

$$R_{th} = \frac{R_P \cdot R_Z}{R_P + R_Z}$$

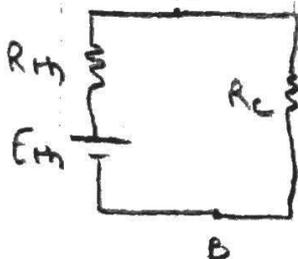
$$V_{th} = V_Z + R_Z I_Z$$

$$V_{in} - R_P I_Z - V_Z - R_Z I_Z = 0$$

$$I_Z = \frac{V_{in} - V_Z}{R_P + R_Z}$$

donc
$$V_{th} = V_Z + \frac{R_Z}{R_P + R_Z} (V_{in} - V_Z)$$

$$= V_Z \left(1 - \frac{R_Z}{R_P + R_Z} \right) + \frac{R_Z}{R_P + R_Z} V_{in}$$



$$V_{out} = \frac{R_C}{R_C + R_{th}} E_{th}$$

$$V_{out} = \frac{R_c}{R_c + \frac{R_p \cdot R_z}{R_p + R_z}} \left(V_z \left(1 - \frac{R_p}{R_p + R_z} \right) + \frac{R_z}{R_p + R_z} V_{in} \right)$$

$$2) \quad dV_{out} = \frac{R_c}{\left(R_c + \frac{R_p \cdot R_z}{R_p + R_z} \right)} \cdot \frac{R_z}{R_p + R_z} dV_{in}$$

$$\frac{dV_{out}}{dV_{in}} \ll 1$$

⇒ Stabilisation de V_{out} quelque soit dV_{in}

$$3) \quad P_{max} = U \cdot I_{max}$$

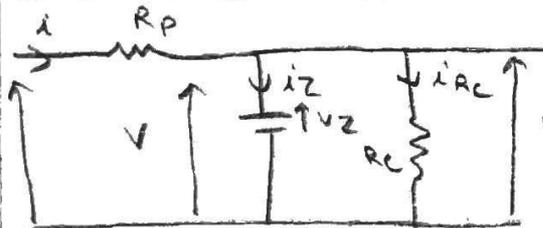
$$I_{max} = \frac{P_{max}}{U} = \frac{1,3}{6,2} = 0,2 A = 209 \text{ mA}$$

$$4) \quad 1^{e} \text{ condition : } \frac{R_c V_{in}}{R_c + R_p} = V > V_z$$

$$V_{in} > 2 \times 6,2 = 12,4 \text{ V}$$

$$2^{e} \text{ condition : } V_{in} = R_p \cdot i + V_z \text{ avec}$$

$$i = i_z + i_{R_c}$$



$$V_{in} = R_p i_z + R_p i_{R_c} + V_z$$

$$\text{avec } i_{R_c} = \frac{V_z}{R_c}$$

$$V_{in} = R_p i_z + \frac{R_p}{R_c} V_z + V_z$$

$$i_z = \frac{V_{in} - 2V_z}{R_p} < I_{max}$$

$$V_{in} - 2V_z < 100 I_{max}$$

$$V_{in} < 12,4 + 100 \times 209 \times 10^{-3}$$

$$= 12,4 + 20,9 = 33,3 \text{ V}$$

$$\text{Si on a } R_p = 100 \Omega$$

$$R_c = 100 \Omega$$

$$12,4 < V_{in} < 33,3 \text{ V}$$

5) * 1^{re} condition: $\frac{R_c V_{in}}{R_c + R_p} > V_Z$

$$R_c V_{in} > V_Z (R_c + R_p)$$

$$R_c (V_{in} - V_Z) > V_Z R_p$$

$$R_c > \frac{V_Z R_p}{V_{in} - V_Z}$$

$$R_c > \frac{6,2 \times 100}{34 - 6,2}$$

$$R_c > 22,3 \Omega$$

2^{de} condition: $V_{in} = R_p i_Z + \frac{R_p}{R_c} V_Z + V_Z$

$$= R_p i_Z + V_Z \left(1 + \frac{R_p}{R_c}\right)$$

$$i_Z = \left(V_{in} - V_Z \left(1 + \frac{R_p}{R_c}\right) \right) / R_p$$

$$i_Z < I_{max}$$

$$\frac{34 - 6,2 - 620/R_c}{100} < 209 \cdot 10^{-3}$$

$$34 - 6,2 - 209 \cdot 10^{-1} < \frac{620}{R_c}$$

$$34 - 27,1 < \frac{620}{R_c}$$

$$R_c < \frac{620}{6,9}$$

$$R_c < 89 \Omega$$

$$\boxed{22,3 < R_c < 89}$$

* 1^{re} condition: $\frac{R_c V_{in}}{R_c + R_p} > V_Z$

$$R_c (V_{in} - V_Z) > V_Z R_p$$

$$R_p < \frac{100(34 - 6,2)}{6,2}$$

$$R_p < 448 \Omega$$

2^{ème} condition

$$\frac{V_{in} - V_Z (1 + R_P/R_C)}{R_P} < I_{max}$$

$$V_{in} - V_Z - \left(\frac{V_Z}{R_C}\right) R_P < I_{max} R_P$$

$$\frac{V_{in} - V_Z}{I_{max} + \frac{V_Z}{R_C}} < R_P$$

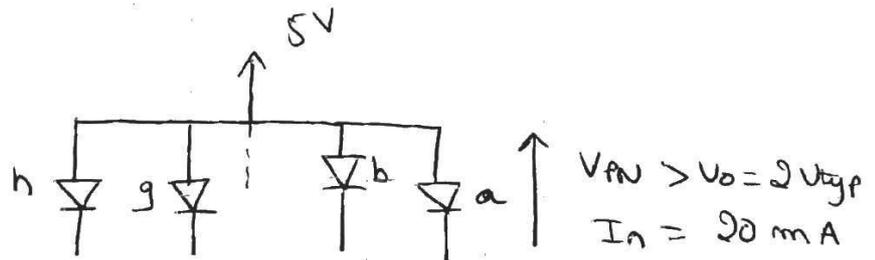
$$\frac{34 - 6,2}{209 \cdot 10^{-3} + \frac{6,2}{100}} < R_P$$

$$R_P > 102,5 \Omega$$

$$102,5 < R_P < 448 \Omega$$

Exercice 8:

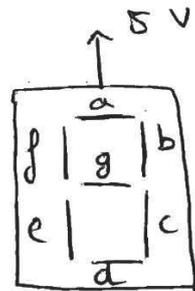
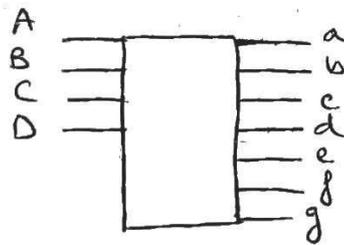
Afficheur:



courant nominale = meilleur courant

$$V_0 = 2 V_{typ}$$

Décodeur:



1 - 5V → * pour assurer $V_{AN} > 2$ quand on veut allumer

* Pour assurer $V_{AN} < 2$ quand on veut éteindre.

