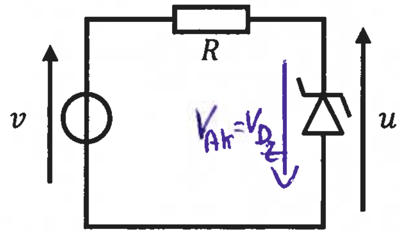
TD : La diode Zéner

[2526_I_INF_FISE_S02_CN_DIO]

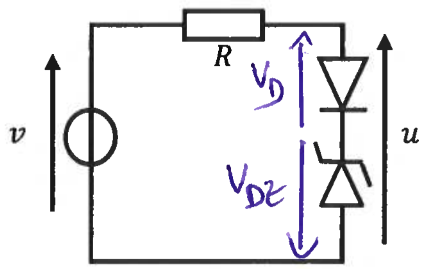
Exercice 1.

Trouver et tracer l'allure de la caractéristique de transfert du circuit ci-dessous. On utilisera le modèle réel pour la diode.



Exercice 2.

Soit le montage ci-contre :

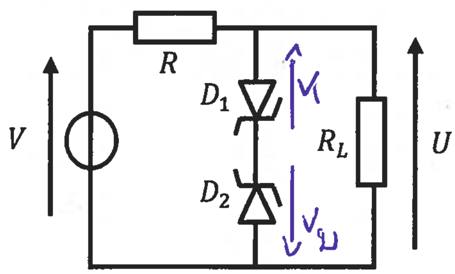


Tracer l'allure de la tension $u(t)$.

On donne : $v(t) = V.\sqrt{2}.sin(\omega t)$, $V_0 = 0{,}7V$ et $V_Z = 4{,}3V$

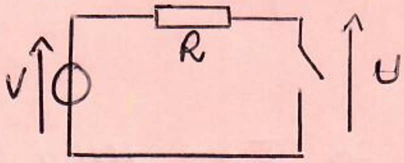
Exercice 3.

Trouver et tracer l'allure caractéristique de transfert du circuit ci-dessous. On utilisera les modèles réels de chacune des diodes.



Exercice 1 :

1er cas : La diode Zéner est bloquée.



$U = V$ (tension nulle aux bornes de R car pas de courant dans le circuit).

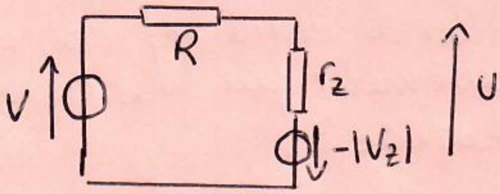
D_z bloquée ssi $-|V_z| < V_{D_z} < V_0$

ssi $-|V_z| < -U < V_0$ (car $U = -V_{D_z}$)

ssi $-V_0 < U < |V_z|$

ssi $-V_0 < V < |V_z|$ (car si D_z bloquée, $U = V$)

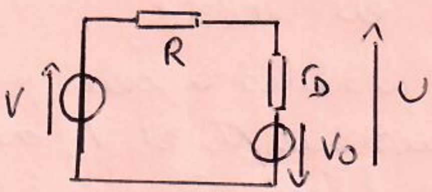
2e cas : La diode Zéner est passante en inverse. ($V \geq |V_z|$).



Th. de Millman :

$$U = \frac{\frac{V}{R} + \frac{|V_z|}{r_z}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_z}} = \frac{r_z}{R + r_z} V + \frac{R}{R + r_z} |V_z|$$

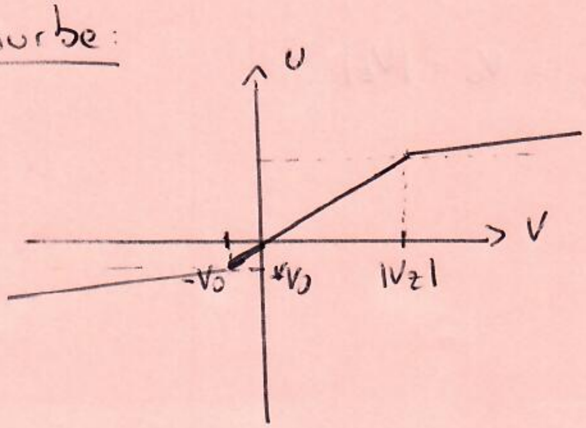
3e cas : La diode Zéner est passante en direct ($V \leq -V_0$)



