

ECUE n° 1 : **Electronique Générale**

Chapitre 3

Diodes Spéciales

Nombre d'heures/chapitre : 4h

Cours intégré

Système d'évaluation : **Continu**

OBJECTIFS DE L'ENSEIGNEMENT :

- Connaître les composants élémentaires de l'électronique et leurs applications dans les fonctions de base
- Prendre en compte les limitations et des caractéristiques d'un composant réel,
- Savoir exploiter un document constructeur.

CONTENU THEORIQUE :

Avec les diodes à jonction il existe des autres types des jonctions dopés spécialement pour des applications spécifiques comme la diode zénèr.

Dans ce chapitre on détaille la diode zénèr, sa caractéristique électrique ainsi que sa mode et domaine d'utilisation.

Aussi en s'intéresse à la diode électroluminescente de point de vu caractéristique et utilisation tout en résolvant des applications concernant se thème des composants.

Chapitre 3 :

Diodes Spéciales**1. Diodes Zener :****1.1. Caractéristiques :**

La diode Zener est une diode qui est utilisée en polarisation inverse.

La figure III. 1. représente le symbole d'une diode Zener. Sur le composant, même figure, la cathode est repérée par un anneau de couleur :

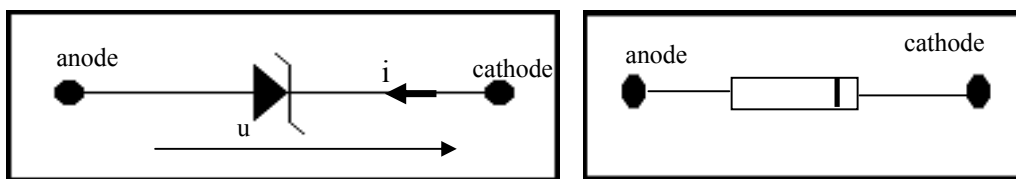


Figure III-1 Diode Zener

La caractéristique de la diode Zener est donnée par la figure III.2

- En direct, une diode Zener se comporte comme une mauvaise diode normale.
- En inverse, La caractéristique de la diode Zener présente l'allure d'un générateur de tension à faible résistance interne.

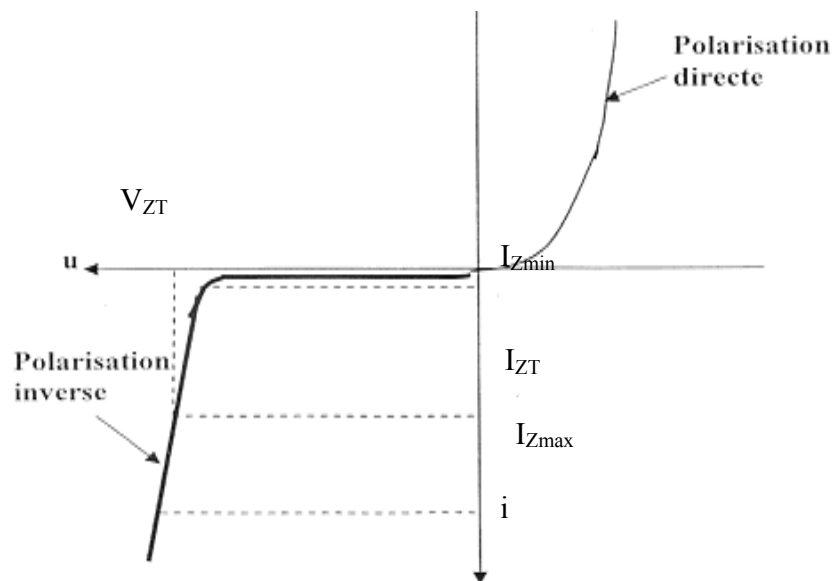


Figure III-2 Caractéristique de la diode Zener

En général, les constructeurs spécifient:

- La tension d'avalanche V_{ZT} pour un courant déterminé I_{ZT} (les valeurs de tension sont normalisées).
- A ce point de fonctionnement (V_{ZT}, I_{ZT}) on donne la résistance dynamique de la diode r_{ZT} .
- Le courant I_{Zmax} pour lequel la puissance dissipée dans le composant sera le maximum admissible.

