



## Contrôle Electronique

*Les calculatrices et les documents ne sont pas autorisés. Le barème est donné à titre indicatif.*

**Réponses exclusivement sur le sujet. Si vous manquez de place, vous pouvez utiliser le verso des pages.**

### Exercice 1. Questions de cours (QCM sans points négatifs – 4 points)

Choisissez la ou les bonnes réponses :

#### Les semi-conducteurs et les diodes

18

On considère un morceau de cristal de silicium pur.

A  $T = 0K$ , chaque atome de cristal est lié aux atomes voisins par 4 liaisons covalentes.

Pour  $T \neq 0K$ , certains électrons de la bande de valence passent dans la bande de conduction, entraînant l'interruption de certaines liaisons covalentes. L'absence d'un électron de valence dans une liaison covalente est équivalente à l'existence d'un .....1..... qui a, en valeur absolue, la même charge que l'électron, mais, comptée positivement. Le nombre d'électrons libres est toujours égal au nombre de .....1...... Ce nombre est d'autant plus important que la température est élevée.

Le processus de création de paire  $e^-$ /.....1..... dans un semi-conducteur s'appelle la .....2...... Il est accompagné du processus inverse, appelé .....3...... En effet, durant son mouvement chaotique, un électron libre peut rencontrer un .....1..... et reconstituer ainsi une liaison covalente interrompue. Pendant ce passage de la zone de conduction à la zone de valence, l'énergie de l'électron diminue. La .....3..... dégage donc de l'énergie.

Il s'agit bien évidemment de trouver les bons termes pour recomposer le texte :

Q1. .....1.....

☒ a- Trou

b- Charge

c- Electron de valence

d- Aucune de ces réponses

Q2. .....2.....

a- Recombinaison

b- Dislocation

☒ c- Thermogénération

d- Aucune de ces réponses

Q3. ....3.....

- (a-) Recombinaison  
b- Dislocation

- c- Thermogénération  
d- Aucune de ces réponses

Q4. Le dopage permet d'augmenter la conductivité du semi-conducteur

- (a-) VRAI

- b- FAUX

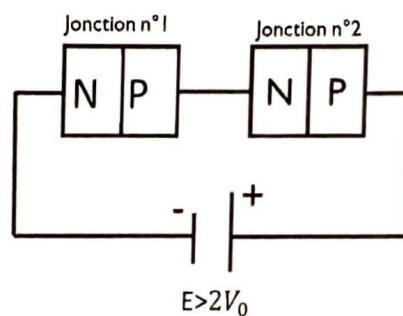
Q5. Quand on associe deux morceaux de silicium dopés différemment, il se crée, au niveau de la séparation entre les 2 morceaux, une zone de charges immobiles. Comment appelle-t-on cette zone?

- (a-) Une diode

- c- Une pile

- (b-) Une jonction PN

- d- Aucune de ces réponses

Q6. Soit le montage suivant dans lequel chaque jonction a une tension de seuil  $V_0$ .

Ce circuit est :

- (a-) Passant

- b- Bloqué

Q7. Un matériau semi-conducteur ayant un dopage de type P présente :

- (a-) un défaut d'électrons dans sa structure cristalline

- b- un surnombre d'électrons dans sa structure cristalline

Q8. L'équation de la caractéristique de la diode s'écrit :  $I_D = I_S(e^{\frac{V_D}{mV_T}} - 1)$  où  $I_D$  représente le courant qui traverse la diode et  $V_D$ , la tension à ses bornes, courant et tension étant fléchés selon la convention récepteur.  $I_S$  - courant de fuite - est un courant :

- (a-) Très faible (quelques nano ampères)

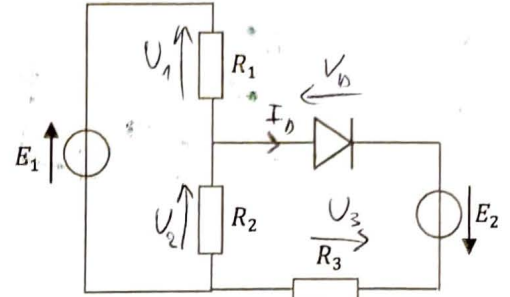
- b- Très grand (plusieurs dizaine d'ampères)

3,5

Exercice 2. Polarisation (7,5 points)

1. Soit le circuit suivant. En raisonnant par l'absurde, montrer que la diode, que l'on supposera idéale, est passante, et déterminer le courant qui la traverse.