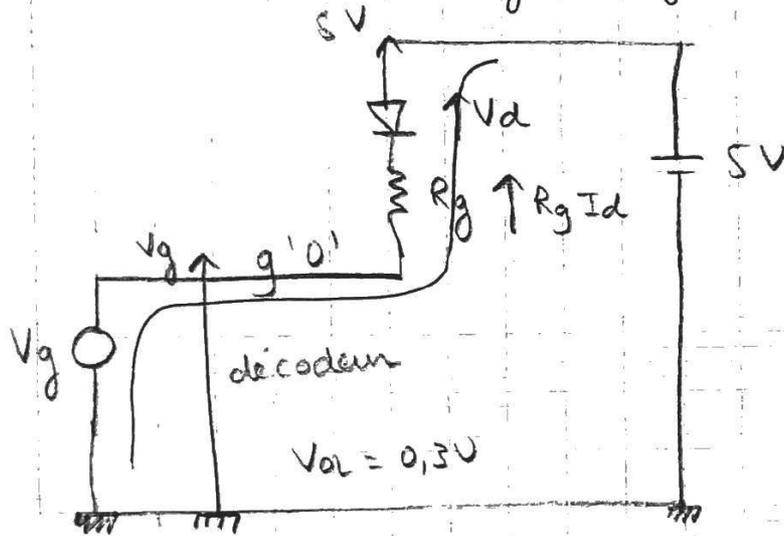
décodeur:

'0' $\Leftrightarrow V_{e0} \Leftrightarrow V_{OL} = 0,3V$

'1' $\Leftrightarrow V_{e1} \Leftrightarrow V_{OH} = 3,7V$

ABCD	g f e d c b a	7 segments	si 0 \rightarrow allumage
0 0 1 0	0 1 1 0 0 0 0		si 1 \rightarrow éteint
	0 1 1 1 0 0 0		6
			7

Au niveau du segment g:



$$5V = V_d + R_g I_d + V_{gLow}$$

$$\Rightarrow 5V = 2 + R_g \times 20 \times 10^{-3} + 0,3$$

$$\frac{5 - 2,3}{20 \times 10^{-3}} = R_g = 135 \Omega$$

$$\Rightarrow I_d = \frac{5 - V_d - V_{gLow}}{R_g} < I_{dmax}$$

$$V_{gLow} = V_{OL}$$

avec $I_{dmax} = 35 \text{ mA}$

$$\frac{5 - V_d - V_g}{R_g} < 35 \times 10^{-3}$$

$$R_g > \frac{5 - V_d - V_g}{35 \times 10^{-3}}$$

$$R_g > \frac{5 - 2 - 0,3}{35 \times 10^{-3}} \Rightarrow R_g > \frac{(5 - 2,3)}{35} \times 10^3$$

$$R_g > 77 \Omega$$

$$77 < R_g < 135 \Omega$$

Si le courant de sortie I_{OL} de mon décodeur est de 20 mA : $77 < R_g < 135$.

Or, le décodeur 7447 son $I_{OL} = 4 \text{ mA}$

= courant de court-circuit

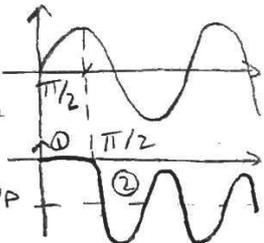
$$5 = 2 + R_g I_d + 0,3$$

avec $I_d = 4 \text{ mA}$

$$\Rightarrow R_g = \frac{5 - 2,3}{4 \times 10^{-3}} = \frac{2,7}{4} \times 10^3 = 675 \Omega$$

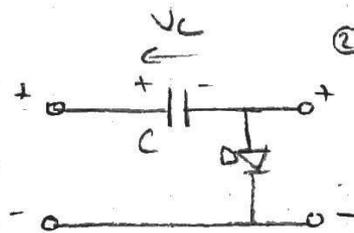
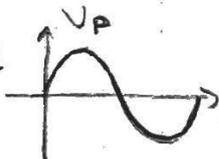
Exercices supplémentaires sur la diode.

- ① diode passant $\rightarrow V_{\text{circuit}} = 0$
- ② diode bloquée $-V_p$



Exercice 1:

1^{er} schéma:



2^{ème} schéma:

$$\text{A } t=0, V_D = e(t) - V$$

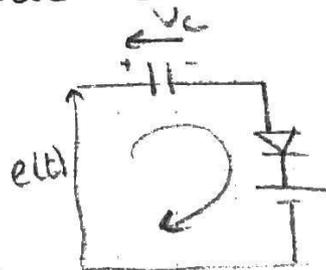
$e(t) > V$ la diode conduit

C se charge

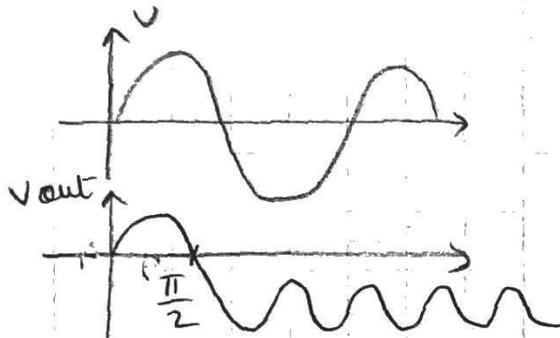
$$i_D = i_C = \frac{C d V_C(t)}{dt}$$

$$\text{Or } V_C(t) = e(t) - V$$

$$i_D = \frac{C d e(t)}{dt} - 0 = \frac{C d e(t)}{dt}$$



$$= C\omega \cos(\omega t) = 0 \Rightarrow t = \frac{\pi}{2\omega}$$



$$V_c(t_1) = V_p - V$$

$$\begin{aligned} \text{A partir de } \frac{\pi}{2}, \quad V_{out} &= e(t) - V_c \\ &= e(t) - [V_p - V] \\ &= e(t) + V - V_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A } t_1^+, \quad V_d &= e(t) - V_c - V \\ &= e(t) - (V_p - V) - V \\ &= e(t) - V_p > 0 \quad \text{Or, } e(t) < V_p \Rightarrow \\ & \quad e(t) - V_p < 0 \end{aligned}$$

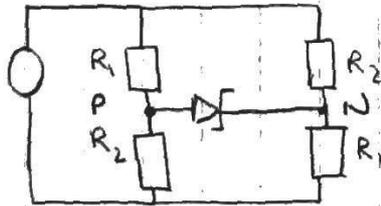
\Rightarrow la diode ne va plus conduire.

Exercice 2:

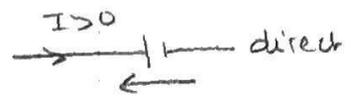
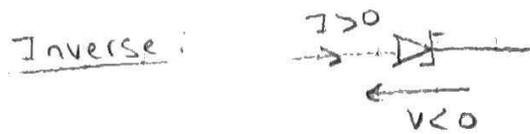
Si la tension aux bornes de la diode Zener est entre $-V_z$ et V_0 , la diode est bloquée.

$V_d > V_0 \rightarrow$ conduit en direct

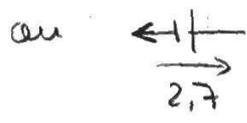
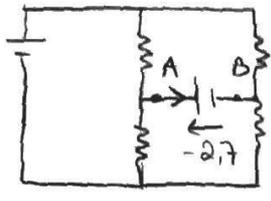
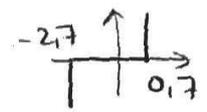
$V_d < -V_z \rightarrow$ conduit en inverse.



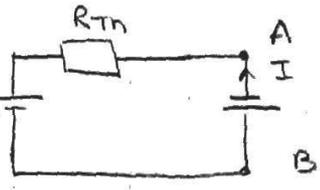
$$\begin{aligned} V_{PN} &= V_P - V_N = \frac{R_2 E_1}{R_2 + R_1} - \frac{R_1 E_1}{R_2 + R_1} = \frac{E_1 (R_2 - R_1)}{R_2 + R_1} \\ &= 20 \left[\frac{220 - 330}{220 + 330} \right] = -4 < -V_z. \end{aligned}$$



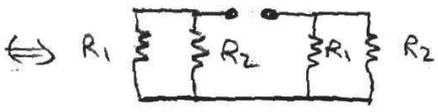
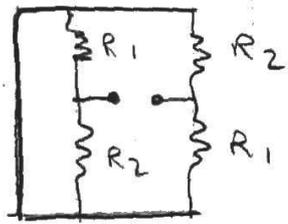
La diode conduit en inverse.



