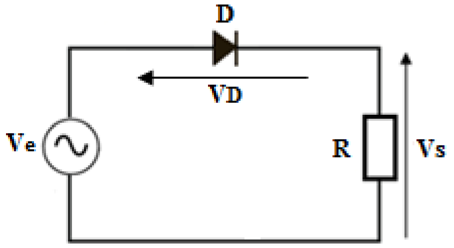
TD3 : Diodes

Exercice 1 :

Soit le circuit suivant. $R = 1\ K\Omega$, $V_e(t) = 5\ sin\omega t$.



✓ Donner la caractéristique $I_D(V_D)$ de la diode, analyser le fonctionnement du circuit, et tracer les graphes des tensions V_s et V_D en fonction du temps, pour les trois cas suivant :

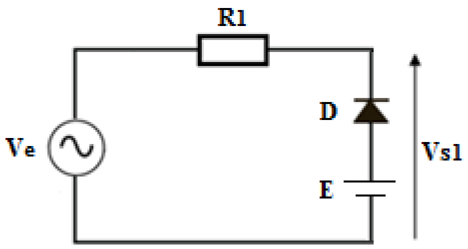
a) **D** est une diode idéale.

b) **D** présente une résistance directe nulle, une résistance inverse infinie, et une tension de seuil $V_{seuil} = 0{,}6\ V$.

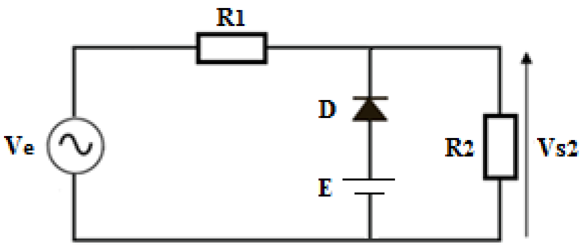
c) **D** est une diode au silicium de résistance directe 20Ω et résistance inverse infinie.

Exercice 2 :

Soit les montages **a** et **b**. **D** est une diode idéale. $V_e(t) = 28\ sin\omega t$, $E = 5\ V$, $R_1 = 300\ \Omega$, $R_2 = 100\ \Omega$.



a)

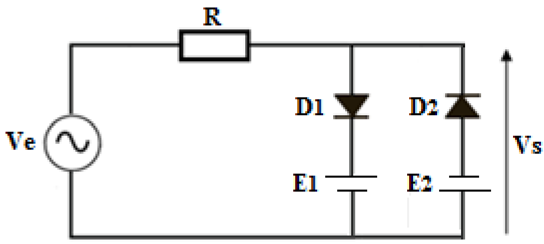


b)

✓ Analyser le fonctionnement des montages et tracer les graphes de V_{s1} et V_{s2} en fonction du temps.

Exercice 3 :

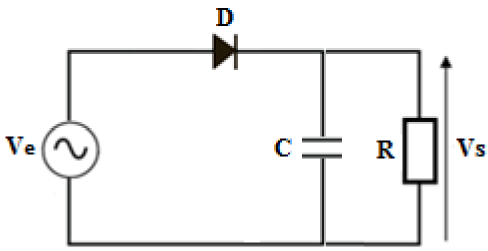
Soit le montage suivant. Les diodes sont supposées idéales. $V_e = 15\ sin\omega t$. $E_1 = 10\ V$ et $E_2 = 5\ V$.



- ✓ Analyser le fonctionnement du montage et tracer le graphe de la tension V_s en fonction du temps.

Exercice 4 :

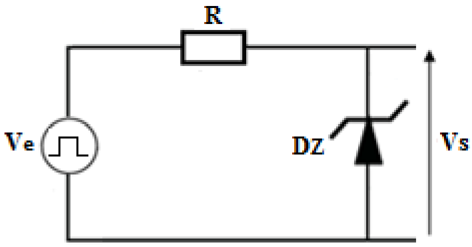
V_e est une tension sinusoïdale de valeur maximale V_{emax} . La diode est supposée idéale. à l'instant $t = 0$, le condensateur C est totalement déchargé.



- ✓ Analyser le fonctionnement du montage et tracer le graphe de la tension V_s en fonction du temps.

