

**SUJET D'EXAMEN
EL211
Année universitaire 2019-2020**

A. EL ATI

Classe :	AERO 2
Type d'examen :	Partiel
Date :	30/11/2019
Durée :	2 heures
Code matière :	EL211
Intitulé matière :	Electronique
Enseignants :	A. EL ATI M. DELLERBA C. SALLE
Examen initial :	Oui
Documents autorisés :	Non
Calculatrices autorisées :	Oui (<u>non programmables uniquement</u>)

CADRE RÉSERVÉ A L'ETUDIANT(E) :

L'ensemble de document sera restitué. Merci de compléter ce cadre :

Nom:

Prénom:

Classe:

I-Questionnaire à choix multiples: (2.5 pts)

Cochez la seule réponse exacte pour chaque question.

Il sera attribué 0.5 point par bonne réponse, aucun point ne sera retiré en cas de mauvaise réponse.

1. Pour réaliser un redressement double-alternance, il faut utiliser :

- a)- Une diode classique
- ☒ b)- Un pont de diodes classiques
- c)- Une diode Zener

2. Le dopage d'un semi conducteur intrinsèque du type Silicium (Si) a pour effet :

- a)- D'augmenter la concentration en atomes de Si
- b)- De le rendre moins conducteur
- ☒ c)- D'augmenter sa conductivité

3. Pour un transistor bipolaire de type NPN à l'état saturé :

- a)- le courant $I_C = 0$ A
- b)- la valeur du courant I_B est faible
- ☒ c)- la tension collecteur-émetteur V_{CE} est presque nulle

4. Lorsqu'un transistor bipolaire de type NPN fonctionne en régime linéaire :

- a)- La tension base-émetteur est égale à 0V
- b)- La tension entre le collecteur et l'émetteur est proche de 0
- ☒ c)- La relation $I_C = \beta I_B$ est vérifiée

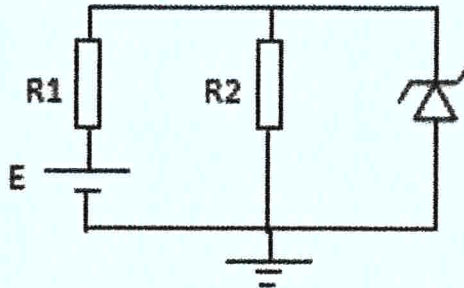
5. Si on applique une tension $V_{BE} = -1$ V entre la base et l'émetteur d'un transistor bipolaire de type NPN :

- a)- Le transistor est détruit dans tous les cas
- ☒ b)- Le transistor est bloqué
- c)- Le transistor est saturé

Partie II : Exercices à réponse libre

Exercice 1 : Diodes en régime continu (6 points)

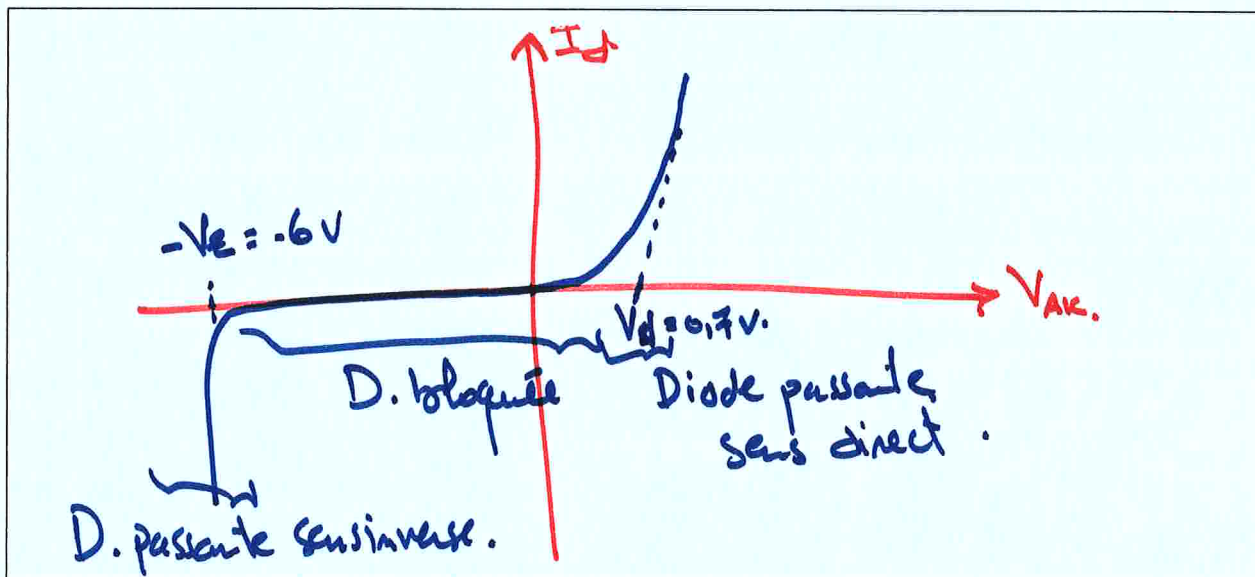
On considère le montage représenté par la figure suivante :