Coupe de Thévenin: E_{th}

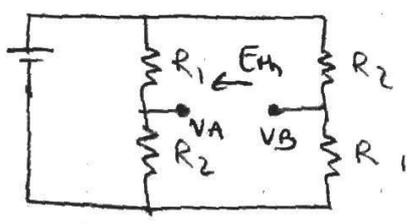


Calcul de R_{th} :

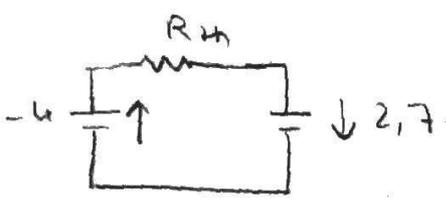


$$R_{th} = \frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Calcul de E_{th} :



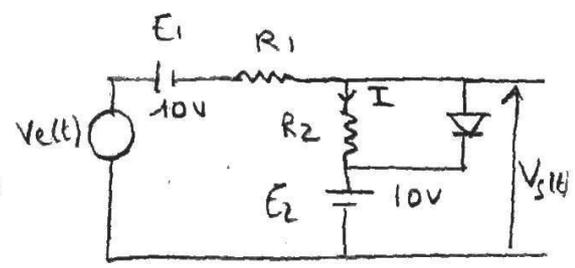
$$\left. \begin{aligned} V_A &= \frac{R_2 E_1}{R_2 + R_1} \\ V_B &= \frac{R_1 E_1}{R_2 + R_1} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} E_{th} &= V_A - V_B \\ &= E_1 \left(\frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1} \right) \\ &= -4 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} -4 + 2.7 &= R_{th} I \\ I &= \frac{-1.3}{R_{th}} \end{aligned}$$

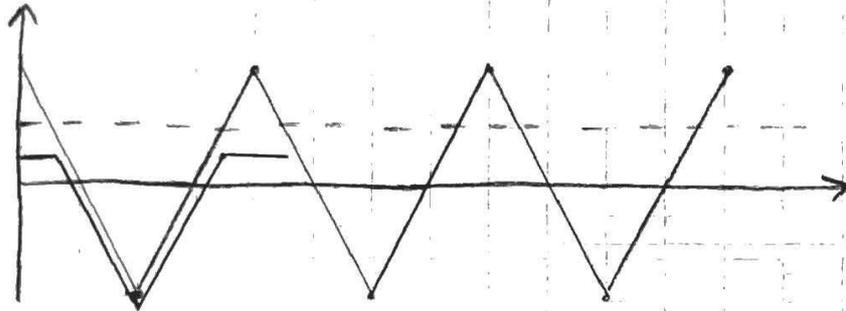
Exercice 3:

$$\begin{aligned} \text{At } t=0, \quad V_{AK} &= V_{R_2} = R_2 I \\ V_e - E_1 - R_1 I - R_2 I - E_2 &= 0 \\ \frac{V_e - E_1 - E_2}{R_1 + R_2} &= I \end{aligned}$$



$$V_{AK} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} [V_e - (E_1 + E_2)]$$

Si $V_e > E_1 + E_2$, la diode peut conduire.



Diode passante : $V_S = 10$

Diode bloquée : $V_S = 10 + R_2 \frac{(V_e - (E_1 + E_2))}{R_1 + R_2}$

$$- 30 \quad V_S = E_2 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_e - 20)$$

$$V_S = E_2 - \frac{20R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e$$

$$= 10 - 20 \cdot \frac{150}{250} + \frac{150}{250} V_e$$

$$= \frac{3}{5} V_e - 2$$

Exercice 4:

Point de fonctionnement: $I = 40 \text{ mA} \Rightarrow V_d = 1,4 \text{ V}$

$$15 = R_1 I + R_2 \times 40 \text{ mA} + 1,4 \quad (\text{maille})$$

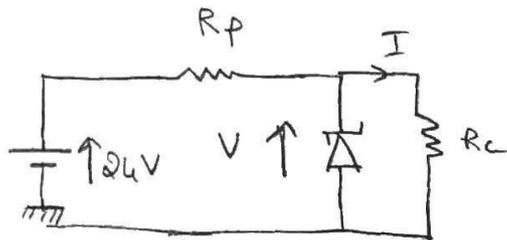
$$I = \frac{15 - 1,4 - 100 \times 40}{150} = 0,064 \text{ A}$$

$$R_3 I_3 = 100 \times 40 + 1,4$$

$$I_3 = 64 - 40 = 24 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_3 = \frac{100 \times 40 \times 10^{-3} + 1,4}{24 \times 10^{-3}} = \frac{5,4}{24} \times 10^3 = 225 \Omega$$

Exercice 7:

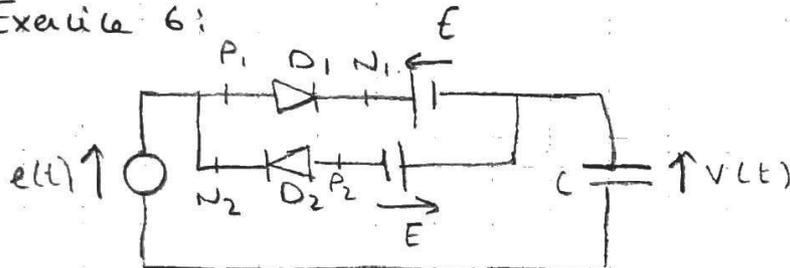


$$V_Z = 12V$$

$$I_Z \text{ max} = 32 \text{ mA}$$

$$P_{\text{max}} = 500 \text{ mW}$$

Exercice 6:



A $t = 0$ s, les diodes sont bloquées.

$$V_{P_1} = e(t)$$

$$V_{N_1} = E$$

$$V_{P_1 N_1} = V_{P_1} - V_{N_1} = e(t) - E$$

$$V_{P_2} = -E$$

$$V_{N_2} = e(t)$$

$$V_{P_2 N_2} = -E - e(t)$$

D_1 conduit quand $e(t) > E$

D_2 conduit quand $e(t) < -E$

$$e(t) = E_m \sin(\omega t)$$

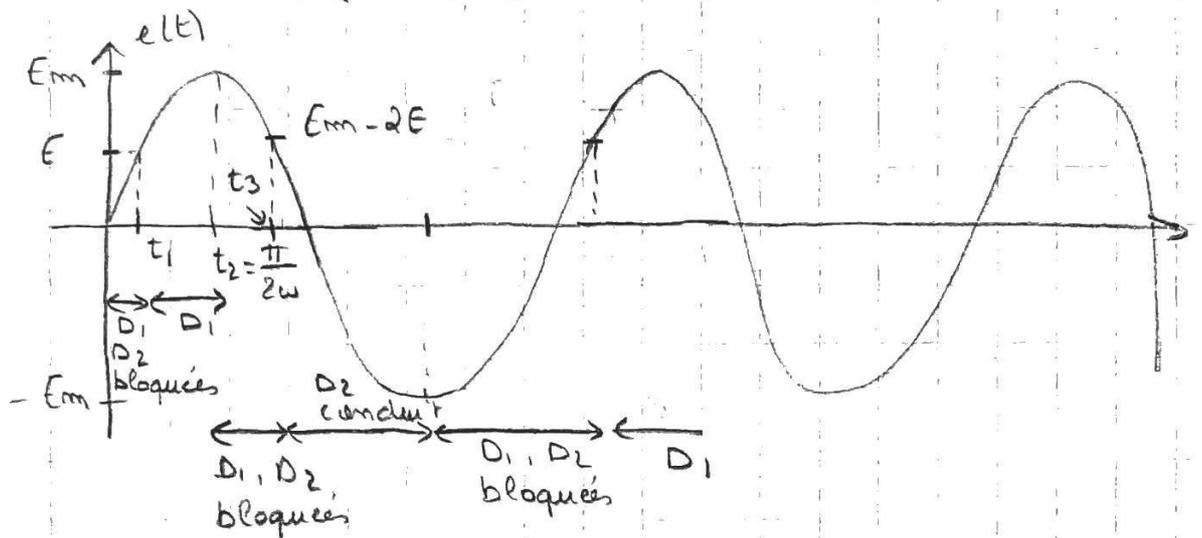
D_1 conduit en 1^{er}.

$$I_0 = C \frac{dV(t)}{dt} = C \frac{d(e(t) - E)}{dt} = C \frac{de(t)}{dt}$$

$C \frac{de(t)}{dt}$ s'annule quand $e(t)$ atteint son max en $\omega t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow D_1$ se bloque à $t_2 = \frac{\pi}{2\omega}$

$$\begin{aligned} \text{à } t = t_2, \quad V_{D_2} &= -E + V_C(t_2) - e(t_2) \\ &= -E + E_m - E - E_m = -2E \rightarrow \text{bloqué} \end{aligned}$$

à $t = t_3$: D_2 conduit si
 $V_{D2} = -E + E_m - E - e(t) > 0$
 si $e(t) < E_m - 2E$ (> 0)