Exercice 5 :

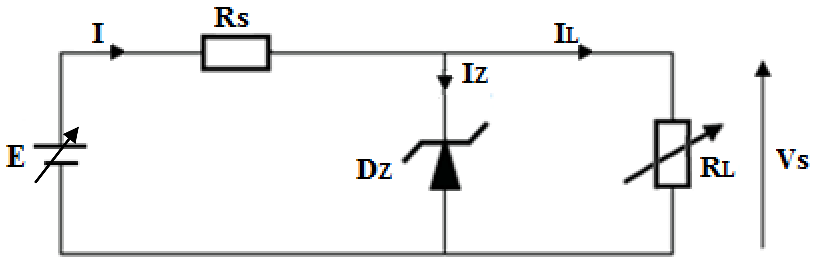
Dz est une diode Zener au silicium de résistance interne R_Z négligée et de $V_Z = 3\ V$. V_e est un signal carré d'amplitude +5V / -5V.



- ✓ Analyser le fonctionnement du montage et tracer le graphe de la tension V_s en fonction du temps.

Exercice 6 :

Soit le montage suivant. La diode **Dz** est supposée idéale, sa tension Zener est égale à 6.2 V et sa puissance maximale est de 1.3 W. $R_s = 100\ \Omega$.



1. Calculer le courant max qui peut traverser la diode.
2. On fixe $R_L = 100\ \Omega$. Déterminer la plage de variation de E permettant d'obtenir une tension V_s stabilisée ?
3. Pour les deux cas suivants, déterminer la plage de variation de R_L permettant d'obtenir une tension V_s stabilisée ?

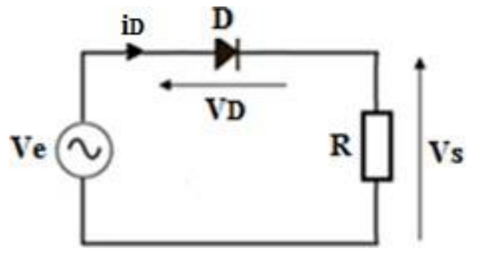
a) $E = 24\ V$.

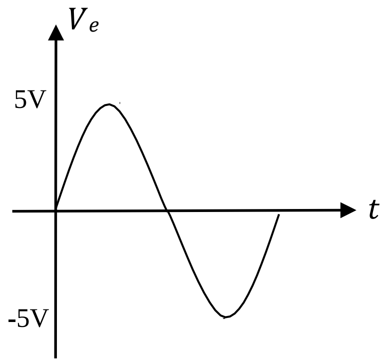
b) $E = 30\ V$.

Corrigé TD3

Exercice 1 :

$R = 1\ K\Omega,\ V_e(t) = 5\ sin\omega t.$

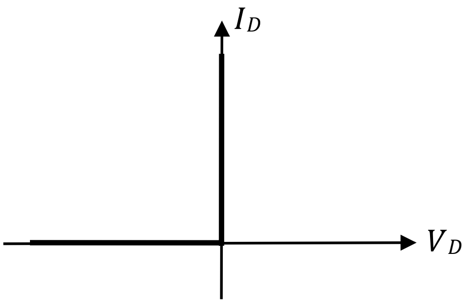




✓ Caractéristique $I_D(V_D)$ de la diode, analyse du fonctionnement du circuit, et graphes de $V_s(t)$ et $V_D(t)$:

a) **D** est une diode idéale.

Caractéristique $I_D(V_D)$:



Analyse du fonctionnement du circuit :

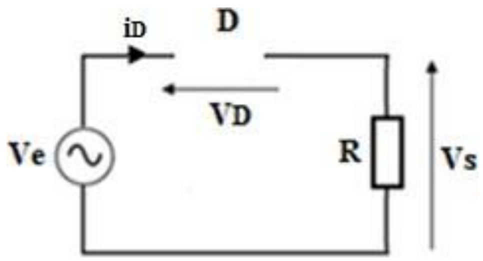
En appliquant la loi des mailles :

$$V_e - V_D - Ri_D = 0$$

Pulsation positive + : $V_e > 0$ et **D** passante :

Pulsation negative - : $V_e < 0$ et **D** bloquée :

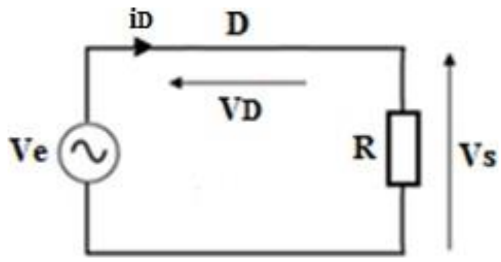
$V_e < 0$: **D** bloquée.