1.2. Schéma équivalent :

Si on utilise le composant suffisamment loin du coude de la caractéristique inverse, le schéma de la figure III.3 modélise bien le comportement d'une diode Zener :

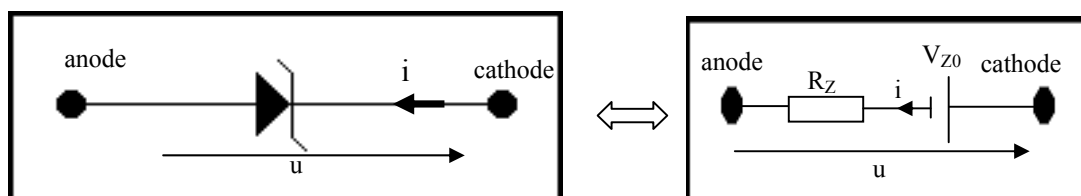


Figure III.3 Schéma équivalent de la diode Zener

1.3. Stabilisation de tension :

De par leurs caractéristiques, les diodes Zener sont idéales pour stabiliser des tensions continues ayant une ondulation résiduelle non négligeable (cas des tensions redressées filtrées).

Le montage de la figure III.4. est un stabilisateur de tension. Il permet de maintenir la tension U , aux bornes de la charge R_U , sensiblement constante lorsque le courant I_U , varie entre 0 et $I_{U_{\max}}$ et/ou lorsque la tension d'entrée (non régulée) V_C varie entre $V_{C_{\min}}$ et $V_{C_{\max}}$, c'est le cas des tensions redressées filtrées.

Pour que la diode Zener fonctionne et assure son rôle de stabilisateur, il faut qu'un courant I_Z non nul circule en permanence dans ce composant, et ce quelque soient les variations de la tension d'entrée V_C et de la charge R_U .

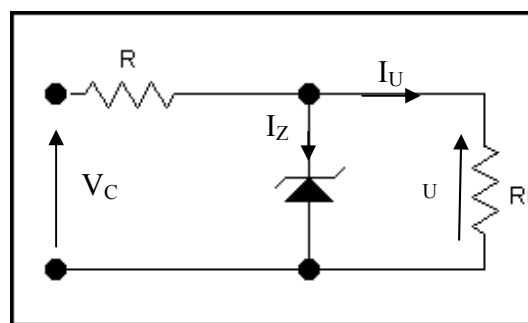


Figure III.4. Stabilisation de tension avec diode Zener.

La résistance R assure le rôle de polarisation de la Zener, et elle sera calculée pour que la condition énoncée ci-dessus soit remplie. Il faudra aussi veiller à ce que le courant I_Z ne dépasse pas le courant $I_{Z_{\max}}$.

- **Calcul de R :**

Cette résistance est calculée de telle sorte que le courant I_Z , vérifie la condition suivante :

$$I_{Z_{\min}} \leq I_Z \leq I_{Z_{\max}}$$

Supposons $r_z = 0$ (caractéristique verticale), la tension U doit rester constante et égale à V_Z .

On a

$$I_Z = \frac{V_C - V_Z}{R} - I_U$$

La condition $I_Z \leq I_{Z\max}$ impose dans les conditions les plus défavorables ($V_C = V_{C\max}$, $I_U = 0$) :

$$\frac{V_{C\max} - V_Z}{R} \leq I_{Z\max}$$

Soit :

$$R \geq \frac{V_{C\max} - V_Z}{I_{Z\max}}$$

La condition $I_Z \geq I_{Z\min}$ impose dans les condition les plus défavorables ($V_C = V_{C\min}$, $I_U = I_{U\max}$) :

$$\frac{V_{C\min} - V_Z}{R} \geq I_{Z\min} + I_{U\max}$$

Soit :

$$R \leq \frac{V_{C\min} - V_Z}{I_{Z\min} + I_{U\max}}$$

- **Qualité de la stabilisation:**

On peut définir deux coefficients de stabilisation pour caractériser ce montage. En effet, la tension de sortie va varier lorsque la tension d'entrée et / ou la charge vont varier. On distingue deux coefficients