à $0 < t < t_1$: $V(t) = 0$

$t_1 < t < t_2$: D_1 conduit

$$V(t) = e(t) - E$$

$t_2 < t < t_3$: D_1 et D_2 bloquées

$$V(t) = E_m - E$$

$t > t_3$: D_2 conduit ; $V_{D2} = -2E + E_m - e(t)$

$$V(t) = e(t) + E$$

D_2 se bloque quand $I_{D2} \leq 0$

$$I_{D2} = -C \frac{dV(t)}{dt} = -C \frac{d(e(t) + E)}{dt} = -C \frac{de(t)}{dt}$$

D_2 se bloque pour $t > t_4$: $V_C(t_4) = -E_m + E$

$$\text{à } t > t_4, V_{D1} = e(t) + E - (-E_m + E) = e(t) - 2E + E_m$$

$$\Rightarrow V_{D1} > 0 \text{ à } t_5 / e(t_5) - 2E + E_m$$

si $e(t) > E$, D_1 conduit

$$V(t_1) = e(t) - E$$

la capacité se charge, le courant s'annule

$$\text{à } \omega t_2 = \frac{\pi}{2}, V_C = E_m - E$$

$t_2 < t < t_3$: aucune diode ne conduit : $V(t) = E_m$

D_2 conduit quand $v_{02} > 0$ à l'instant t_3 où $e(t_3) = E_m - 2E$

A partir de t_3 : $v(t) = e(t) + E$

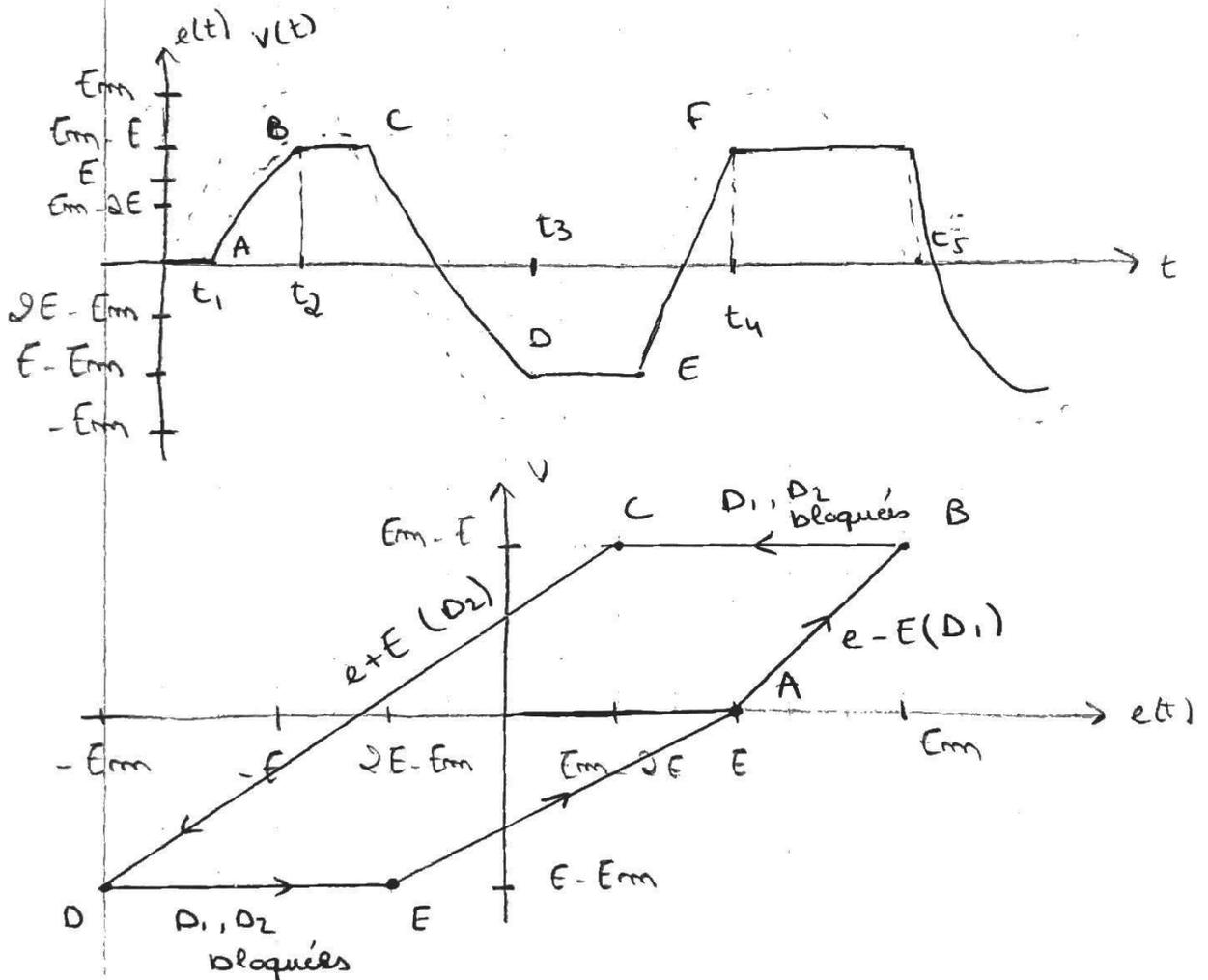
D_2 conduit jusqu'à ce que $I = 0$ à l'instant où $\omega t_4 = \frac{2\pi}{3}$, $e(t_4) = -E_m$.

La capacité est chargée à la valeur $v(t) = -E_m + E$

D_1 reconduira à l'instant t_5 où $e(t_5) = 2E - E_m$

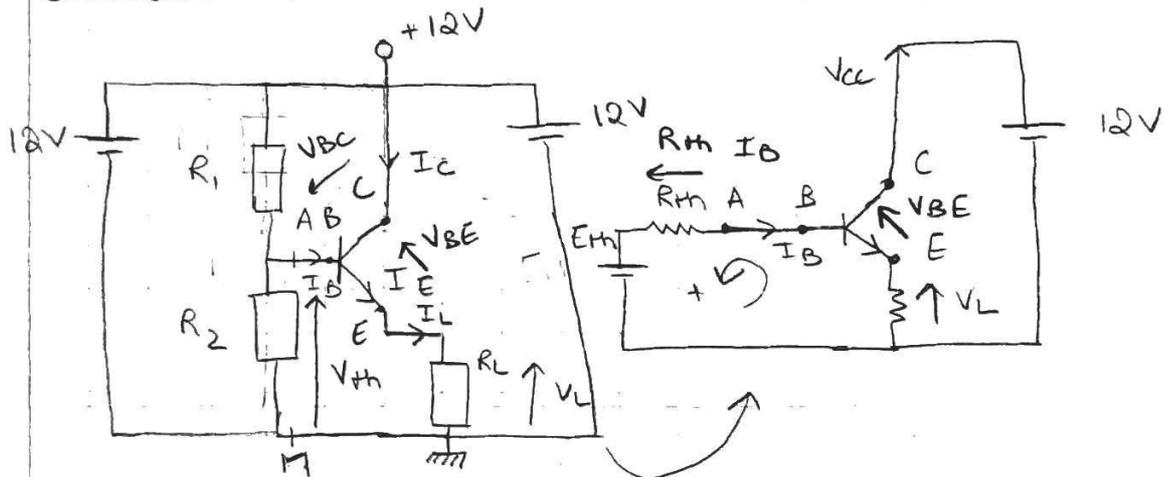
$t_4 < t < t_5$ la tension est de : $v(t) = E - E_m$.

A partir de t_5 quand D_1 conduit, $v(t) = e(t) - E$.