De la même façon, on obtient.

$$U = \frac{r_D}{R + r_D} V - \frac{R}{R + r_D} V_0$$

Courbe :



Rq : Même si on trace une allure, il faut que la courbe soit proche de la réalité, c'est-à-dire :

- $V_0 \ll |V_z|$
- r_D et r_z très faibles ⇒ Droites proches de l'horizontale quand la diode est passante. Si on avait utilisé les modèles à seuil, on aurait eu :

$U = |V_z|$ (D passante en direct)

$U = -V_0$ (D — " — " — " inverse).

Exercice 2 :

Il n'y a que 2 cas à envisager :

1) Au moins 1 diode bloquée.
2) D passante et D_Z passante en inverse

car il est impossible que D_Z soit passante en direct (dans une diode "classique", le courant ne peut pas circuler de la cathode vers l'anode).

1er cas : Au moins 1 diode bloquée $\Rightarrow I = 0$ dans le circuit

$\Rightarrow v_{OUT} = v_{in}$.

On sait que :
$$\begin{cases} D \text{ bloquée ssi } V_D < V_0 \\ D_Z \text{ bloquée ssi } -|V_Z| < V_{DZ} < V_0 \Leftrightarrow -V_0 < -V_{DZ} < |V_Z| \\ v_{OUT} = V_D - V_{DZ}. \end{cases}$$

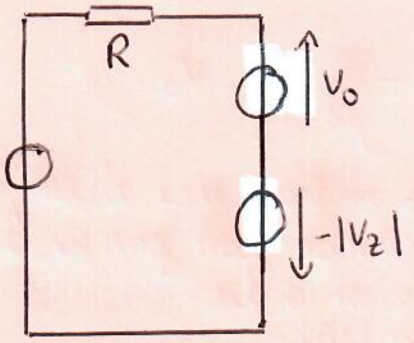
$\Rightarrow \quad v_{OUT} \leqslant V_0 + |V_Z|$

$\Rightarrow \quad v_{IN} \leqslant V_0 + |V_Z|$.

Rq : Pas de borne inf. car, on voit aisément que $v_{IN} \leqslant 0 \Rightarrow D$ bloquée !!

Cl : Au moins 1 des diodes est bloquée ssi $v_{IN} \leqslant V_0 + |V_Z|$.

2e cas : D passante et D_Z passante en inverse.

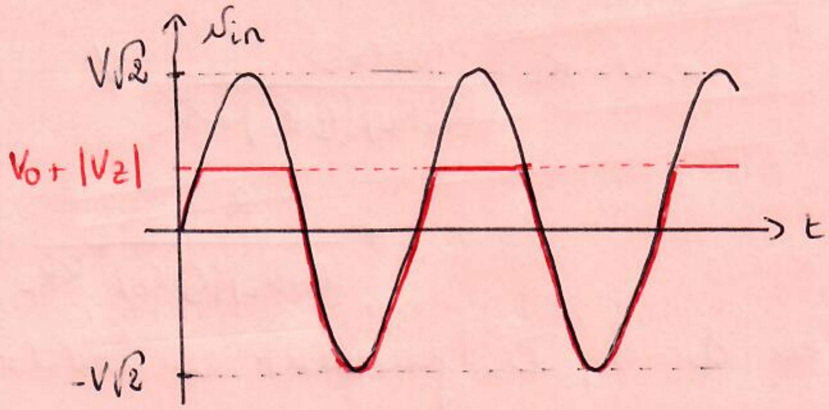


Rq : On utilise les modèles à seuil, car seules les tensions V_0 et V_Z sont précisées dans l'énoncé.

$v_{OUT} = V_0 + |V_Z|$.

Rq. Pour le tracé de la courbe, comme nous n'avons aucune indication sur V, il faudrait faire 2 cas selon que $V\sqrt{2} >$ ou $< 5V$. Si $V.\sqrt{2} \leq 5V$, on est toujours dans le cas n°1 et v_{OUT} est tjs égale à v_{IN}. ③

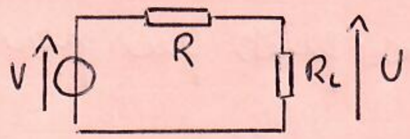
$\Rightarrow$ Tracé pour $V\sqrt{2} > 5V$.