La diode Zéner utilisée est caractérisée par $V_z = 6 \text{ V}$ et $V_d = 0.7 \text{ V}$.

On fixe par ailleurs $E=10\text{V}$, $R_1=2\text{k}\Omega$, $R_2=10\text{k}\Omega$

1. Tracer la caractéristique de la diode Zéner : $I_d=f(V_{AK})$ en indiquant l'état passant et bloqué de la diode. (1.5 pt)



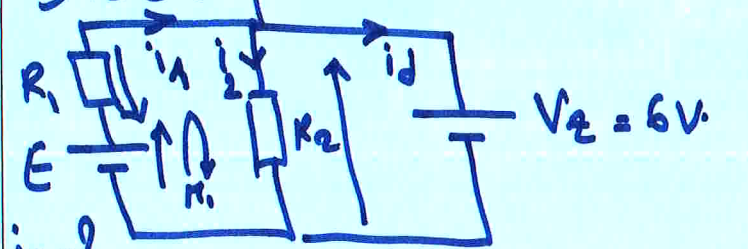
2. Montrer que la diode est dans un état passant en précisant lequel. (1 point)

$$V_{AK} = -V_{R_2} = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$
$$= -\frac{10}{12} \times 10 = -8,2\text{V} < -V_z = -6\text{V}$$

\Rightarrow Diode passante en sens inverse.
 donc la tension $V_{AK} = -V_Z = -6V$.

3. Calculer les courants dans les deux résistances R_1 et R_2 et le courant I_d qui traverse la diode. (1.5 point)

Diode passante en sens inverse :



On a $V_{R_2} = V_Z = i_2 R_2$

$\Rightarrow i_2 = \frac{V_Z}{R_2} = \frac{6}{10} \text{ mA} = 0,6 \text{ mA}$

Loi des mailles II_1 : $E - V_{R_1} - V_{R_2} = 0$

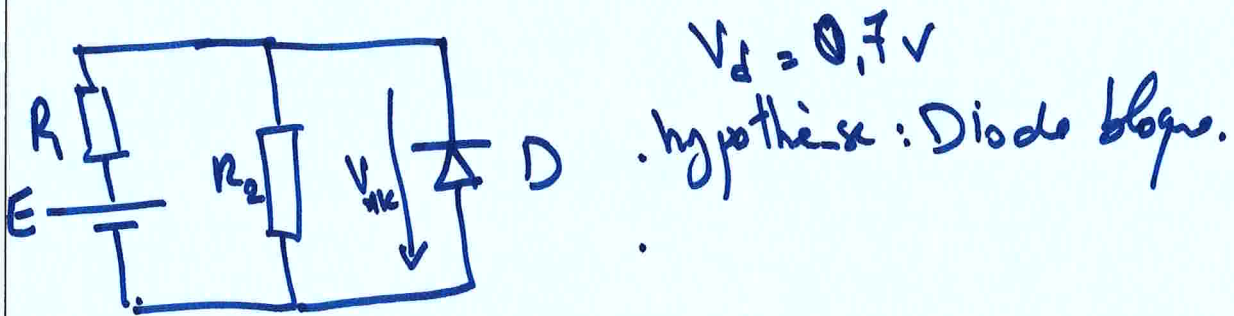
$\Rightarrow V_{R_1} = E - V_{R_2} = E - V_Z = 10 - 6 = 4V$