$$V_s = Ri_D\ , i_D = 0 \rightarrow V_s = 0$$

$$V_e - V_D - V_s = 0,\ V_s = 0 \rightarrow V_D = V_e$$

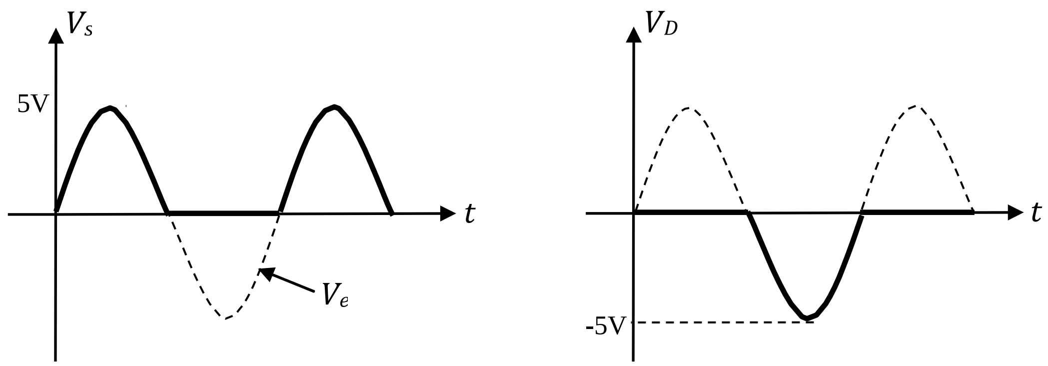
$V_e > 0$: **D** passante.



$$V_e = V_s$$

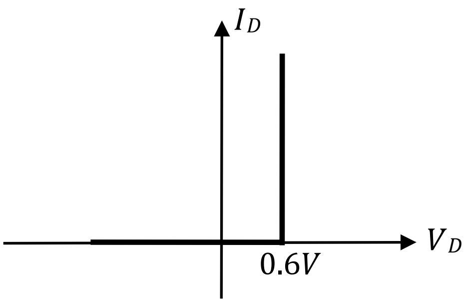
$$V_D = 0$$

<u>Graphes des tensions V_s et V_D en fonction du temps :</u>



b) **D** présente une résistance directe nulle et une tension de seuil $V_{seuil} = 0{,}6\ V$.

<u>Caractéristique $I_D(V_D)$:</u>

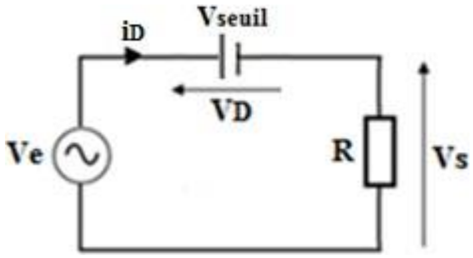


Analyse du fonctionnement du circuit :

En appliquant la loi des mailles :

$$V_e - V_D - Ri_D = 0$$

Pulsation positive + : pour $V_e > V_{seuil}$ **D** passante :

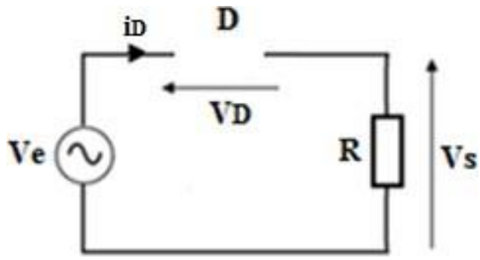


$$V_e - V_{seuil} - V_s = 0 \rightarrow V_s = V_e - V_{seuil} \rightarrow V_s = 5\ sin\omega t - 0.6$$

$$V_D = V_{seuil}$$

Pulsation négative - : la diode est bloquée

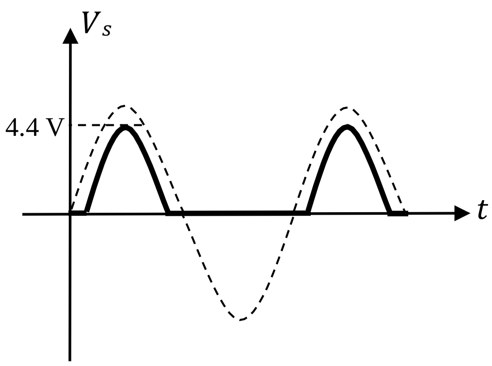
Et pour $V_e < V_{seuil}$ **D** bloquée.