- **Stabilisation amont:** ce coefficient est représentatif de la sensibilité du montage aux variations de la tension non régulée V_C . et ceci à charge constante ($I_U = \text{cte}$), c'est le rapport:

$$kv = \left[\frac{dU}{dV_C} \right]_{I_U = \text{cte}}$$

- **Stabilisation aval:** ce coefficient est représentatif de la variation de la tension de sortie quand le courant dans la charge varie (R_u , varie), et ceci à tension d'entrée constante ($V_C = \text{cte}$), C'est le rapport:

$$ki = \left[\frac{dU}{dI_U} \right]_{V_C = \text{cte}}$$

- Exemple

Dans le même montage de la figure III.4. remplaçant la diode Zener par son modèle équivalent, on obtient le schéma de la figure III.5.

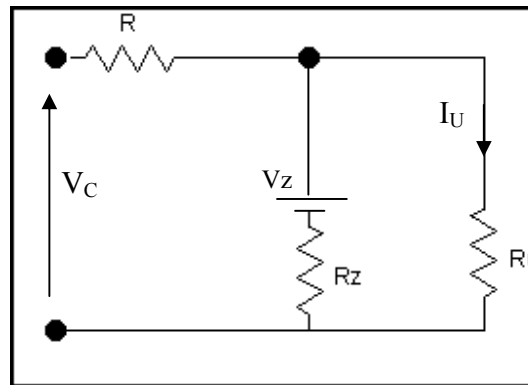


Figure III.5.

Remarquons que de point de vue des petites variations, toute tension constante se comporte comme un court-circuit.

Notons les variations des grandeurs électriques:

$$dU = u; dI_U = iu; dV_c = vc$$

- **Calcul de k_v :**

On a le schéma équivalent (Fig.III.6) pour des variations nulles de la charge, donc du courant i_U . Le coefficient de stabilisation amont est donnée par

$$k_v = \left(\frac{u}{vc} \right)_{i_U=0} = \frac{R_Z}{R + R_Z} \approx \frac{R_Z}{R}$$

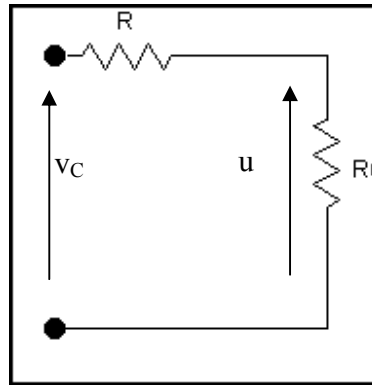


Figure III.6

- **Calcul de k_i**

On a le schéma équivalent (Fig.III.7) pour des variations nulles de la tension non régulée v_C
 Le coefficient de stabilisation aval est donnée par :

$$k_1 = \left(\frac{u}{iU} \right)_{v_C=0} = \frac{R R_Z}{R_Z + R} \approx R_Z$$

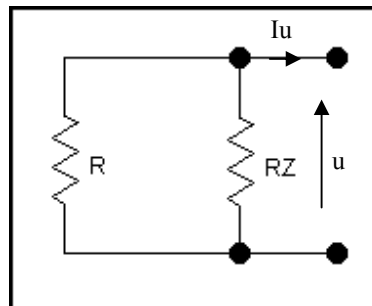


Figure III.7

2. Diodes électroluminescentes:

2.1. Caractéristiques:

Ces diodes spécifiques à base d'arséniure de gallium ont la propriété d'émettre de la lumière dans une bande de fréquence déterminée par les caractéristiques du matériau employé quand elles sont traversées par un courant direct.