On selon loi d'ohm : $V_{R_2} = R_2 i_2$
 $\Rightarrow i_2 = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{4}{2} \text{ mA} = 2 \text{ mA}$

$i_d = ?$: loi des nœuds :

$$i_1 = i_2 + i_d \Rightarrow i_d = i_1 - i_2 = 2 - 0,6 = 1,4 \text{ mA}$$

4. On remplace la diode Zéner par une diode normale avec une tension de seuil $V_d = 0,7 \text{ V}$.
 a) Indiquer en le justifiant l'état de la diode. (1 point)

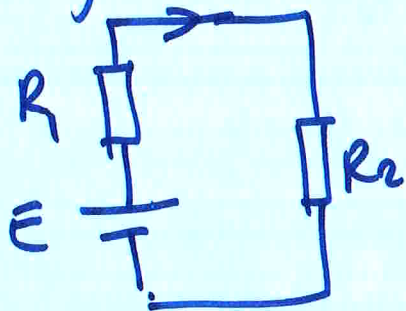


$V_{dk} = -V_{R_2} = -8,2 \text{ V} < 0,7 \text{ V}$ donc
 hypothèse vérifiée \Rightarrow la diode est bloquée
 donc $I_d = 0 \text{ A}$.

b) Préciser les valeurs des courants dans les résistances R_1 et R_2 . (1 point)

. Diode bloquée :

donc le circuit est équivalent sous cette forme : (R_1 et R_2 sont en série)



Théorème de Pouillet

$$i_1 = i_2 = i = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{10}{12} \text{ mA}$$

$$= 0,83 \text{ mA} .$$

Exercice 2: Diode en régime alternatif (6 points)

On considère le schéma suivant dans lequel les diodes sont supposées idéales:

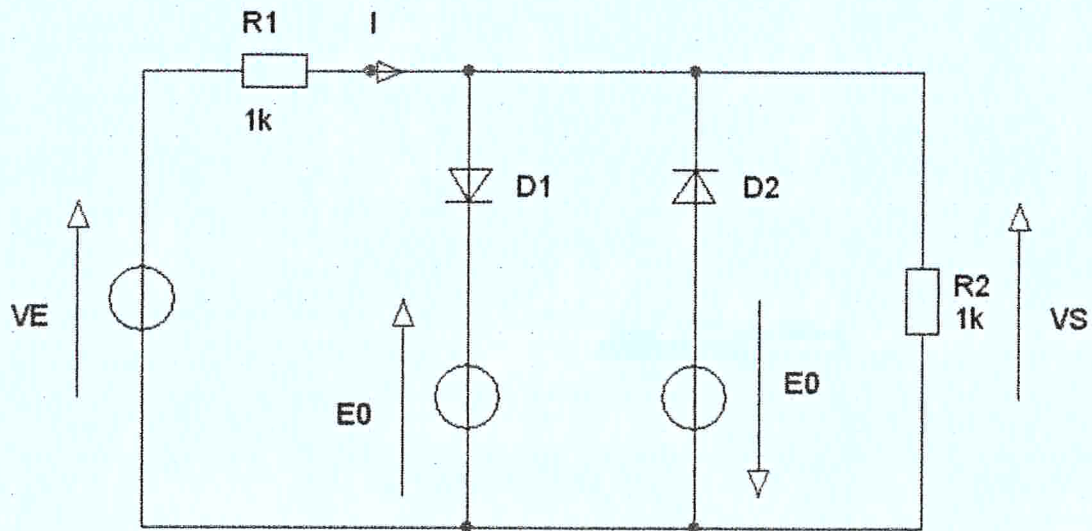
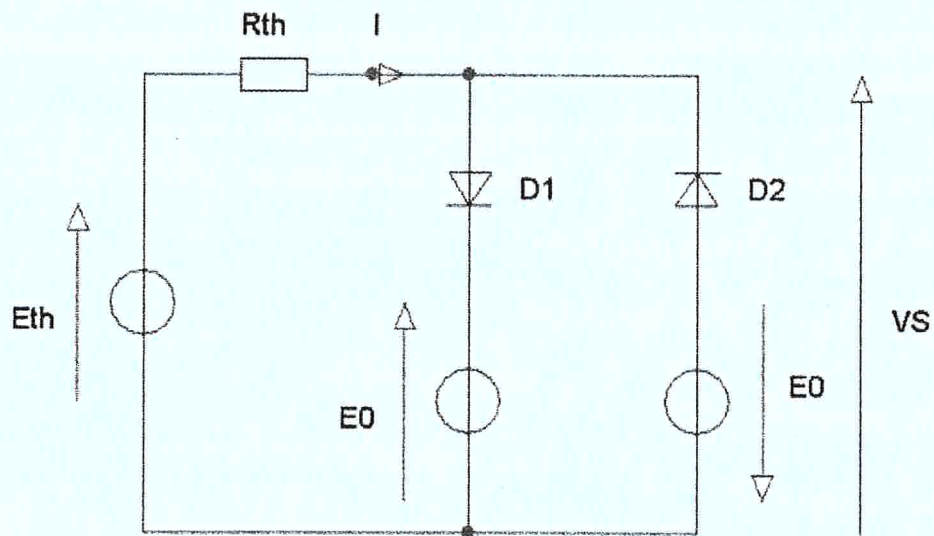


