

Nom :	Prénom :	Groupe :
-------	----------	----------

## ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE NICE SOPHIA



Cycle Initial Polytech - PeiP  
Première Année  
Année scolaire 2011/2012



### Epreuve d'électronique analogique N°2 - **CORRECTION**

Vendredi 30 mars 2012

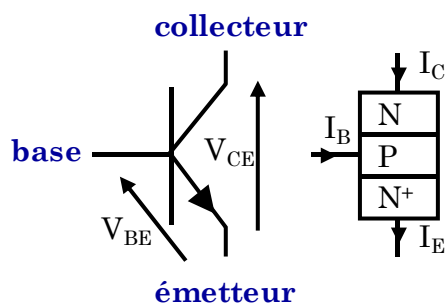
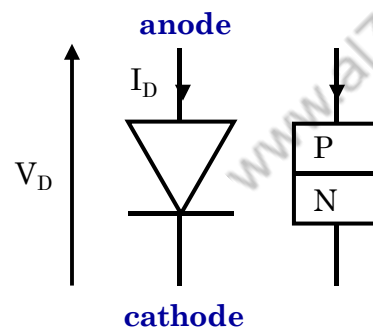
Durée : 1h30

- ☐ Cours et documents non autorisés.
- ☐ Calculatrice de type collège autorisée
- ☐ Vous répondrez directement sur cette feuille.
- ☐ Tout échange entre étudiants (gomme, stylo, réponses...) est interdit
- ☐ Vous devez :
  - indiquer votre nom, prénom et groupe (– 1 point).
  - éteindre votre téléphone portable (– 1 point par sonnerie).

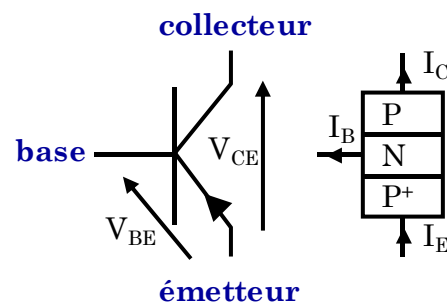
#### RAPPELS :

Modèle électrique équivalent de la diode lorsqu'elle est passante :  $V_D = V_S + R_S \cdot I_D$