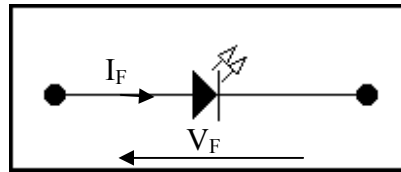


Figure III-8 Diode électroluminescente

Il en existe de diverses couleurs (jaune, orangé, rose, rouge, vert, infrarouges). Leur rendement lumineux est assez faible. On les utilise avec un courant direct d'environ 10 à 20 mA.

La tension de coude de ces composants est plus élevée que pour les diodes standard, et elle dépend de la couleur.

2.2. Utilisations:

Les utilisations des LED sont de plus en plus nombreuses, car ces composants sont plus fiables que des lampes à incandescence, et leur rendement est un peu meilleur.

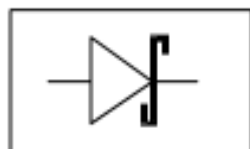
On les rencontre partout où on a besoin de témoins lumineux, et de plus en plus, associées en matrices pour remplacer des grosses lampes (feux tricolores de circulation par exemple), ou pour faire des panneaux d'affichage électroniques (heure, température, publicités diverses).

Les diodes à infrarouges servent beaucoup dans les télécommandes d'appareils TV / HIFI. On les utilise alors avec des forts courants pulsés.

3. Autres types :

Il existe encore beaucoup d'autres variétés de diodes. Citons entres autres :

- les diodes Schottky, à jonction métal / semi-conducteur; elle est très rapide. Elle est très utilisée dans les circuits logiques rapides (TU Schottky).



- les diodes Vari cap : on utilise la variation de la capacité de jonction avec la polarisation inverse dans des oscillateurs ou des circuits d'accord. On fait alors facilement varier la tension d'oscillation ou d'accord en modifiant la tension de polarisation. On obtient un condensateur dont la capacité est fonction de la tension inverse appliquée selon une loi du type :

$$C = C_{.0} + \frac{C_1}{\sqrt{1 + 2V_{inv}}}$$

- les diodes électroluminescentes : les électrons libres traversant la jonction se recombinent avec des trous.

Lors de cette recombinaison, ils perdent de l'énergie. Dans les autres diodes cette énergie est dissipée en chaleur, mais dans les diodes les électrons libres traversant la jonction se recombinent avec des trous. Les électroluminescentes (DEL, LED) elle est transformée en radiation lumineuse.

LED Rouge	$V_F \geq 1,6 \text{ V}$	pour $I_F = 20\text{mA}$
LED Verte	$V_F \geq 2 \text{ V}$	pour $I_F = 20\text{mA}$
LED Jaune	$V_F \geq 2,2\text{V}$	pour $I_F = 20\text{mA}$

4. Application :

Exercice 1 :

La diode Zener présente un comportement similaire à la diode normale en sens direct. Par contre en sens inverse le courant ne passe pratiquement pas jusqu'à une tension dite "Zener", puis à partir de cette valeur de tension, le composant présente une résistance dynamique pratiquement nulle. Figure III-9.