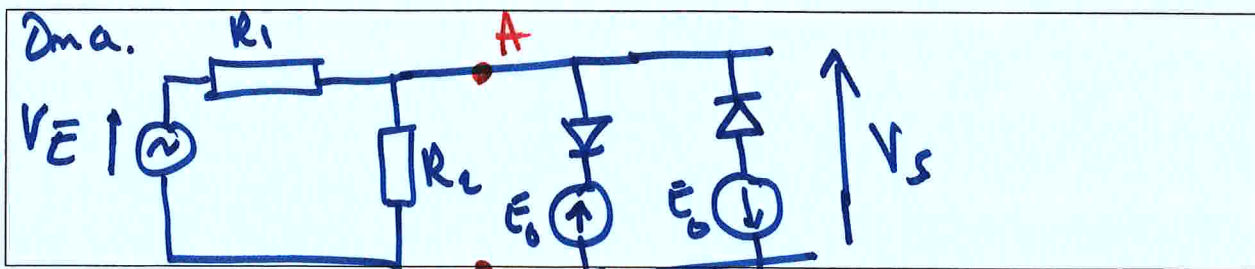
Figure 2.1

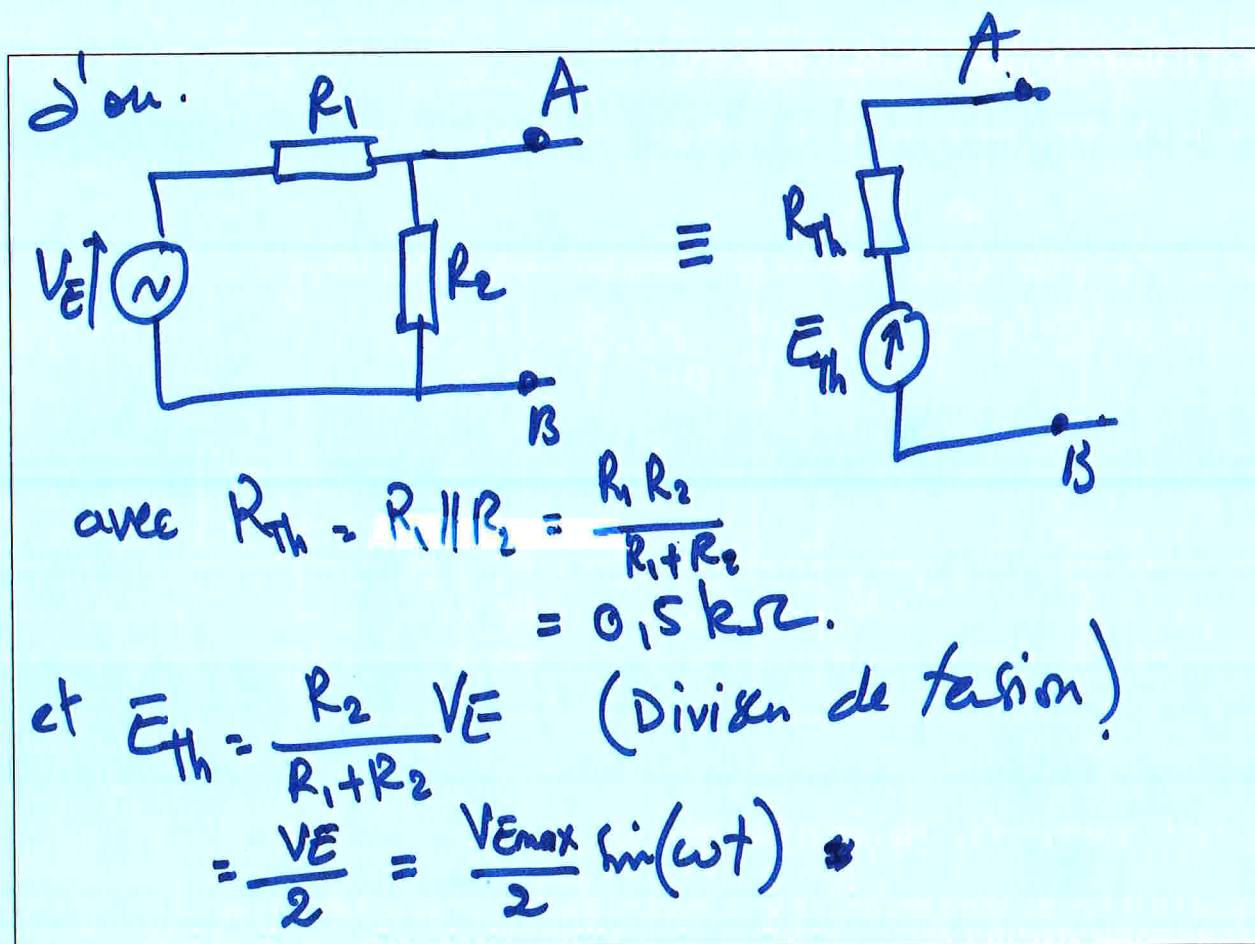
La tension d'entrée $V_E = V_{E\max} \sin(\omega t)$ et $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$

1. En utilisant le modèle équivalent de Thévenin, montrer que le montage (Figure 2.1) est équivalent au montage ci-dessous:



avec $E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_E$ et $R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. (1 point)





2. Donner les différentes combinaisons possibles en fonction de l'état des diodes (passante ou bloquée). (1 point)

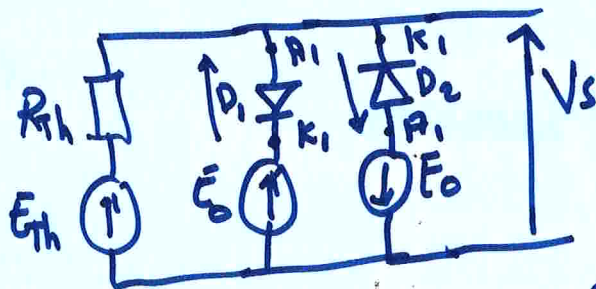
Deux diodes donc 4 combinaisons possibles :

- D_1 et D_2 passantes.
- D_1 et D_2 bloquées
- D_1 passante et D_2 bloquée
- D_1 bloquée et D_2 passante.

On remarque que la possibilité D_1 et D_2 passantes est absurde car on aura $V_s = E_0$ et $V_s = -E_0$ en même temps c'est absurde.