Les Transistors bipolaires

Exercice 1:



Thevenin entre A et M:

$$R_{th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

Maille: $V_L + V_{BE} + R_{th} I_B - E_{th} = 0$

(1) $V_L = E_{th} - V_{BE} - R_{th} I_B$

$$V_L + V_{CE} = 12V$$

⇒ pour $V_L = 6V$, $V_{CE} = 6V$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} < \frac{100}{101} \text{ mA} \approx 1 \text{ mA}$$

(1) ⇒ $I_B = \frac{-V_L + E_{th} - V_{BE}}{R_{th}} < 1$

⇒ $R_{th} > E_{th} - 6,6$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} > \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} - 6,6$$

$$R_1 R_2 > R_2 V_{CC} - 6,6 (R_1 + R_2)$$

$I_{Lmax} = 100 \text{ mA} \Rightarrow V_L = R_L I_L \Rightarrow V_L < 100 \text{ mA} \Rightarrow R_L$

$V_{BE} > 0,7$

Thevenin $E_{th} - R_{th} I_B = V_{BE} + V_L \Rightarrow V_{BE} = E_{th} - R_{th} I_B - V_L > 0,7 \Rightarrow R_{th} > \frac{E_{th} - V_L - 0,7}{I_B}$

$$(12 - R_1 I_B) R_2 > 6,6 (R_1 + R_2) \Rightarrow \text{Si } R_2 = 100 \text{ k}\Omega, R_1 < 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 R_2 > 5,4 R_2 - 6,6 R_1$$

Pour $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $10 R_1 > 54 - 6,6 R_1$
 $R_1 > \frac{54}{16,6} = 3,25 \text{ k}\Omega$

On choisit: $\begin{cases} R_2 = 10 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 5 \text{ k}\Omega \end{cases}$ pour vérifier

$$(1) \Rightarrow V_{BE} = E_m - R_m I_B - V_L$$

$$= \frac{120}{15} - \frac{50}{15} - 6 \approx -1,4 \text{ à rejeter car } < 0,6$$

$$V_{BE} > 0,6 \text{ et } I_E < 100 \text{ mA}$$

$$V_{BE} = E_m - R_m I_B - V_L \geq 0,6$$

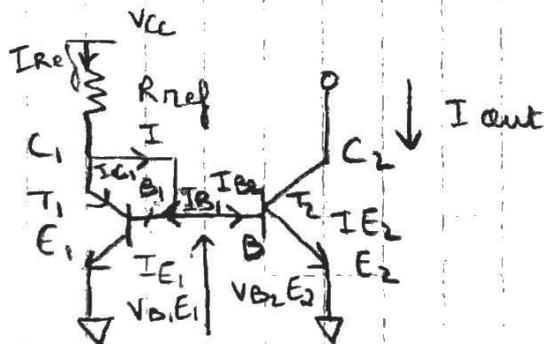
$$\frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I_B - 6 \geq 0,6$$

On prend I_B le plus grand: $I_B = 1 \text{ mA}$

$$12 R_2 - R_1 R_2 \geq 6,6 (R_1 + R_2)$$

$$R_1 R_2 \leq 5,4 R_2 - 6,6 R_1$$

Exercice 2:



$$1) I = I_{B1} + I_{B2}$$

$$I_{ref} = I + I_{C1}$$

$$I_{C1} = \beta I_{B1}$$

$$I_{E1} = (\beta + 1) I_{B1}$$

$V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE3}$
 $I_{B1} = I_{B2}$ même β

$$V_{CC} = R_{ref} I_{ref} + V_{BE1}$$

$$\frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_{ref}} = I_{ref} = I_{B1} + I_{B2} + \beta I_{B1} = (\beta + 2) I_{B1}$$

$$= I_{B2} + I_{E1}$$

$$I_{B1} = \frac{1}{\beta + 2} \left(\frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_{ref}} \right)$$

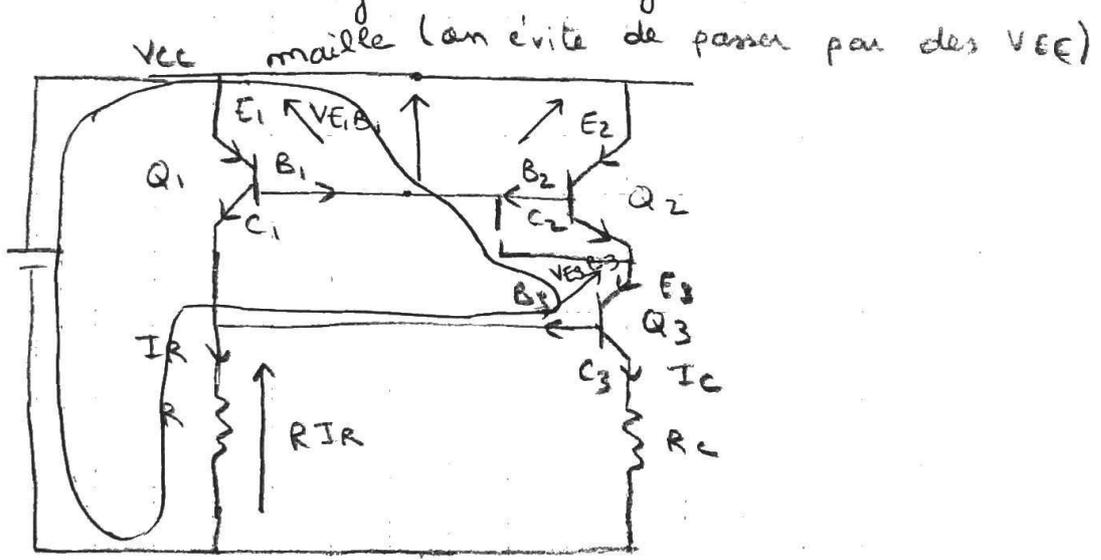
$$\text{On } I_{E1} = (\beta + 1) I_{B1} = \frac{\beta + 1}{\beta + 2} \left(\frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_{ref}} \right)$$

$$\Rightarrow I_{E1} = I_{E2} = (\beta + 1) I_{B1} = (\beta + 1) I_{B2}$$

$$I_{out} = I_{C2} = \alpha I_{E2} \approx I_{E2} = I_{E1}$$

$$I_{out} \approx \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_{ref}} = \frac{12 - 0,6}{R_{ref}}$$

2)



$$I_{E1} = I_{B1} + I_{C1} = (\beta + 1) I_{B1}$$

$$I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2}$$

$$I_{E3} = (\beta + 1) I_{B3} = I_{C2} + I_{B1} + I_{B2}$$

$$\hat{m} V_{ED} \rightarrow V_{E1B1} = V_{E2B2}$$

$$\text{Donc, } I_{B1} = I_{B2}$$

$$\text{Donc } I_{E1} = I_{E2} \Rightarrow I_{C1} = I_{C2}$$

$$I_{E3} = 2I_{B1} + I_{C1} = 2I_{B1} + \beta I_{B1} \\ = (2 + \beta) I_{B1}$$

$$I_R = I_{C1} + I_{B3} = I_{C1} + \frac{I_{E3}}{\beta + 1} = I_{C1} + \frac{(2 + \beta) I_{B1}}{\beta + 1} \\ = (\beta + 1) I_{B1} + \frac{(2 + \beta)}{\beta + 1} I_{B1} = I_{B1} \left(\frac{(\beta + 1)^2 I_{B1} + (2 + \beta) I_{B1}}{\beta + 1} \right)$$

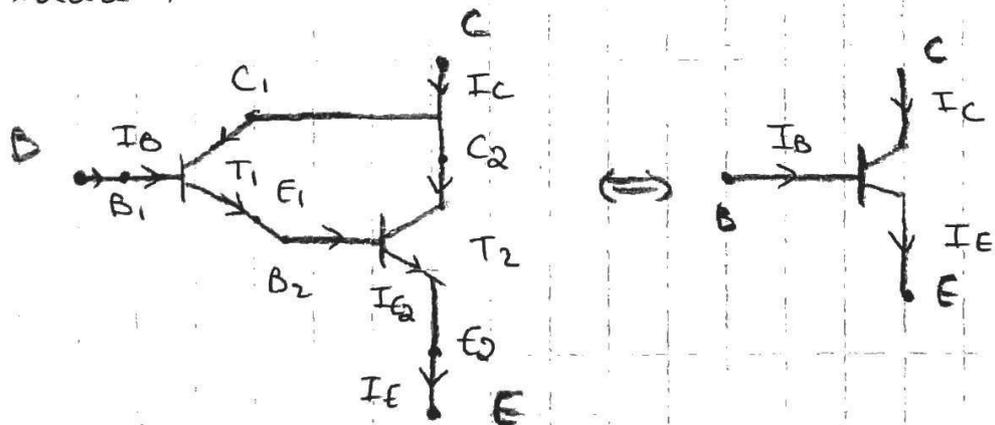
$$V_{CC} = V_{E1} B_1 + V_{E3} B_3 + R I_R \\ \Rightarrow I_R \approx \frac{V_{CC} - 1,2}{R}$$

$$I_C = f(I_R, \beta) = I_{C3} \\ \text{Or } I_{C3} = \frac{\beta}{\beta + 1} I_{E3} = \frac{\beta}{\beta + 1} (2 + \beta) I_{B1} \\ = \frac{\beta}{\beta + 1} (2 + \beta) \times \frac{(\beta + 1) I_R}{\beta(\beta + 1) + (2 + \beta)}$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{\beta(2 + \beta)}{\beta^2 + 2\beta + 2} I_R$$

$$\Rightarrow \frac{I_C}{I_R} = \frac{\beta(2 + \beta)}{\beta^2 + 2\beta + 2}$$

Exercice 3:



$$1) I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta I_{B1} + \beta I_{B2} = \beta I_B + \beta I_{E1} \\ = \beta I_B + \beta(\beta + 1) I_{B1} = \beta I_B + \beta(\beta + 1) I_B \\ I_C = (2\beta + \beta^2) I_B = \boxed{\beta' I_B = I_C} \quad (1)$$