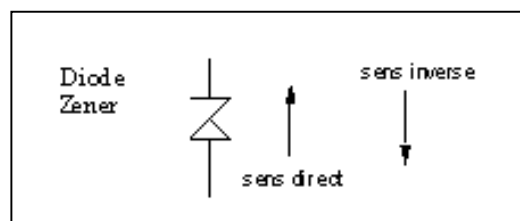
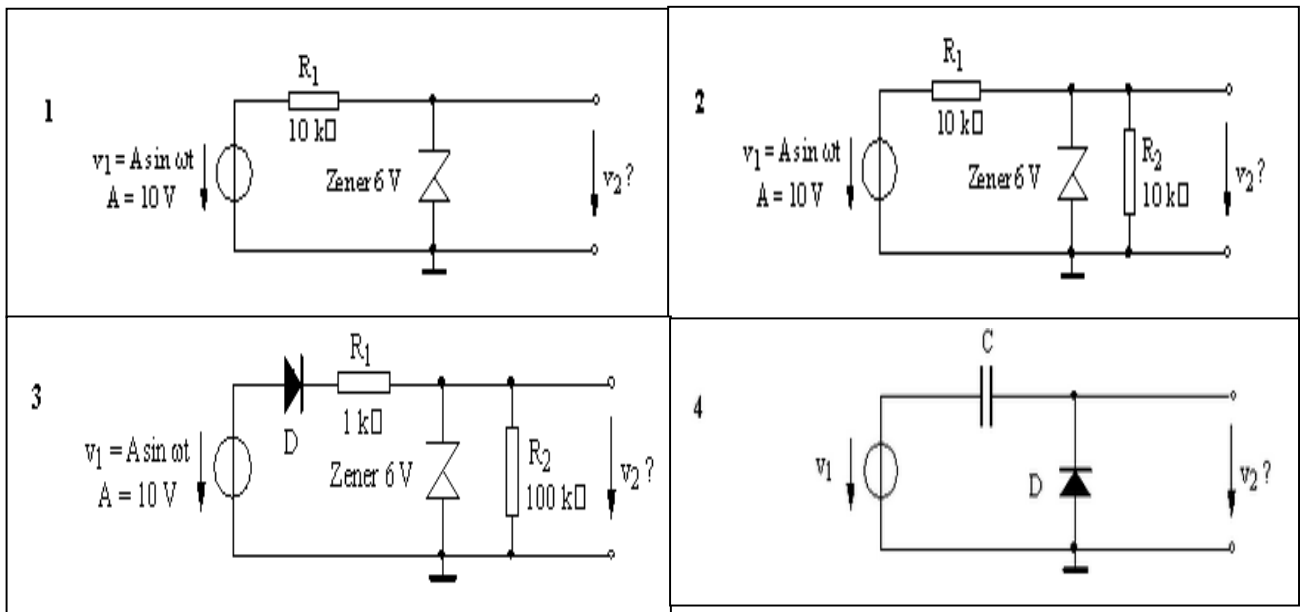


Figure III-9

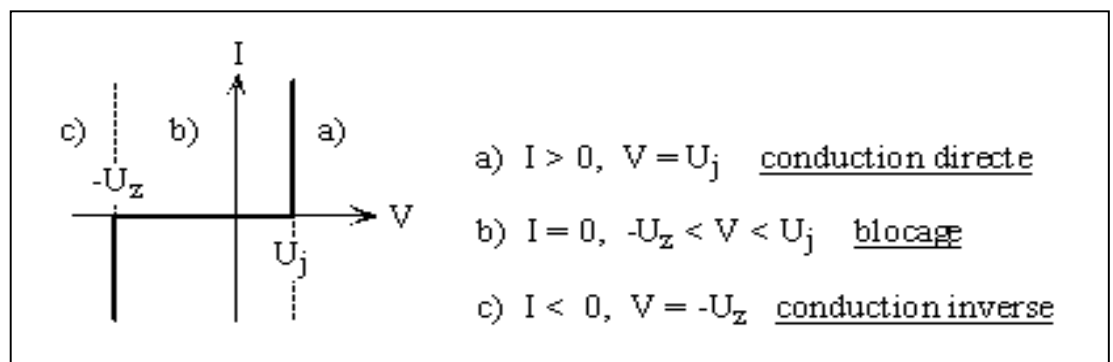
- Représentez ce comportement sur un graphique courant-tension. En utilisant le modèle simplifié des diodes et des diodes Zener (chute de tension constante de $U_j = 0.7 \text{ V}$ dans le sens direct et, pour les diodes Zener, chute de tension constante U_z dans le sens inverse), étudiez le comportement des circuits suivants en traçant un diagramme de la tension de sortie en fonction du temps.