3. Donner les conditions sur V_E (en fonction de E_0 , R_1 et R_2) pour chacune de ces possibilités en déduisant l'expression de V_S (3 points : 1+1+1)

Donc le schéma suivant : (voir exercice 3.3 TD)



avec $R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

$$E_{Th} = \frac{V_E}{2}$$

- Cas D_1 passante et D_2 bloquée
alors $V_{AK_2} < 0 \Rightarrow V_{AK_2} = V_{A_2} - V_{K_2} = -E_0 - V_S < 0$
donc on a $-E_0 < V_S$ et $V_S = E_0$ (D_1 passante)

- Cas D_1 bloquée et D_2 passante.
alors $V_{AK_1} < 0 \Rightarrow V_{AK_1} = V_{A_1} - V_{K_1} < 0$
 $= V_S - E_0 < 0$
donc $V_S < E_0$ et $V_S = -E_0$ (D_2 passante)

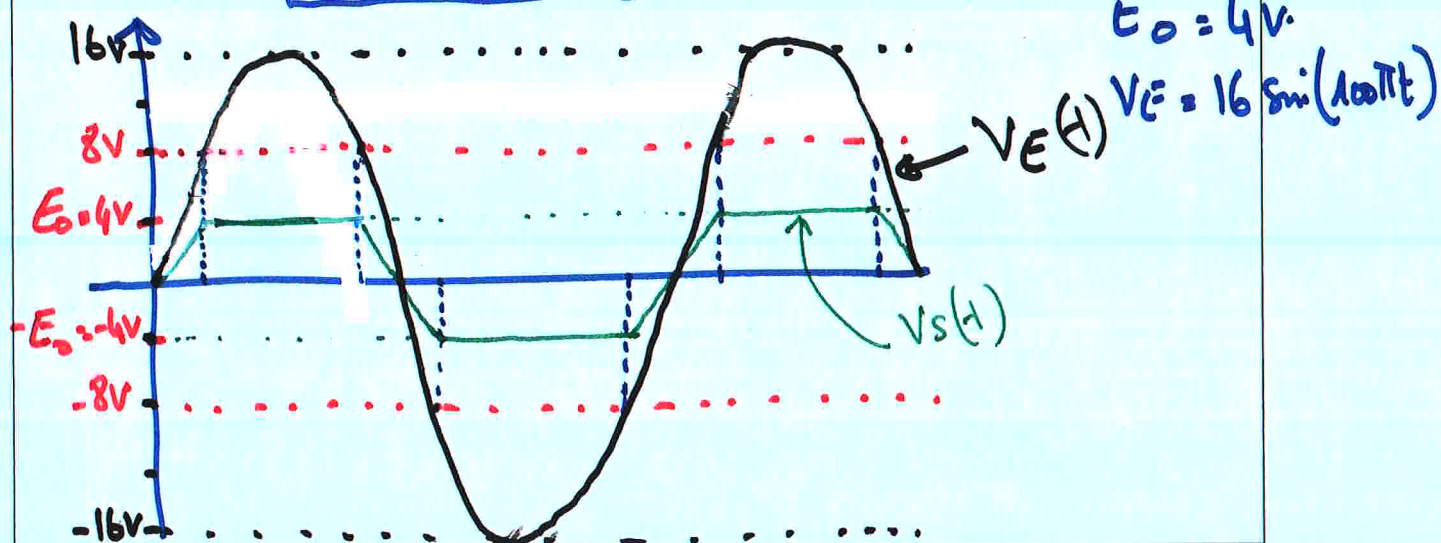
- Cas D_1 et D_2 bloquée :
On a alors $-E_0 < V_S < E_0$
et $V_S = E_{Th} = \frac{V_E}{2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_E$
Alors si $-E_0 < \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_E < E_0$ alors $V_S = E_{Th} = \frac{V_E}{2}$.