On prendra  $R_1 = R_2 = 1k\Omega$ ,  $R_3 = 2k\Omega$ ,  $E_1 = 10V$   
 $E_2 = 12V$ .



RPA On suppose D bloquée soit  $I_D = 0$  et  $V_D < 0$

$$V_D - U_2 + U_3 - E_2 = 0 \quad \text{or, } I_D = 0 \text{ donc } U_3 = R_3 I_D = 0$$

Soit,  $V_D = U_2 + E_2$

On peut déterminer  $U_2$  par PDT car  $I_D = 0$ ,

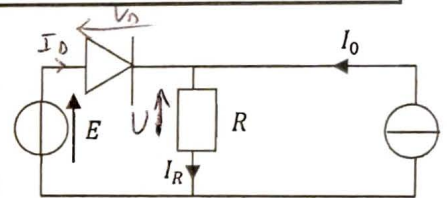
$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E_1 = \frac{1}{2} \cdot E_1 = 5V$$

Donc  $V_D = 5 + 12 = 17V \rightarrow$  Absurde  $\rightarrow$  D passante  
 car  $V_D < 0$

2. Soit le schéma suivant. On modélisera la diode en utilisant son modèle à seuil avec  $V_0 = 0,7V$ .

- a. Si  $R = 100\Omega$ ,  $I_0 = 60mA$  et  $E = 5V$ , montrer, en raisonnant par l'absurde, que la diode est bloquée.

Déterminer alors l'intensité du courant qui traverse la résistance.



RPA On suppose D passante soit  $I_D > 0$  et  $V_D = V_0$ .

$$E - V_0 - U = 0$$

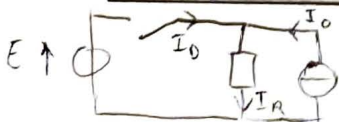
donc  $E - V_0 = U = 4,3V$

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{4,3}{100} = 0,043A = 43mA$$

PDC  $I_R = I_D + I_0$

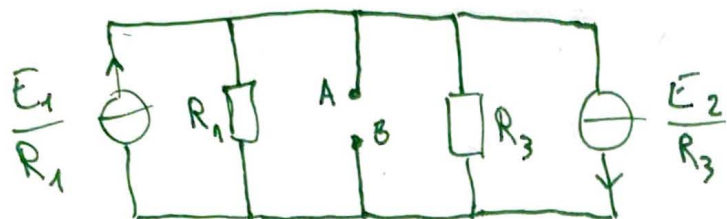
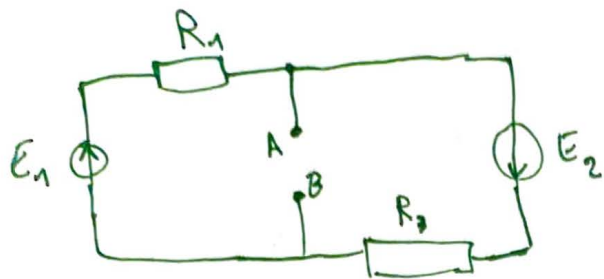
$\Rightarrow I_D = I_R - I_0 = 43 - 60 = -17mA < 0$

Absurde  $\rightarrow$  Bloquée  
 car  $I_D > 0$



D bloquée,  $I_D = 0$

Donc  $I_R = I_D + I_0 = I_0 = 60mA$





- b. Si  $R = 100\Omega$ ,  $I_0 = 30\text{mA}$  et  $E = 5\text{V}$ , montrer, en raisonnant par l'absurde, que la diode est passante. Déterminer alors l'intensité du courant qui traverse la résistance.