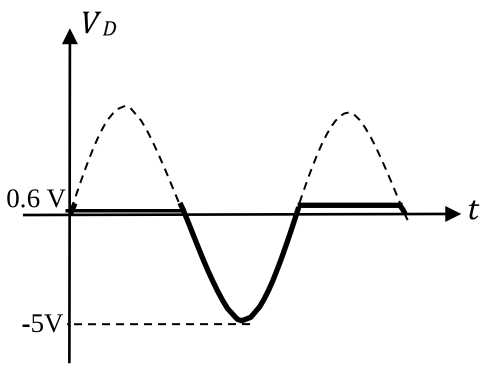


$$V_s = Ri_D\ , i_D = 0 \rightarrow V_s = 0$$

$$V_e - V_D - V_s = 0,\ V_s = 0 \rightarrow V_D = V_e$$

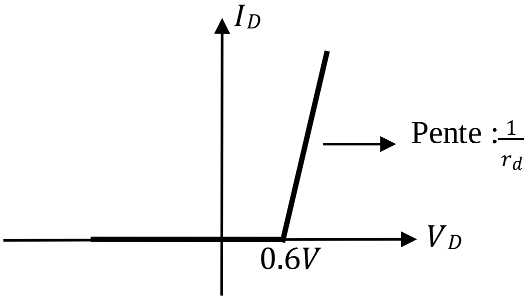
Graphes des tensions V_s et V_D en fonction du temps :





c) **D** est une diode au silicium de résistance directe $r_d = 20\Omega$ et résistance inverse infinie.

Caractéristique $I_D(V_D)$:



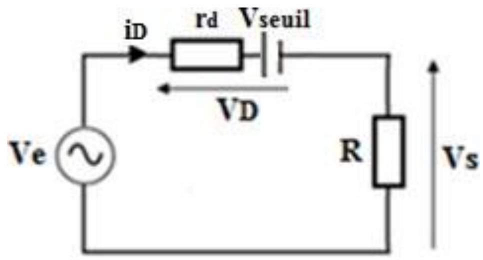
Analyse du fonctionnement du circuit :

En appliquant la loi des mailles :

$$V_e - V_D - Ri_D = 0$$

Pulsation positive+:

Pour $V_e > V_{seuil}$ **D** passante



En appliquant la loi des mailles :

$$V_e - r_d i_D - V_{seuil} - R i_D = 0$$
$$i_D = \frac{V_e - V_{seuil}}{r_d + R}$$

En appliquant la loi d'Ohm :

$$V_s = R i_D$$

On trouve finalement :

$$V_s = \frac{R}{r_d + R}(V_e - V_{seuil})$$

$$V_s = \frac{1000}{20 + 1000}(5\ sin\omega t - 0.6) \rightarrow V_s = 4.90\ sin\omega t - 0.59$$
$$V_{smax} = 4.90 - 0.59 \rightarrow V_{smax} = 4.31\ V$$

V_D?

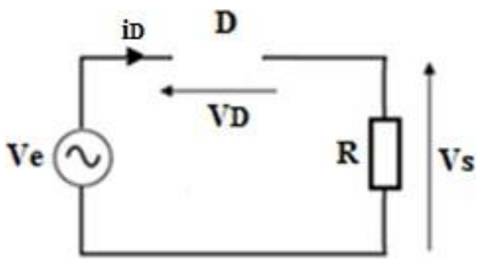
$$V_D = r_d i_D + V_{seuil}$$

$$V_D = \frac{r_d}{r_d + R}(V_e - V_{seuil}) + V_{seuil}$$

$$V_D = \frac{20}{20 + 1000}(5\ sin\omega t - 0.6) + 0.6 \rightarrow V_D = 0.098\ sin\omega t + 0.59$$
$$V_{Dmax} = 0.098 + 0.59 \rightarrow V_{Dmax} = 0.69\ V$$