Donnée : v_1 : signal triangulaire symétrique $\pm 5 \text{ V}$

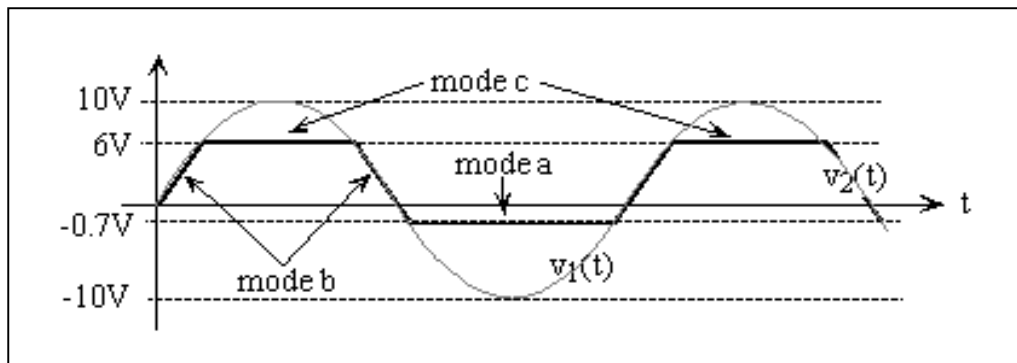


Corrigé :

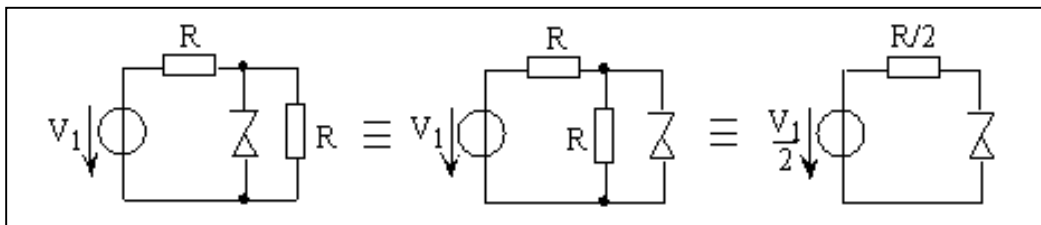
Modes de fonctionnement de la diode Zener :



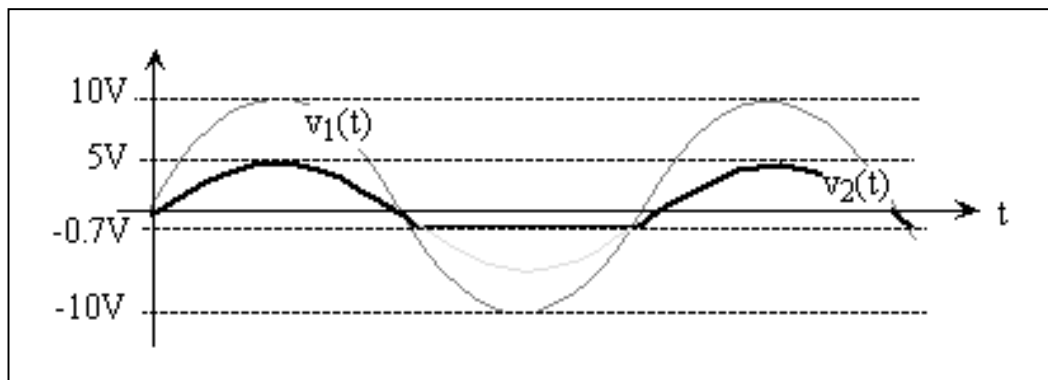
2.1. On déduit le diagramme $v_2(t)$ suivant :



2.2. On déduit le diagramme $v_2(t)$ suivant :



- Application numérique : $V_{1\text{crête}}/2 = 5 \text{ V} < U_z \Rightarrow$ la diode Zener n'est jamais en mode de conduction inverse. Allure de V_2 en fonction du temps :



- 2.3 Cas semblable à 2.2, sauf que la diode D élimine les alternances négatives de la source V_1 .