C-à-d si $-2E_0 < V_E < 2E_0$ alors $V_S = \frac{V_E}{2}$

- Si E_{Th} devient $> E_0$ alors la diode D_1 devient passante. On a alors $V_S = E_0$. c-à-d $E_{Th} > E_0 \Leftrightarrow V_E > 2E_0$
 \Rightarrow si $V_E > 2E_0$ alors $V_S = E_0$

4. Pour $E_0 = 4V$ et $V_E = 16 \sin(100 \pi t)$, tracer sur le même graphique la tension d'entrée V_E et la tension de sortie V_S . (1 point)

Si E_{Th} devient $< -E_0$, D_2 devient passante alors $V_s = -E_0$
 alors si $V_E < -2E_0$ alors $V_s = -E_0$



Exercice 3: (6 points)

On considère le montage de la figure 3.1 où la polarisation est réalisée par la résistance entre le collecteur et la base. Le transistor est caractérisé par le réseau de courbes de la figure 3.2. On donne : $\beta = 65$, $U = 10V$, $R_B = 17 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$, $R_E = 100 \Omega$.

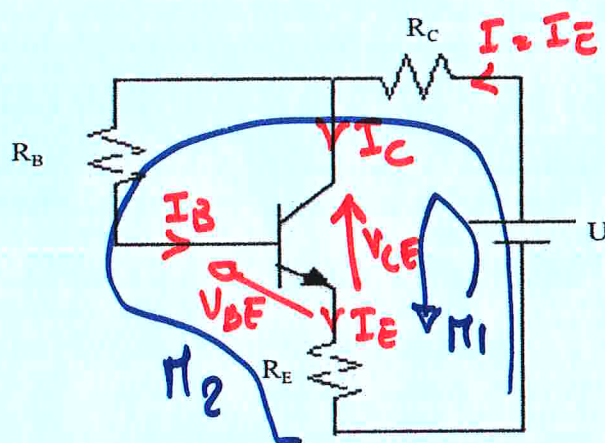


Figure 3.1

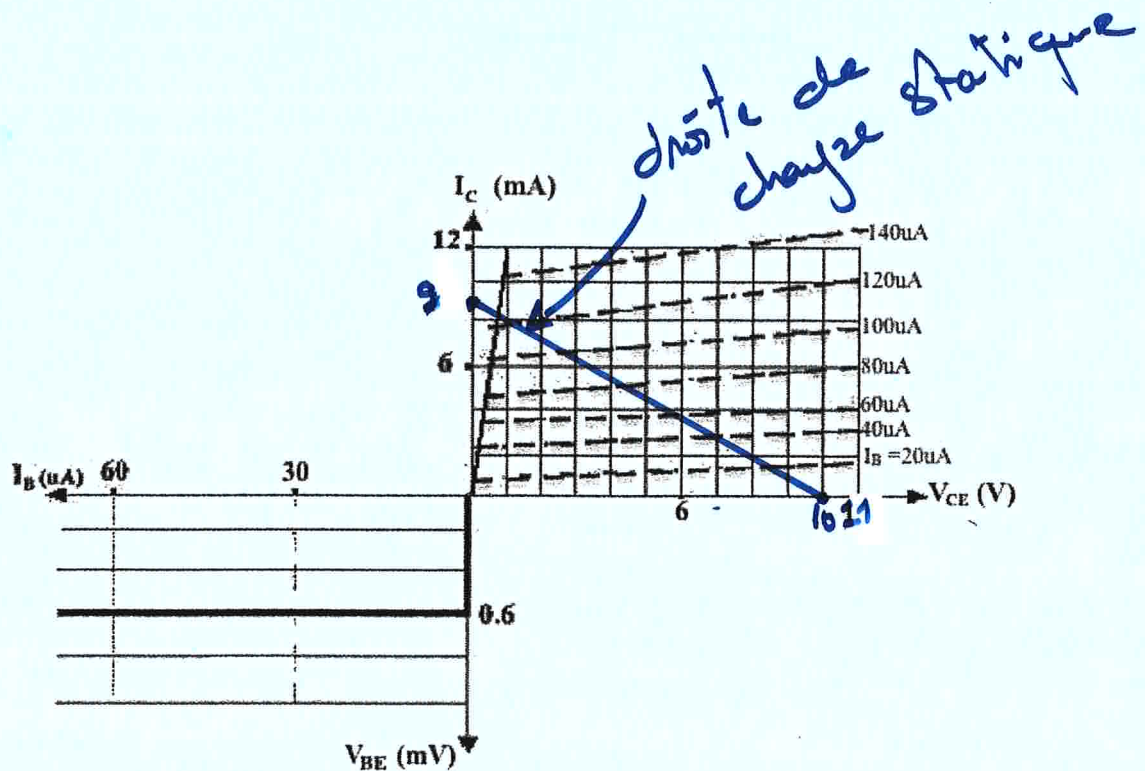


Figure 3.2

1. Donner l'équation de la droite de charge statique. (1 point)

(voir TD4. Ex2. exp b)

Maille de sortie: M1:

$$U = R_C I_E + V_{CE} + R_E I_E$$

On prend $I_C \approx I_E$

$$\Rightarrow I_E \approx I_C = - \frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{U}{R_C + R_E}$$

$I_C = f(V_{CE})$: droite de charge statique.

Régime linéaire.

$$I_C = \beta I_B = 65 I_B$$

$$\text{donc } I_E = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C \approx I_C$$

2. Donner l'équation de la droite d'attaque statique. En déduire le point de repos du montage.

(2 points)

(voir TD4. Ex2. exp.b)

Maille d'entrée M2:

$$U = R_C I_E + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E$$

$$U = (R_C + R_E) I_E + R_B I_B + V_{BE}$$

$$\text{On } I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$\text{donc } U = [(R_C + R_E)(\beta + 1) + R_B] I_B + V_{BE}$$