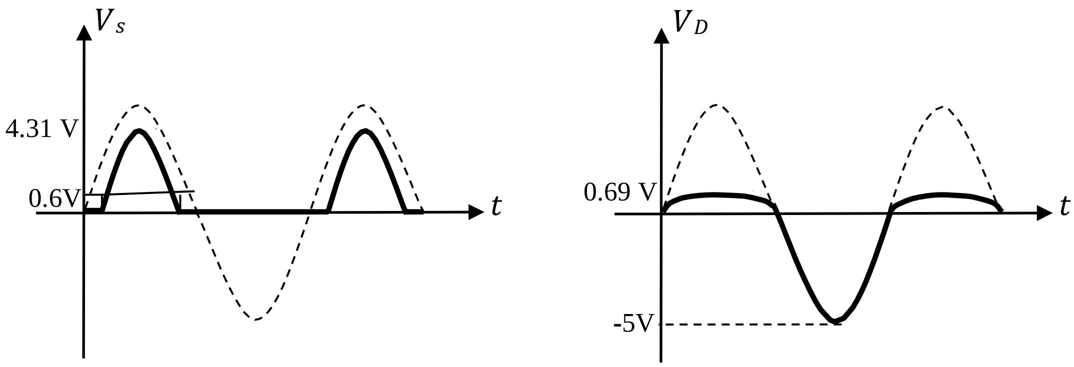
Pulsation négative - : la diode est bloquée

Et pour $V_e < V_{seuil}$: **D** bloquée.

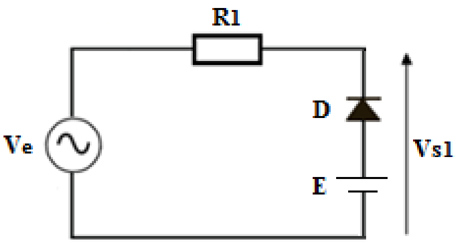


$$V_s = R i_D\ , i_D = 0 \rightarrow V_s = 0$$
$$V_e - V_D - V_s = 0,\ V_s = 0 \rightarrow V_D = V_e$$

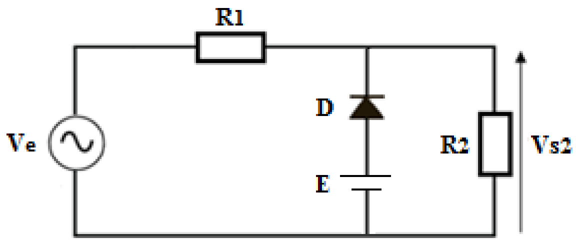
Graphes des tensions V_s et V_D en fonction du temps :



Exercice 2 :



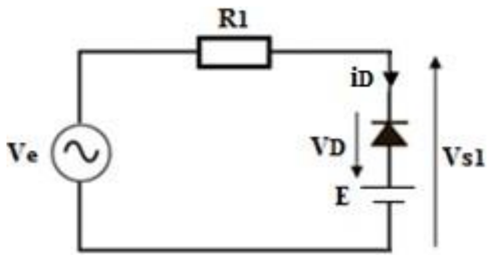
a)



b)

D est une diode idéale. $V_e(t) = 28\ sin\omega t$, $E = 5\ V$, $R_1 = 300\ \Omega$, $R_2 = 100\ \Omega$.

- ✓ **Circuit (a)**



<u>Analyse du fonctionnement du montage :</u>

En appliquant la loi des mailles :

$$V_e - R_1 i_D + V_D - E = 0$$

Lorsque la diode est bloquée on peut dire que la tension au borne de la diode < tension de seuil de cette diode, et puisque nous avons une diode idéal Vseuil=0 donc on peut écrire que la tension au borne de cette diode <0 lorsque elle est bloquée V_D<0
Alors on a **D** est passante pour $V_D > \ 0$

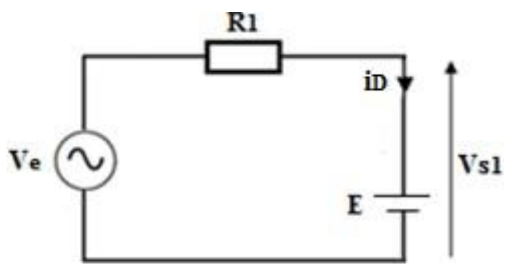
$$V_e + V_D - E = 0 \rightarrow V_D = E - V_e$$

$$V_D > \ 0 \rightarrow E - V_e > \ 0 \rightarrow V_e < E$$

D est passante il faut que $V_e < E$

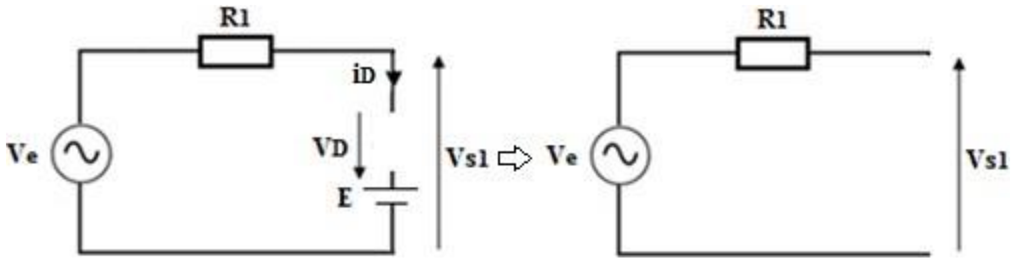
D est bloquée lorsque $V_e > E$

$V_e < E$: **D** passante.