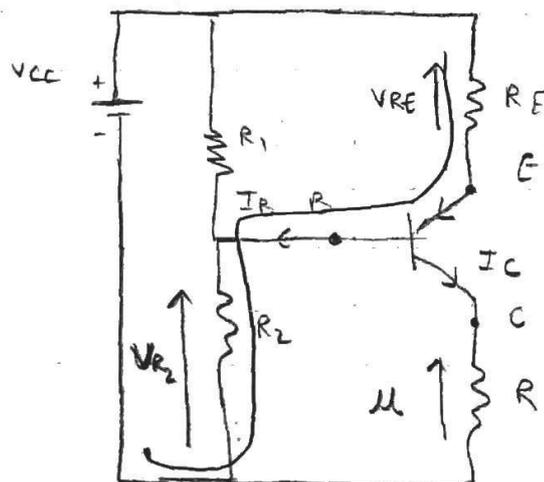
$$I_E = I_{E2} = I_{B2} + I_{C2} = I_{E1} + I_{C2} = I_{B1} + I_{C1} + I_{C2} \\ = I_{B1} + I_C$$

$$\boxed{I_E = I_B + I_C} \quad (2)$$

\Leftrightarrow transistor de gain en courant
 1 et 2 $\beta' = \beta^2 + 2\beta = 100 \times 100 + 200 \\ \approx 10^4$

2) Augmenter le gain en courant, amplifier le courant.

Exercice 4:



a - $V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} (= V_{th} \quad R_{th} = R_1 || R_2)$

b - $V_{CC} = V_{RE} + V_{EB} + V_{R2}$ (maille)

$$\Rightarrow V_{RE} = V_{CC} - V_{EB} - V_{R2} = V_{CC} - 0,7 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$\boxed{V_{RE} = \frac{V_{CC} R_1}{R_1 + R_2} - 0,7}$$

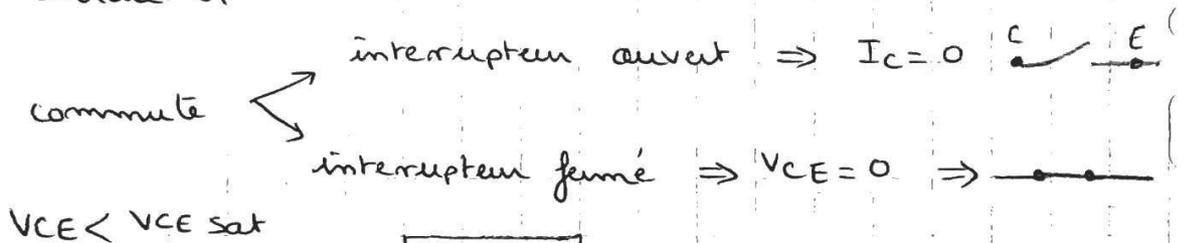
c - $I = I_C = I_E$ (I_B négligeable)

$$V_{RE} = R_E I_E \Rightarrow I_E = \frac{V_{RE}}{R_E} = \frac{1}{R_E} \left(\frac{12 \times 2,2}{2,2 + 8,2} - 0,7 \right)$$

$$\Rightarrow R_E = \frac{1}{10^{-3}} \left(\frac{12 \times 2,2}{10,4} - 0,7 \right) = 1,8 \text{ K}\Omega$$

$$\begin{aligned} d- V_{CC} &= V_{RE} + V_{EC} + \mu \Rightarrow V_{EC} > V_{EC \text{ sat}} = 0,2 \Rightarrow \\ V_{CC} - V_{RE} - \mu &> 0,2 \Rightarrow \mu < V_{CC} - V_{RE} - 0,2 \\ \mu &< 12 - 1,8 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3} - 0,2 \\ &\Rightarrow \mu < 10 \text{ V} \end{aligned}$$

Exercice 5:



$V_{CE} < V_{CE \text{ sat}}$

diode: $V_0 = 1,8 \text{ V}$
 $I_n = 20 \text{ mA}$
 $I_{\text{max}} = 35 \text{ mA}$

- 1- $V_{IN} = 0$ ou $5 \text{ V} \Leftrightarrow T \Leftrightarrow \text{C.C. ou C.O.}$
 $\Leftrightarrow T \Leftrightarrow \text{saturé ou bloqué.}$

Si $V_{IN} = 0$, $V_{IN} = R_B I_B + V_{BE} = 0$

$\Rightarrow V_{BE} < 0 \Rightarrow \text{transistor est bloqué}$

$\Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0 = I_E \Rightarrow \text{interrupteur ouvert}$
 $\Rightarrow \text{lampe éteinte}$

Si $V_{IN} = 5 \Rightarrow V_{IN} = R_B I_B + V_{BE}$

$\Rightarrow V_{BE} = V_{IN} - R_B I_B$

$= 5 - R_B I_B > 0,6$

$\Rightarrow T \text{ passant} \Rightarrow I_C \neq 0 \Rightarrow \text{lampe allumée.}$

2- $V_{IN} = R_B I_B + V_{BE} \quad (1)$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_O + V_{CE} \quad (2)$$

$$T \text{ saturé} \Leftrightarrow V_{CE} < V_{CE \text{ sat}}$$

$$(2) \Rightarrow V_{CC} - R_C I_C - V_O < V_{CE \text{ sat}} = 0,2V$$

Pour avoir une diode qui s'allume de façon

$$\text{nominale} \Rightarrow I_C = I_n = 20 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow V_d \geq V_O = 1,8V$$

$$\Rightarrow 15 - R_C \times 20 \text{ mA} - 1,8 < 0,2$$

$$\Rightarrow 15 - 2 < R_C \times 20 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow \frac{13}{20} \times 10^3 < R_C \Rightarrow R_C > 650 \Omega$$

Condition sur R_B :

$$I_B > \frac{I_C}{\beta} \quad (\text{pour qu'il soit saturé})$$

$$\Rightarrow I_B \frac{V_{IN} - V_{BE}}{R_B} > \frac{I_C}{\beta}$$

$$\frac{5 - 0,7}{R_B} > \frac{20 \times 10^{-3}}{100}$$

$$4,3 \times \frac{100}{20 \times 10^{-3}} > R_B$$

$$\Rightarrow R_B < 4,3 \times 10^4$$

$$R_B < 21,5 \times 10^4$$

$$R_B < 21,5 \text{ k}\Omega$$

$$3- \quad I_C < 35 \text{ mA}$$

$$V_{CC} - 0,2 - 1,8 = R_C I_C$$

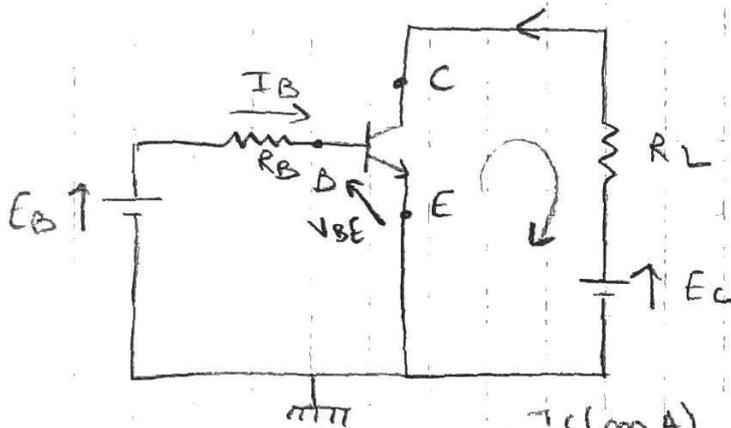
$$\frac{13}{R_C} < 35 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_C > \frac{13}{35} \times 10^3$$