Modèle électrique équivalent de la diode lorsqu'elle est bloquée :  $I_D = 0$



Transistor NPN



Transistor PNP

## EXERCICE I : Fonctionnement du transistor bipolaire (3.5 pts)

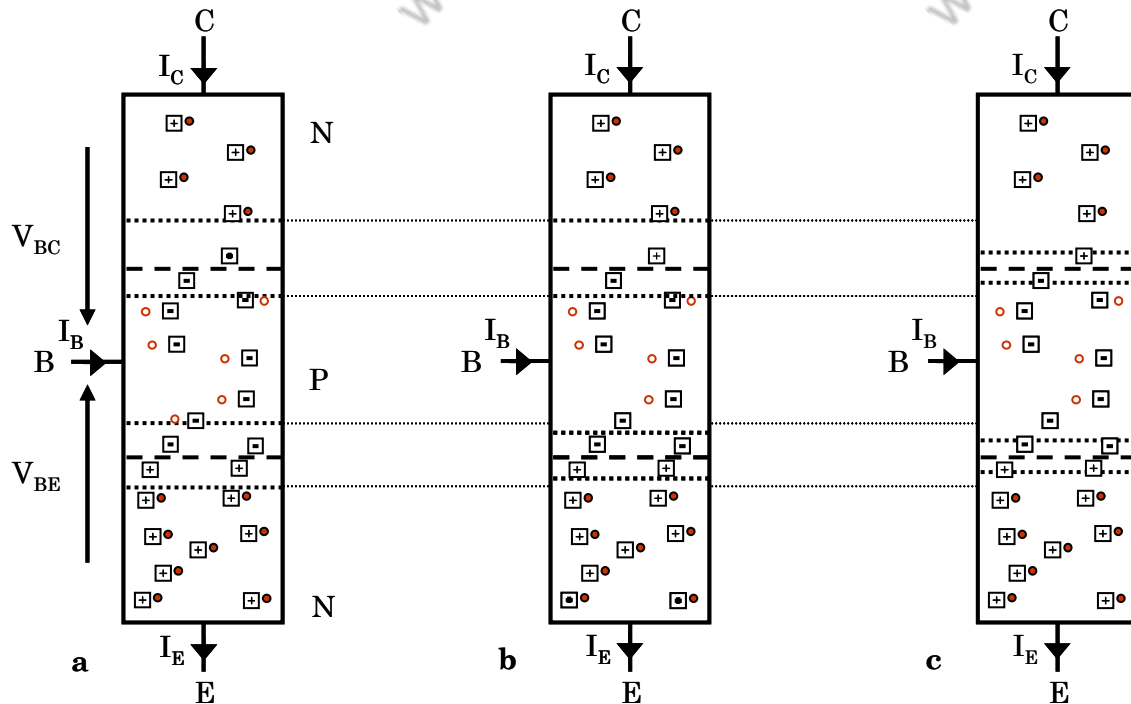


Figure (I.1).

A l'aide de la figure (I.1), décrivez le fonctionnement interne du transistor bipolaire suivant ses trois régimes : bloqué (a), linéaire (b) et saturé (c). Vous pourrez ajouter le mouvement des électrons et des trous sur les figures.

**bloqué (a) / linéaire (b) / saturé (c)**

## EXERCICE II : détecteur d'humidité (8 pts)

On se propose d'étudier le montage de la figure (II.1) qui permet l'allumage d'une diode rouge à partir d'un certain pourcentage d'humidité dans l'air détecté par un capteur.

Les éléments du montage sont :  $V_{DD} = 3\text{ V}$ ,  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 100\text{ }\Omega$ ,  $R_3 = 270\text{ }\Omega$ . Diode  $D_1$  :  $V_{SD1} = 1,2\text{ V}$ ,  $R_{SD1} = 12\text{ }\Omega$ . Transistor  $T_1$  :  $\beta = 100$ ,  $V_{CEsat} = 0,2\text{ V}$  et sa base  $V_{ST1} = 0,6\text{ V}$ ,  $R_{ST1} = 1\text{ k}\Omega$

La valeur de la résistance  $R_H$  dépend du pourcentage (noté  $X$ ) d'humidité dans l'air suivant la relation  $R_H = 30.X$  ; où  $R_H$  est en  $\Omega$  et  $X$  en %

Dans tous les calculs, on supposera que :  $\beta + 1 \approx \beta$ .  $V_{DD}$  est référencé par rapport à la masse.

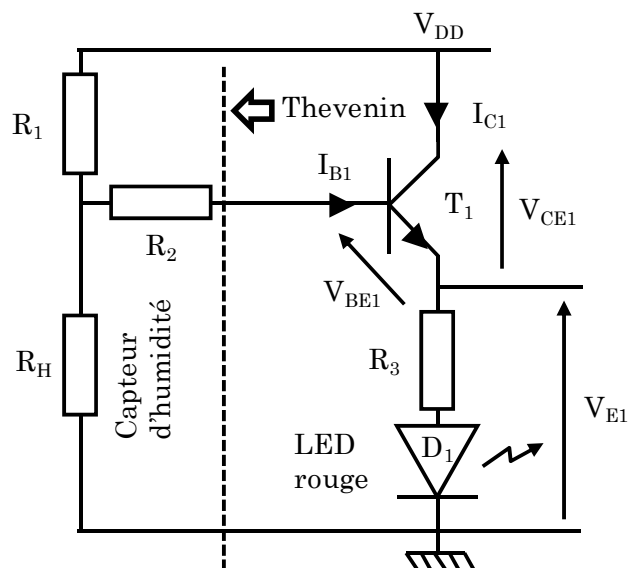


Figure II.1.