RPA Diode bloquée soit  $I_D = 0$  et  $V_D < V_0$

$$I_R = I_D + I_0 = I_0 = 30\text{mA}$$

$$U = RI_R = 100 \cdot 0,03 = 3\text{V}$$

$$E - V_D - U = 0$$

$$V_D = E - U = 5 - 3 = 2\text{V} \rightarrow \text{Absurde} \rightarrow D \text{ passante}$$

car  $V_D < 0,7\text{V}$

$$I_R = I_D + I_0 \text{ soit } I_D = I_R - I_0$$

$$E - V_D - U = 0$$

$$U = E - V_D = 5 - 0,7 = 4,3\text{V} \text{ soit } I_R = \frac{U}{R} = \frac{4,3}{100} = 43\text{mA}$$

$$I_D = 43 - 30 = 13\text{mA}$$

### Exercice 3. Caractéristique de transfert (8,5 points)

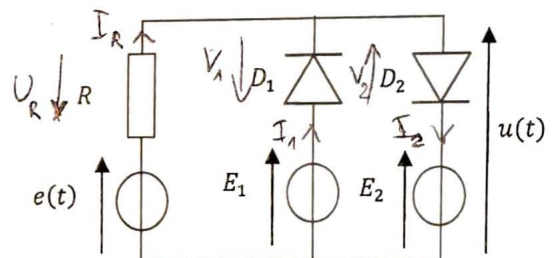
Dans le schéma ci-contre, on veut déterminer et tracer l'évolution de  $u(t)$ . On donne :

$$e(t) = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t),$$

$$\text{avec } E \cdot \sqrt{2} = 30\text{V et } \omega = 2\pi \times 50\text{rad/s}$$

$E_1$  et  $E_2$  sont deux sources de tensions continues idéales,  $E_1 = 10\text{V}$  et  $E_2 = 15\text{V}$

Les diodes seront supposées idéales.



- Donner l'expression de  $u(t)$  si  $D_1$  est passante, et montrer que, dans ce cas,  $D_2$  est nécessairement bloquante.

$$u(t) = E_1 - V_1 = E_2 + V_2$$

$$D_1 \text{ passante} \Rightarrow V_1 = 0$$

$$\text{Soit } u(t) = E_1 - V_1 = E_1 = 10\text{V}$$

On détermine  $V_2$  :

$$E_1 - V_1 = E_2 + V_2$$

$$\text{Soit, } V_2 = E_1 - V_1 - E_2 = 10 - 0 - 15 = -5\text{V}$$

$V_2 < 0$  donc  $D_2$  est bloquante.

2. Donner l'expression de  $u(t)$  si  $D_2$  est passante, et montrer que, dans ce cas,  $D_1$  est nécessairement bloquante.

$$u(t) = E_1 - V_1 = E_2 + V_2$$

$$D_2 \text{ passante} \Rightarrow V_2 = 0$$

$$\text{Soit } u(t) = E_2 + V_2 = E_2 = 15V$$

On détermine  $V_1$ :

$$E_1 - V_1 = E_2 + V_2$$

$$\text{Soit } V_1 = E_1 - E_2 - V_2 = 10 - 15 - 0 = -5V$$

$V_1 < 0$  donc  $V_1$  est bloquante

1,5

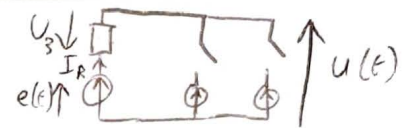
3. Donner l'expression de  $u(t)$  si les 2 diodes sont bloquées.

$$u(t) = e(t) - U_R$$

Si les 2 diodes sont bloquées,  $I_R = 0$ .

$$\text{Donc, } U_R = I_R R = 0$$

$$\text{Soit } u(t) = e(t) - 0 = e(t)$$



0,5

4. Pour quelles valeurs de  $e(t)$  les 2 diodes sont-elles bloquées ?

Les 2 diodes sont bloquées lorsque le système suivant est valide:

$$\begin{cases} V_1 < 0 \\ V_2 < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} E_1 - V_1 > E_1 \text{ car } -V_1 > 0 \\ E_2 + V_2 < E_2 \end{cases}$$