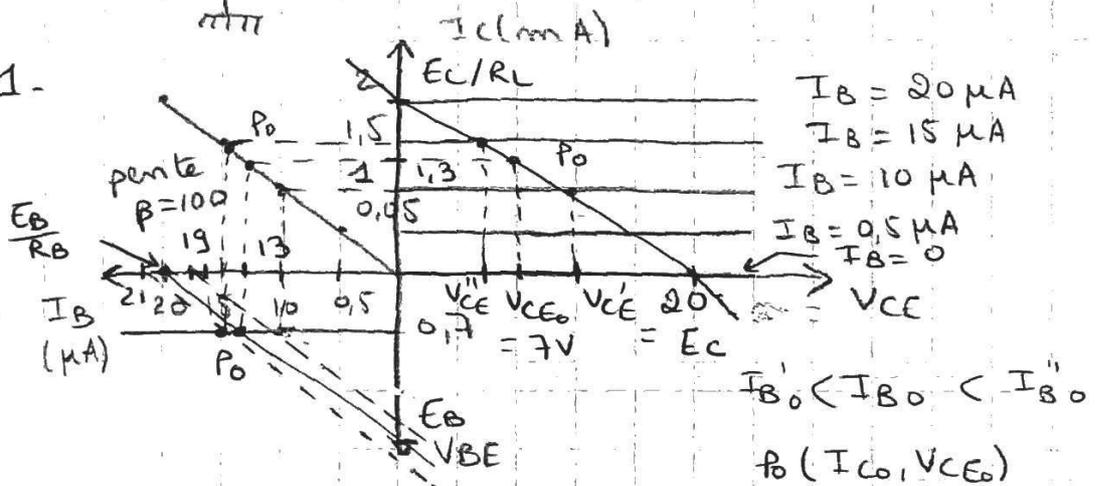
$$R_C > 371 \Omega$$

$$371 \Omega < R_C < 650 \Omega$$

Exercice 6:



1- tout ce qui est en bleu change selon le montage, tout ce qui est au crayon reste le même change si on change le transistor



2- $E_C = V_{CE} + R_L I_C$

$$I_C = -\frac{1}{R_L} V_{CE} + \frac{E_C}{R_L}$$

$$I_C = -\frac{1}{10 \times 10^3} V_{CE} + \frac{20}{10 \times 10^3}$$

$$= -0,0001 V_{CE} + 0,002$$

$$= \frac{E_C - V_{CE}}{R_L}$$

3- droite d'attaque : $E_B = R_B I_B + V_{BE}$

$$I_B = \frac{E_B - V_{BE}}{R_B} = \frac{2 - 0,7}{100 \times 10^3}$$

$$= \frac{1,3}{10^5} = 13 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 1,3 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = E_C - R_L I_C = 20 - 10 \times 10^3 \times 1,3 \times 10^{-3} = 20 - 13 = 7V$$

$$4- I_B = \frac{E_B}{R_B} - \frac{V_{BE}}{R_B}$$

$$\Delta I_B = \frac{1}{R_B} \Delta E_B = \pm \frac{0,1}{10^5} = \pm 1 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$\Delta I_C = \beta \Delta I_B = \pm 100 \mu A$$

$$V_{CE} = E_C - R_L I_C$$

$$\Delta V_{CE} = -R_L \Delta I_C = \pm 10^4 \times 100 \times 10^{-6} = \pm 1V$$

$$5- \text{gain} = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta E_B} = \frac{\pm 1V}{\pm 0,1} = \frac{111}{0,1} = 10$$

$$E_B(t) = E_{B0} + \Delta E_B = E_{B0} + v_{be}(t)$$

minuscule → grandeur variable

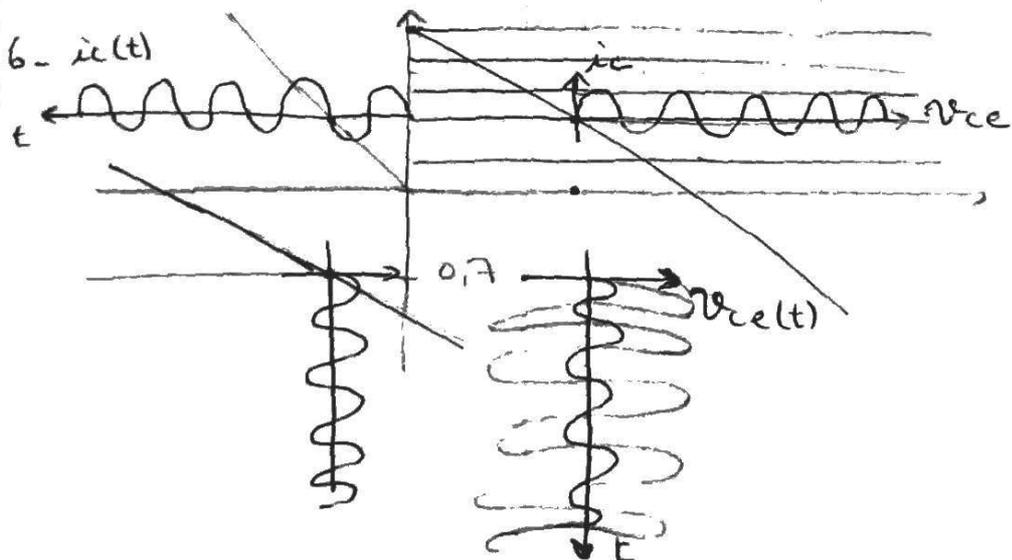
$$\text{avec } v_{be}(t) = 0,1 \sin \omega t$$

$$V_{CE}(t) = V_{CE0} + v_{ce}(t)$$

$$\text{avec } v_{ce}(t) = 1 \sin \omega t$$

$$\Rightarrow \text{Gain dynamique} = \frac{v_{ce}(t)}{v_{be}(t)} = \frac{1 \sin \omega t}{0,1 \sin \omega t} = |G|$$

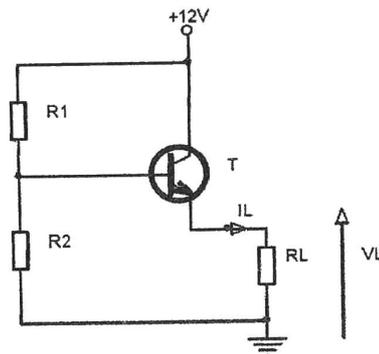
$$= \frac{1}{0,1} = 10$$



Electronique analogique

TD N2: Les Transistors bipolaires.

Exercice 1 : Polarisation d'un Transistor.



On donne $\beta = 100$; $V_{BE} = 0,7V$; $I_{Lmax} = 100 \text{ mA}$

1-Déterminez R_1 et R_2 pour que le montage fournisse une tension de sortie V_L stabilisée à 6V.

Exercice 2 : Miroir de courant.

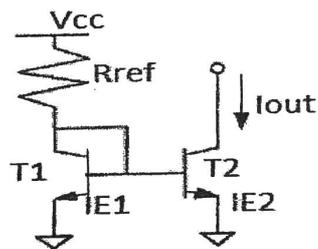


figure1

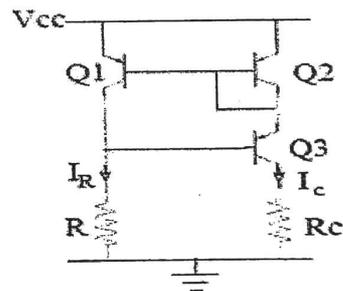


Figure2

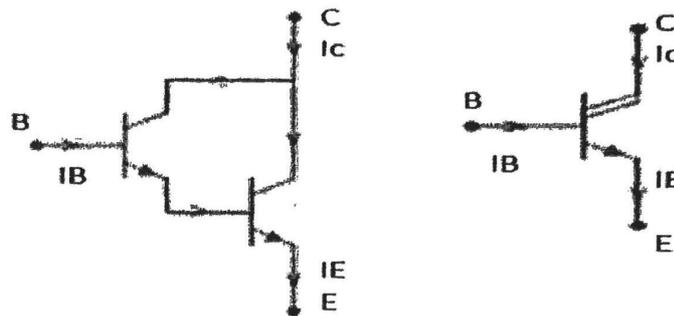
1-Calculer pour le circuit de la figure1 : Le courant I_{E1} , en déduire I_{E2} et I_{out} .