## II.1. Mise en équation du circuit

II.1.1. Déterminer les expressions des éléments du générateur de Thévenin équivalent (indiqué sur la figure) en fonction de  $V_{DD}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_H$ . **(1 pt)**

$$E_{th} = \frac{R_H}{R_1 + R_H} V_{DD}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_H}{R_1 + R_H} + R_2$$

II.1.2. En tenant compte du fonctionnement du transistor, donner l'expression du courant qui traverse la résistance  $R_3$  en fonction de  $I_{B1}$ . **(0.5 pt)**

$$I_{R3} = I_{E1} = \beta \cdot I_{B1} + I_{B1} \approx \beta \cdot I_{B1}$$

II.1.3. Déterminer l'expression de la tension  $V_{E1}$  en fonction de  $I_{B1}$ . **(0,5 pt)**

$$V_{E1} = \beta I_{B1} (R_3 + R_{SD1}) + V_{SD1}$$

II.1.4. En déduire l'expression de  $V_{CE1}$ . **(0,5pt)**

$$V_{CE1} = V_{DD} - V_{E1}$$

II.1.5. Déterminer l'expression du courant  $I_{B1}$  en fonction de  $E_{th}$ ,  $R_{th}$ ,  $\beta$ ,  $V_{ST1}$ ,  $R_{ST1}$ ,  $V_{SD1}$ ,  $R_{SD1}$  et  $R_3$ . **(1,5 pt)**

$$I_{B1} = \frac{E_{th} - V_{ST1} - V_{SD1}}{R_{th} + R_{ST1} + \beta R_3 + \beta R_{SD1}}$$

## II.2. Pourcentage d'humidité détecté

Dans cette partie, on recherche le pourcentage d'humidité qui débloquent le transistor

II.2.1. Parmi les 4 propositions suivantes, laquelle est correcte ? **(0,5 pt)**

- A) Si  $D_1$  est bloqué alors  $T_1$  est saturé
- B) Si  $T_1$  est passant alors  $D_1$  est saturé
- C) X  $D_1$  devient passant que si  $T_1$  devient passant
- D)  $T_1$  devient saturé que si  $D_1$  devient passant

II.2.2. Dans ce cas, quelle est la valeur particulière de  $E_{th}$  ? **(1 pt)**

$$E_{th} = V_{ST1} + V_{SD1} = 1,8 \text{ V}$$

II.2.3. Quelle est la valeur particulière de  $R_H$  ? **(0,5 pt)**

$$R_H = \frac{1,8 \cdot R_1}{V_{DD} - 1,8} = 1500 \Omega$$

II.2.4. Déterminer alors le pourcentage d'humidité qui permet de débloquent le transistor (et la diode) **(0,5 pt)**