$$\text{Or, } u(t) = E_1 - V_1 = E_2 + V_2.$$

Donc la solution du système est,

$$E_1 < u(t) < E_2$$

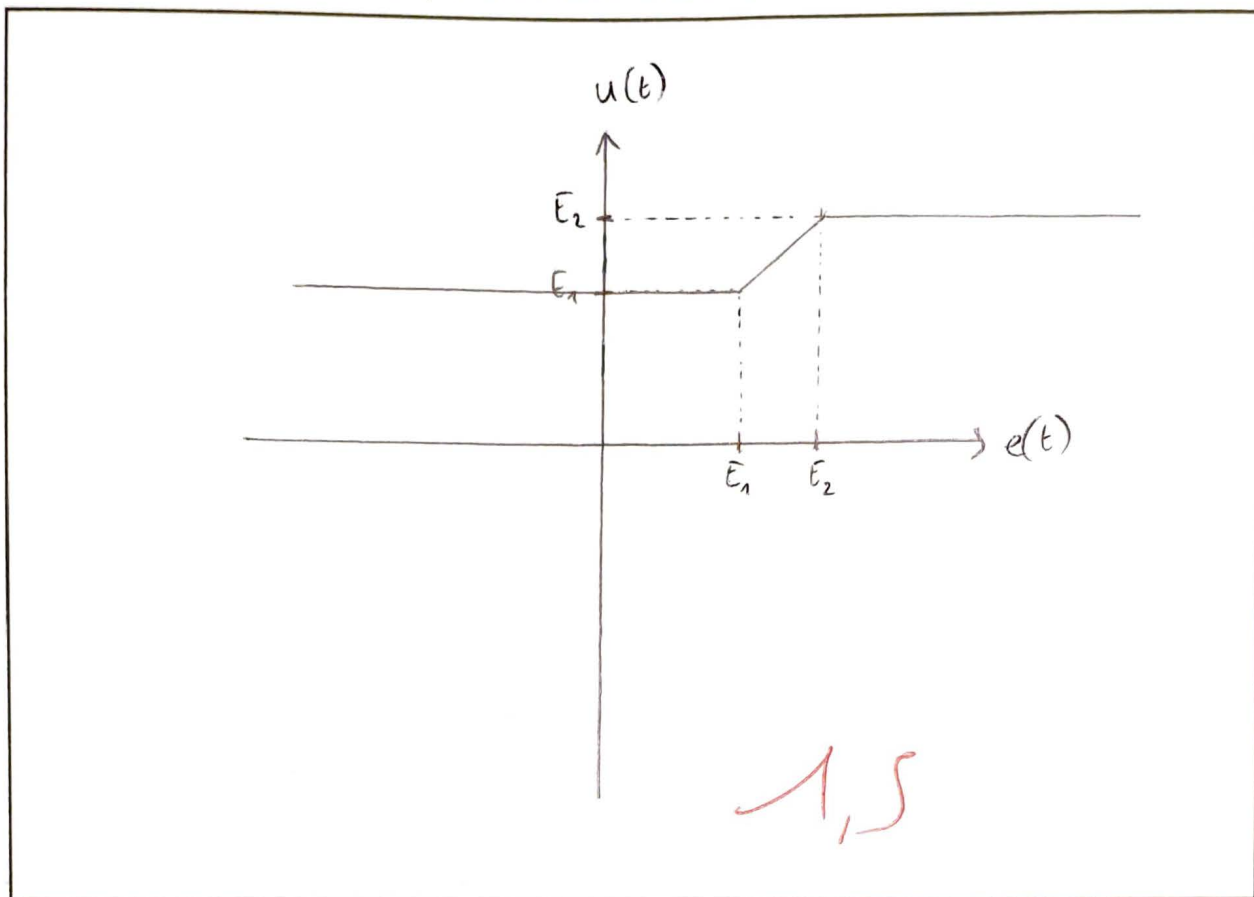
Or d'après la question précédente, quand les 2 diodes sont bloquées,  $u(t) = e(t)$ .

Ainsi, les 2 diodes sont bloquées pour:

$$E_1 < e(t) < E_2$$

2

5. Tracer la caractéristique de transfert de ce circuit.



6. Tracer la courbe  $u(t)$ .