Le circuit de la figure1 est dit miroir de courant.

2- Pourquoi le circuit de la figure2 est aussi appelé miroir de courant ?

Donner l'expression du courant I_R . Exprimer I_c en fonction de I_R et β . Calculer I_c/I_R pour $\beta=200$

Exercice 3 : Transistor Darlington.

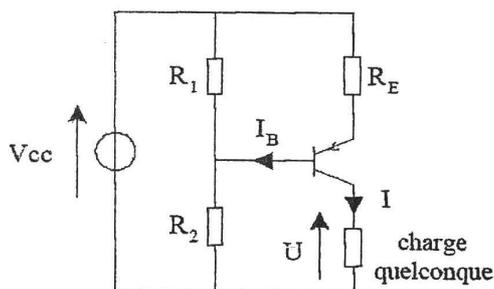


Le montage Darlington est constitué de deux transistors bipolaires identiques.

1-Trouver les relations entre les 3 courants du transistor équivalent :
Pour cela montrer que $I_C = (\beta^2 + 2\beta)I_B$ et que $I_E = I_C + I_B$.

2-Quel est le rôle d'un montage Darlington.

Exercice 4 : Source de courant



On donne :

$V_{cc} = +12\text{ V}$; $R_1 = 2,2\text{ k}\Omega$; $R_2 = 8,2\text{ k}\Omega$; $V_{EB} = 0,7\text{ V}$; $V_{EC\text{ sat}} = 0,2\text{ V}$

Le transistor PNP est en régime linéaire.

a- En négligeant le courant de base I_B , calculer la tension aux bornes de la résistance R_2 .

b- En déduire la tension aux bornes de la résistance R_E .

c- Calculer R_E pour avoir un courant $I = 1\text{ mA}$.

d- Le montage se comporte comme une source de courant tant que le transistor fonctionne en régime linéaire. Quelle valeur la tension U ne doit-elle pas dépasser ?

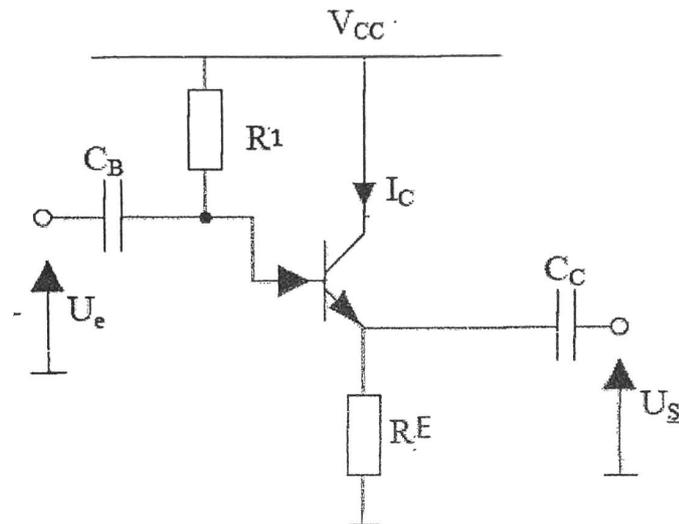
Electronique analogique

TD N3: Les Transistors bipolaires en régime dynamique.

Problème :

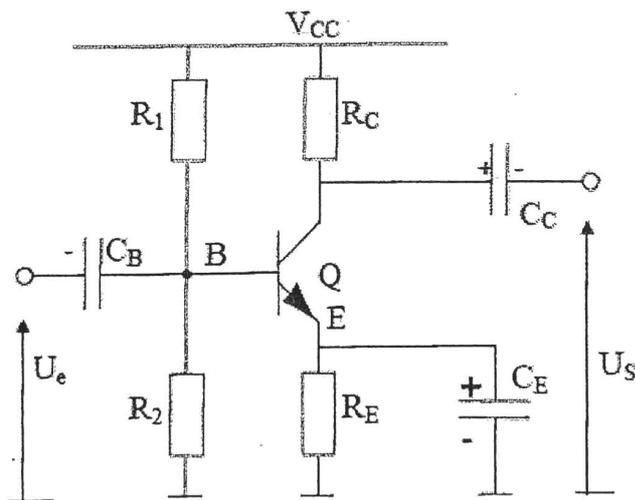
Soit les deux montages ci-dessous à base de transistors bipolaires :

Montage1 : Collecteur Commun ou Emettodyne



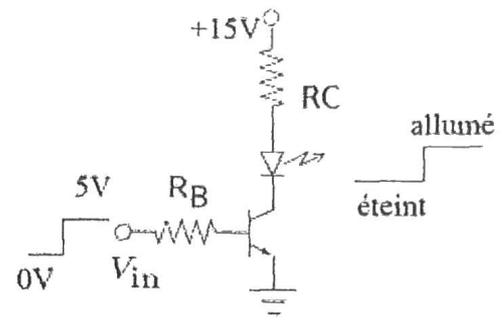
Avec: $V_{BE0}=0.4V$; $R_1=300K$; $R_2=6K\Omega$; $R_E=1K\Omega$; $C_b=C_c=10\mu F$; $B=130$; $V_{cc}=15V$ et $U_E=150V$.

Montage2 : Emetteur commun généralisé à résistance d'émetteur entièrement découplée.



tant tot ...

Exercice 5 : Transistor en commutation.

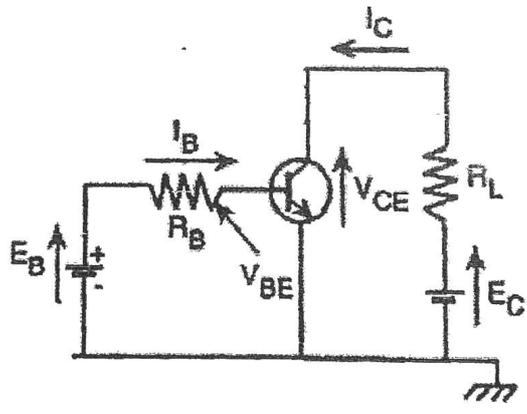


Les caractéristiques du transistors sont : $\beta=100$, $V_{cesat}=0.2V$, $V_{besat}=0.7v$
 La diode branchée en série est une diode électroluminescente dont la tension de seuil est de $1.8V$, le courant nominal $20mA$ et le courant maximale est de $35mA$.

- 1-Montrer que le transistor se comporte comme un interrupteur en série avec la diode électroluminescente, quand l'entrée V_{in} prend les deux valeurs: $0V$ ou $5V$.
- 2-Comment choisir R_b et R_c pour que le transistor fonctionne en saturation.
- 3-Quelles sont les valeurs numériques limites pour la résistance R_c qui assurent un fonctionnement nominale pour la diode et la saturation du transistor?

Exercice 6 : Transistor en amplification

Un transistor NPN est place dans le circuit amplificateur ci-dessous. La caractéristique $I_B=f(V_{BE})$ est assimilée a la droite $V_{BE}=cte=0.7V$. Les caractéristiques $I_C=f(I_B, V_{CE})$ sont assimilées a des droites parallèles telles que $I_c=100I_B$



- 1-Tracer le reseau de caracteristiques pour $I_B=0 ; 0.5 ; 10 ; 15 ; 20\mu A$.
- 2-Tracer la droite de charge pour $E_c=20V$ et $R_L=10K\Omega$.
- 3-Determiner le point de fonctionnement P_o caracterise par I_{Bo}, I_{Co} et V_{CEo} lorsque $E_B=2V$ et $R_B=100K\Omega$.
- 4-Lorsque E_B varie de $\pm 0.1V$ autour de $2V$ determiner graphiquement et analytiquement l'amplitude des variations de I_B, I_C et V_{CE} .
- 5-En deduire le gain $\Delta V_{CE} / \Delta E_B$.
- 6-Comment faut il choisir le point de fonctionnement pour avoir les variations de V_{CE} et I_C symetriques.