$$X = \frac{R_H}{30} = 50\%$$

## II.3. Pour un pourcentage d'humidité $X = 80 \%$

### II.3.1. Déterminer les valeurs de : (1,25 pt)

$$E_{th} = 2,12 \text{ V}$$

$$R_{th} = 806 \Omega$$

$$I_{B1} = 10,6 \mu\text{A}$$

$$V_{E1} = 1,5 \text{ V}$$

$$V_{CE1} = 1,5 \text{ V}$$

### II.3.2. Dans quel régime est polarisé le transistor ? (0,25 pt)

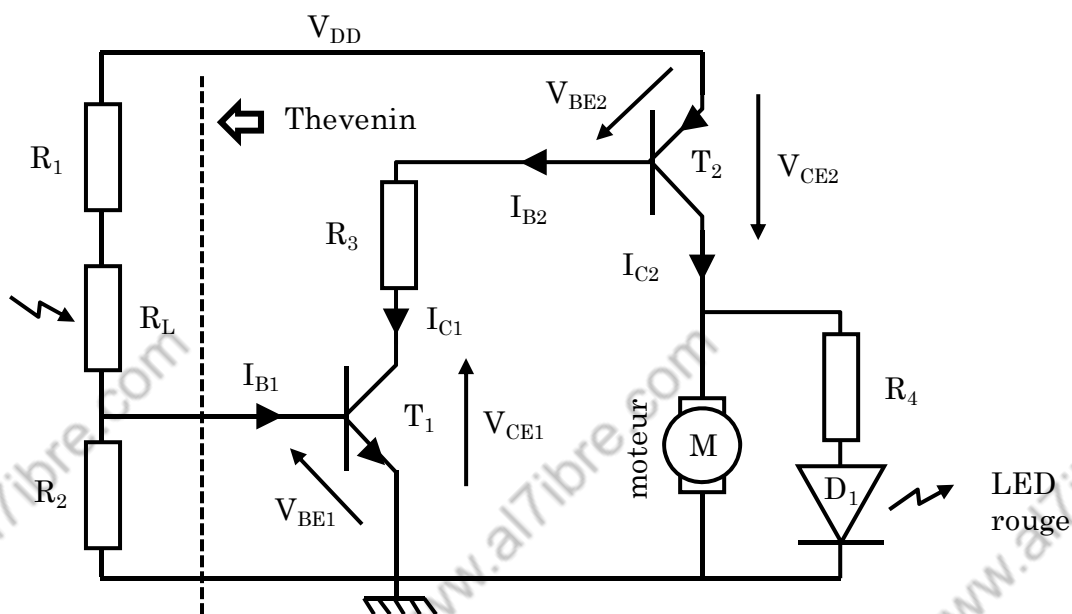
Régime :

Bloqué

☒ Linéaire

Saturé

## EXERCICE III : Robot Microbug MK127 de VELLEMAN (8 pts)



**Figure III.1.** La tension d'alimentation est  $V_{DD} = 3 \text{ V}$  et les valeurs des résistances du montage sont :  $R_1 = R_3 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 1,1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 220 \Omega$  et la valeur de  $R_L$  est de  $4 \text{ k}\Omega$  en présence de lumière et  $20 \text{ M}\Omega$  dans l'obscurité.  $M$  est un moteur dont l'influence sur les courants ne sera pas prise en considération dans cette étude.

	Tension de seuil	Résistance	Gain	Saturation
Diode $D_1$	$V_{SD1} = 1,2 \text{ V}$	$R_{SD1} = 12 \Omega$		
NPN $T_1$	$V_{ST1} = 0,6 \text{ V}$	$R_{ST1} = 1 \text{ k}\Omega$	$\beta_{T1} = 500$	$V_{CEsatT1} = 0,2 \text{ V}$
PNP $T_2$ linéaire	$V_{ST2} = -0,6 \text{ V}$	$R_{ST2} = 1 \text{ k}\Omega$	$\beta_{T2} = 500$	
PNP $T_2$ saturé	$V_{ST2sat} = -0,65 \text{ V}$	$R_{ST2sat} = 100 \Omega$		$V_{CEsatT2} = -0,2 \text{ V}$

**Tableau III.1.**  $V_{ST2sat}$  sera considéré comme une constante bien que cela soit inexact.

On se propose d'étudier la partie électronique du Kit MK127 de VELLEMAN. Une fois monté, ce Kit est un robot qui rampe vers la lumière à l'aide de deux moteurs. Le circuit d'alimentation de chaque moteur est donné à la figure (III.1) et certains éléments du montage sont donnés au tableau (III.1).

### III.1. Générateur de Thévenin équivalent indiqué à la figure (II.1)

III.1.1. Déterminer les expressions des éléments du générateur en fonction de  $V_{DD}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_L$ . **(1 pt)**

$$E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_L} V_{DD}$$

$$R_{th} = \frac{R_2(R_1 + R_L)}{R_1 + R_2 + R_L}$$

III.1.2. Déterminer les valeurs des éléments du générateur. **(0,5 pt)**

Lumière :	$E_{th} = 0,635 \text{ V}$	$R_{th} = 867 \Omega$
Obscurité :	$E_{th} = 0,16 \text{ mV}$	$R_{th} = 1,1 \text{ k}\Omega$