$$v_1(t) < 0.7 \text{ V} \Rightarrow D \text{ est bloquée} \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow V_2 = 0$$

$$0.7 \text{ V} \leq v_1(t) \Rightarrow D \text{ conduit}$$

$$\Rightarrow V_2 = (V_1 - 0.7) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.99 (V_1 - 0.7) \text{ tant que } V_2 < U_z$$

$V_2 = U_z = 6 \text{ V}$ dès que la diode Zener conduit en mode inverse

• 2.4 Si au départ $v_C(0) = 0$ et $V_1 = 0$:

$0 \leq t \leq T/2$: $v_1(t) \geq 0 \Rightarrow D$ est bloquée $\Rightarrow I = 0$, C ne se charge pas

$\Rightarrow v_C(t) = 0 \Rightarrow v_2(t) = v_1(t) - v_C(t) = v_1(t)$

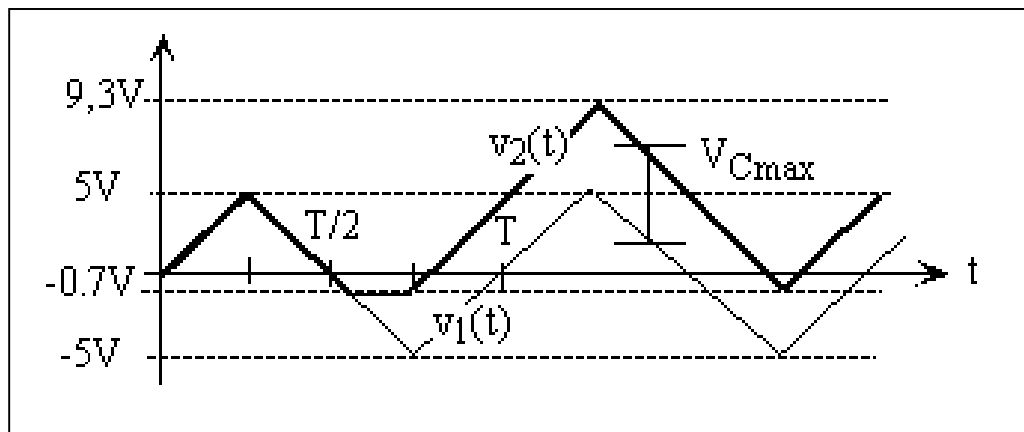
$T/2 \leq t \leq 3T/4$: dès que $v_1(t) \leq -0.7 \text{ V}$ D conduit

$\Rightarrow v_2(t) = -0.7 \text{ V}$ et $v_C(t) = v_1(t) + 0.7 \text{ V}$.

D ne conduit que dans un sens donc tant que $\frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{dv_1(t)}{dt} < 0$ et donc jusqu'à la crête négative du triangle. A cet instant $V_{Cmin} = V_{1min} - 0.7 \text{ V} = -4.3 \text{ V}$

$t > 3T/4$: D se bloque dès que la pente de $v_1(t)$ s'inverse $\Rightarrow i(t) = i_C(t) = 0$

$\Rightarrow v_C(t) = \text{cst} = V_{Cmin} \Rightarrow v_2(t) = v_1(t) - V_{Cmin} = v_1(t) + 4.3 \text{ V}$



ECUE n° 1 : **Electronique Générale**

Chapitre 4

Transistor Bipolaire

Nombre d'heures/chapitre : 5h

Cours intégré

Système d'évaluation : **Continu**

OBJECTIFS DE L'ENSEIGNEMENT :

- Connaître les composants élémentaires de l'électronique et leurs applications dans les fonctions de base
- Prendre en compte les limitations et des caractéristiques d'un composant réel,
- Savoir exploiter un document constructeur.

CONTENU THEORIQUE :

Dans ce chapitre on examine les notions de base de l'effet transistor tout en gardant la description de différents modes de commande d'un transistor en fonction du courant de base ce qui nous permet de tracer et interpréter les caractéristiques de transistor que se soit celle de l'entrée ou bien celle de la sortie.