Exercice 3 :

3 cas sont à étudier ici : ① Au moins une des 2 diodes bloquées
② D_1 passante en direct, D_2 en inverse
③ D_1 passante en inverse, D_2 en direct.

1er cas : D_1 et D_2 bloquées



PDT : $U = \dfrac{R_L}{R + R_L} V$

D_1 et D_2 bloquées $\Rightarrow \begin{cases} -|V_Z| < V_1 < V_0 \\ -|V_Z| < V_2 < V_0 \end{cases}$ et $U = V_1 - V_2$

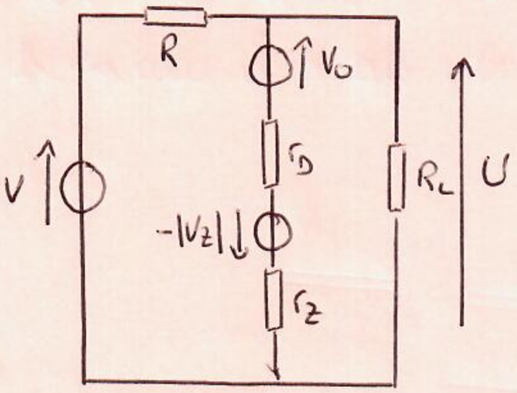
$\Rightarrow \begin{cases} -|V_Z| < V_1 < V_0 \\ -V_0 < -V_2 < |V_Z| \end{cases}$

$\Rightarrow -(|V_Z| + V_0) < U < V_0 + |V_Z|$

$\Rightarrow -(V_0 + |V_Z|) < \dfrac{R_L}{R + R_L} V < V_0 + |V_Z|$

$$\Rightarrow \underbrace{-\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)(V_0 + |V_Z|)}_{-V_T} < V < \underbrace{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)\left(V_0 + |V_Z|\right)}_{V_T}$$

2^e^ cas : D_1 passante en direct, D_2 passante en inverse.
($V \geq V_T$)

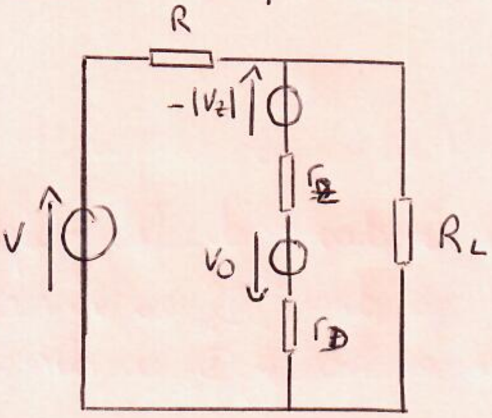


Th. de Millman :

$$U = \frac{\frac{V}{R} + \frac{V_0 + |V_Z|}{r_D + r_Z}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{r_D + r_Z}}$$

$$\Rightarrow U = R_L \left(\frac{r_D + r_Z}{(R + R_L)(r_D + r_Z) + RR_L} V + \frac{R}{(R+R_L)(r_D + r_Z) + RR_L} (V_0 + |V_Z|) \right)$$

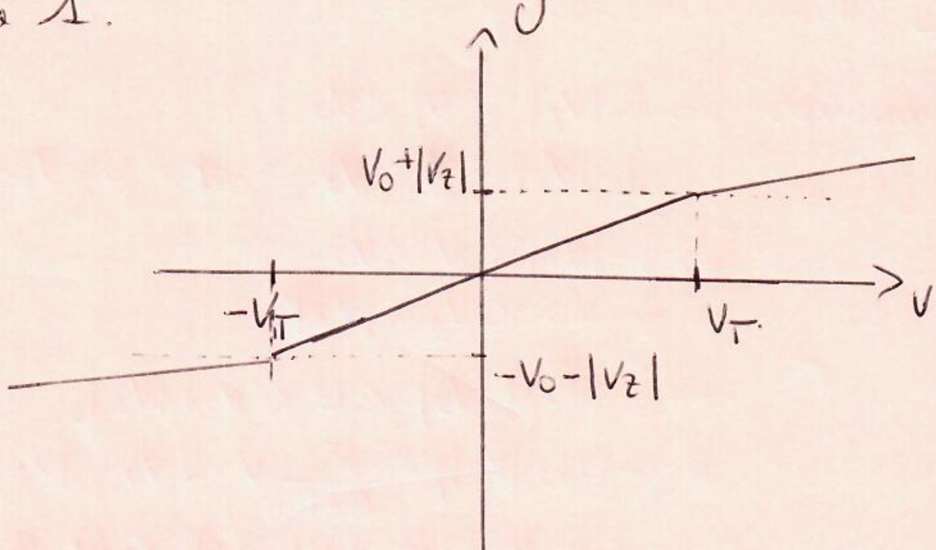
3^e^ cas : D_2 passante en direct, D_1 passante en inverse.