### III.2. Base du transistor $T_1$ .

III.2.1. Déterminer l'expression du courant  $I_{B1}$  **(0,5 pt)**

$$I_{B1} = \frac{E_{th} - V_{ST1}}{R_{th} + R_{ST1}}$$

III.2.2. Déterminer la valeur de  $I_{B1}$  **(0,5 pt)**

Lumière :  $I_{B1} = 18,5 \mu\text{A}$

Obscurité :  $I_{B1} = 0$

III.2.3. Déterminer la valeur de la tension  $V_{BE1}$  **(0,5 pt)**

Lumière :  $V_{BE1} = 0,618 \text{ V}$

Obscurité :  $V_{BE1} = E_{th} = 0,16 \text{ mV}$

### III.3. Transistor $T_2$ .

On suppose ici que le moteur n'est pas branché et on cherche à savoir quel est le régime de fonctionnement de  $T_2$ . On supposera aussi que le transistor  $T_1$  est en régime linéaire.

III.3.1. Quel est le lien entre le courant de collecteur de  $T_1$  et le courant de base de  $T_2$  **(0,5 pt)**

$$I_{C1} = -I_{B2}$$

$$I_{C1} > I_{B2}$$

$$I_{C1} = I_{B2}$$

$$I_{C1} < I_{B2}$$

III.3.2. Donner la valeur de  $I_{B2}$ . **(0,5 pt)**

Lumière :  $I_{B2} = 9,26 \text{ mA}$

Obscurité :  $I_{B2} = 0$

III.3.3. Donner l'expression et la valeur de la tension  $V_{CE2}$  en présence de lumière. **(1 pt)**

$$\text{Expression : } V_{CE2} = -V_{DD} + V_{SD1} + (R_4 + R_{SD1})\beta I_{B2}$$

$$\text{Valeur : } V_{CE2} = 1073 \text{ V}$$

III.3.4. Dire alors si le transistor  $T_2$  est saturé et pourquoi. Donner aussi la véritable valeur de  $V_{CE2}$ . **(0,5 pt)**

On a  $V_{CE2} > V_{CE2sat}$  dont  $T_2$  est saturé

$$\text{Valeur : } V_{CE2} = -0,2 \text{ V}$$

**III.3.5.** Donner alors la véritable valeur de  $I_{C2}$ .

Valeur :  $I_{C2} = \frac{V_{CE2} + V_{DD} - V_{SD1}}{R_4 + R_{SD1}} = 6,9\text{mA}$

**III.3.6.** Donner l'expression et valeur de la tension  $V_{BE2}$  en présence de lumière. **(0,5 pt)**

Expression :  $V_{BE2} = V_{ST2\text{sat}} - R_{ST2\text{sat}} \cdot I_{B2}$

Valeur :  $V_{BE2} = -1,58\text{ V}$

**III.3.7.** Donner l'expression et la valeur de la tension  $V_{BE2}$  en présence de lumière en supposant que le transistor  $T_2$  n'est pas saturé. **(0,5 pt)**

Expression :  $V_{BE2} = V_{ST2} - R_{ST2} \cdot I_{B2}$

Valeur :  $V_{BE2} = -9,86\text{ V}$

#### **III.4. Régime de fonctionnement du transistor $T_1$ .**

**III.4.1.** En présence de lumière, déterminer l'expression de  $V_{CE1}$  en fonction de  $I_{B1}$ ,  $\beta$ ,  $R_3$  et  $V_{BE2}$ . **(1 pt)**

Expression :  $V_{CE1} = V_{DD} + V_{BE2} - R_3 \cdot \beta \cdot I_{B1}$

**III.4.2.** Donner la valeur de  $V_{CE1}$  et dire alors dans quel régime est polarisé le transistor  $T_1$ . **(0,5 pt)**

Valeur :  $V_{CE1} = 0,498\text{ V}$

Régime :                      Bloqué                      Linéaire                      Saturé

**III.4.3.** Si on suppose que  $T_2$  n'est pas saturé, que devient la valeur de  $V_{CE1}$  ? **(0,5 pt)**

Valeur :  $V_{CE1} = -7,8\text{ V}$  donc  $T_1$  serait saturé