\Rightarrow Eq. de droite d'attaque statique:

$$I_B = - \frac{1}{(R_C + R_E)(\beta + 1) + R_B} V_{BE} + \frac{U}{(R_C + R_E)(\beta + 1) + R_B}$$

pt de fonctionnement:

D'après la caractéristique: $V_{BE_0} = 0,6V$

$$\Rightarrow I_{B_0} = 106 \mu A \text{ et } I_{C_0} = \beta I_{B_0} = 6,9 \text{ mA}$$

$$V_{CE_0} = U - (R_C + R_E) I_E \approx 2,3V$$

pt de repos ($V_{BE_0} = 0,6V$; $I_{B_0} = 106 \mu A$; $V_{CE_0} = 2,3V$ et $I_{C_0} = 6,9 \text{ mA}$)

3. Tracer la droite de charge statique directement sur le réseau de courbes de la figure 3.2. (1 point)

$$I_C = - \frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{U}{R_C + R_E}$$

deux pts: $I_C = 0$ et $V_{CE} = U = 10V$.

$$V_{CE} = 0 \text{ et } I_C = \frac{U}{R_C + R_E} = \frac{10}{1,1} \cdot 10^{-3} \approx 9 \text{ mA}$$

4. Calculer la valeur de la résistance R_B pour obtenir $V_{CE} = 5V$. (2 points)

$$V_{CE} = 5V, U = 10V$$

$$\text{Donc } R_C = 1,1 \text{ k}\Omega \text{ et } R_E = 0,1 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = ?$$

$$\textcircled{M1}: U = R_C I_E + V_{CE} + R_E I_E$$

$$\textcircled{M2}: U = (R_C + R_E) I_E + R_B I_B + V_{BE}$$

$$\text{avec } I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$\textcircled{M1} \Rightarrow I_E = \frac{U - V_{CE}}{R_C + R_E} = \frac{10 - 5}{1,1} \cdot 10^{-3} = 4,54 \text{ mA}$$

$$\textcircled{M2} \Rightarrow U = \left(R_C + R_E + \frac{R_B}{\beta + 1} \right) I_E + V_{BE} \quad (*)$$

d'après la figure $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$

$$\textcircled{*} \Rightarrow R_B = (\beta + 1) \left[\frac{U - V_{BE}}{I_E} - R_C - R_E \right]$$

$$\underline{\text{AN:}} \quad R_B = 66 \left[\frac{10 - 0,6}{4,54 \cdot 10^{-3}} - 1,1 \cdot 10^3 \right]$$

$$\approx 64 \text{ k}\Omega.$$