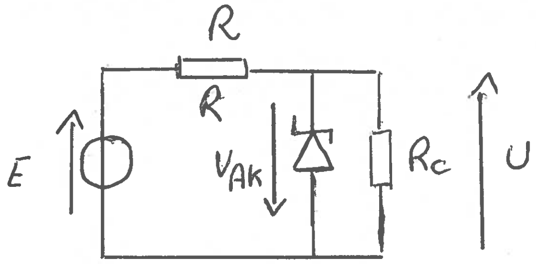
Même raisonnement que précédemment.

$$\Rightarrow U = R_L \left(\frac{r_D + r_Z}{(R + R_L)(r_D + r_Z) + RR_L} V - \frac{R}{(R+R_L)(r_D + r_Z) + RR_L} (V_0 + |V_Z|) \right)$$

Pour le tracé de la courbe, mêmes remarques que pour l'exercice 1.

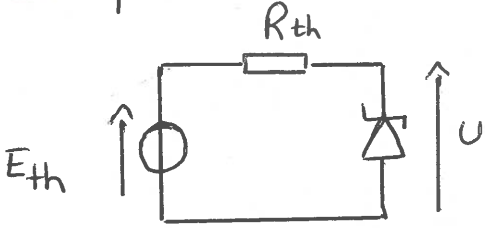


Exercice 4 : Stabilisateur de tension.



La diode zéner et la résistance R_c sont en // et on a $U = -V_{AK}$.

1. En utilisant les équivalences Thévenin / Norton, on peut redessiner le circuit ainsi :



$$E_{th} = \frac{R_c}{R+R_c} E$$

$$R_{th} = \frac{RR_c}{R+R_c}$$

Si la diode est bloquée, on a $U = E_{th}$ et on sait qu'une diode zéner est bloquée si $-|V_Z| < V_{AK} < V_0$

(Rq : On peut remarquer que la diode zéner ne pourra pas être passante en direct car $E > 0$)

Or, $V_{AK} = -U$. Donc, la diode est bloquée si $U < |V_Z|$, c'est-à-dire si $E_{th} < |V_Z|$.

a. Si $E = 12V$, alors $E_{th} = 8{,}25V > 6{,}2V = |V_Z|$

$\Rightarrow$ La diode est donc passante en inverse et $V_{AK} = -|V_Z|$.

$\Rightarrow$ $U = |V_Z| = 6{,}2V$

b. Si $E = 8V$, alors $E_{th} = 5{,}5V < 6{,}2V = |V_Z|$

$\Rightarrow$ La diode est donc bloquée et $U = E_{th} = 5{,}5V$

2. On sait que la tension sera stabilisée tant que la diode Zéner sera passante en inverse. Or, on a vu à la question précédente que la diode était passante en inverse si $E_{th} \geq |V_Z|$

La plus petite valeur de E_{th} pour être dans ce cas est donc $E_{th} = |V_Z|$

$$\Rightarrow \frac{R_{c\,min}}{R + R_{c\,min}} E = V_Z \Leftrightarrow R_{c\,min} E = (R + R_{c\,min}) V_Z$$

$$\Leftrightarrow R_{c\,min} (E - V_Z) = R . V_Z .$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{c\,min} = \frac{V_Z}{E - V_Z} . R}$$

<u>Application numérique</u> : $R_{c\,min} \approx 1\ k\Omega$.