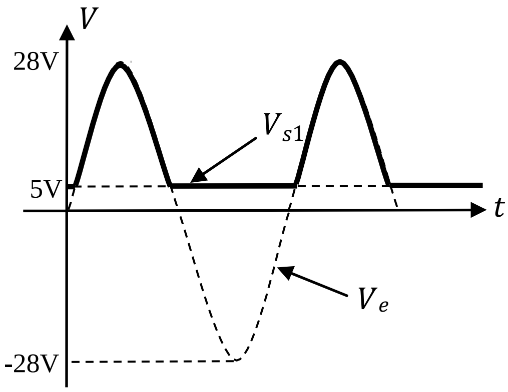
$$V_{s1} = E \rightarrow V_{s1} = 5\ V$$

$V_e > E$: **D** bloquée et aussi dans la pulsation positive la diode est bloquée

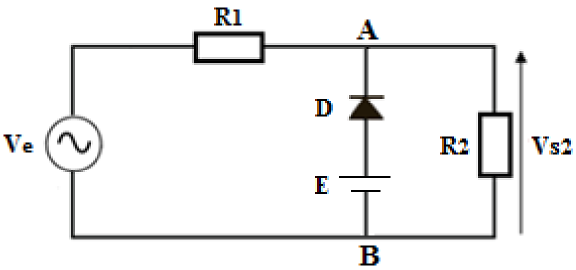


$$V_e - R_1 i_D - V_{s1} = 0, i_D = 0 \rightarrow V_{s1} = V_e$$

<u>Graphe de V_{s1} en fonction du temps :</u>



- ✓ **Circuit (b)**

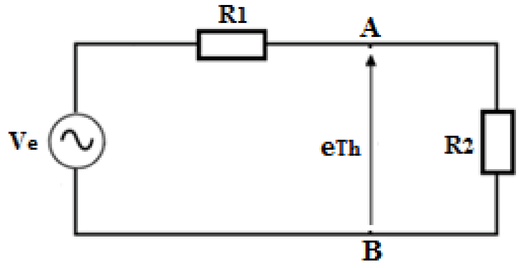


<u>Analyse du fonctionnement du montage :</u>

Pour simplifier l'analyse de ce circuit on peut utiliser le théorème de Thévenin.

✓ <u>Détermination du modèle équivalent du Thévenin entre A et B:</u>

e_{Th} :

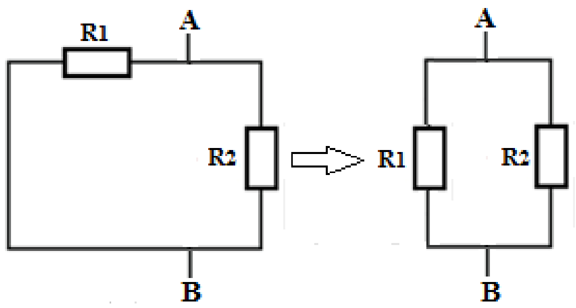


En appliquant le diviseur de tension :

$$e_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e$$

$$e_{Th} = \frac{100}{100 + 300}(28 sin\omega t) \rightarrow e_{Th} = 7 sin\omega t$$

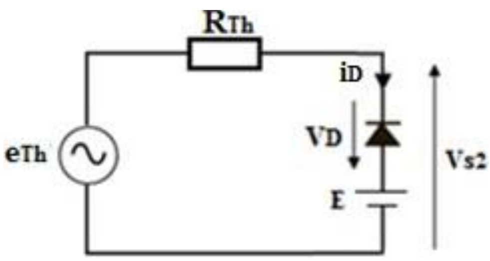
R_{Th} :



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

$$R_{Th} = \frac{100 \times 300}{100 + 300} \rightarrow R_{Th} = 75\Omega$$

Schéma simplifié du circuit:



<u>Analyse du fonctionnement du montage :</u>

En appliquant la loi des mailles :

$$e_{Th} - R_{Th} i_D + V_D - E = 0$$

Quand **D** est bloquée : $i_D = 0$ et $V_D < 0$

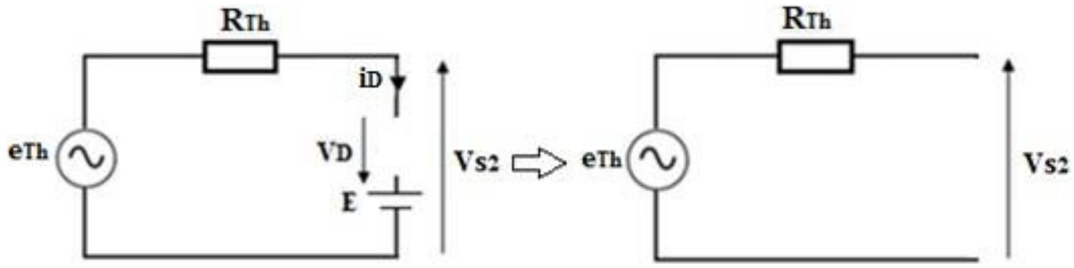
$$i_D = 0 \rightarrow e_{Th} + V_D - E = 0 \rightarrow V_D = E - e_{Th}$$

$$V_D < 0 \rightarrow E - e_{Th} < 0 \rightarrow e_{Th} > E$$

D bloquée : $\rightarrow e_{Th} > E$

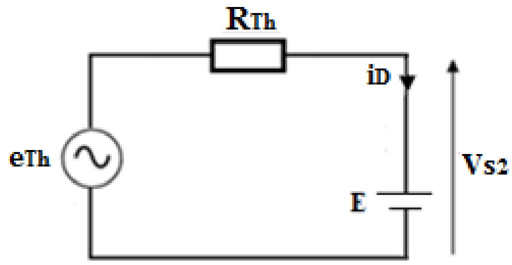
D passante : $\rightarrow e_{Th} < E$

$e_{Th} > E$: **D** bloquée.
Et aussi la diode est
bloquée pour
l'alternance positive



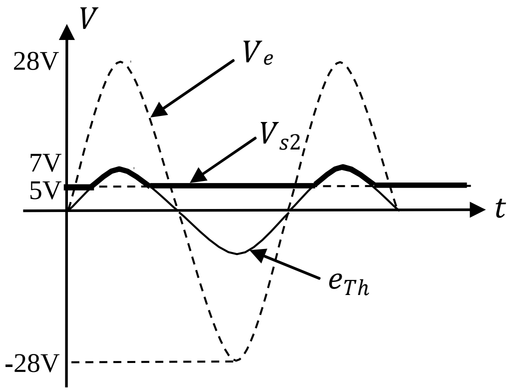
$$e_{Th} - R_{Th}i_D - V_{s2} = 0, i_D = 0 \rightarrow V_{s2} = e_{Th}$$

$e_{Th} < E$: **D** passante.

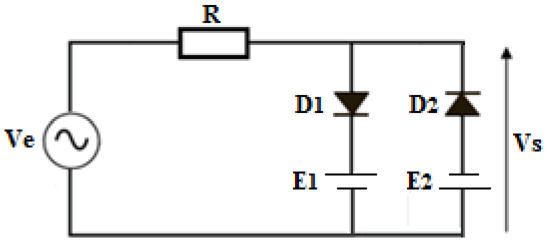


$$V_{s2} = E \rightarrow V_{s2} = 5\ V$$

Graphe de V_{s2} en fonction du temps :

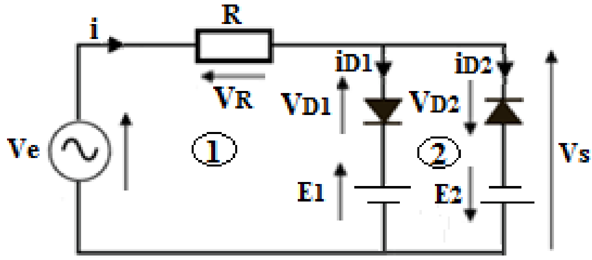


Exercice 3 :



D₁ et **D₂** idéales. $V_e = 15\, sin\omega t$. $E_1 = 10V$ et $E_2 = 5V$.

<u>Analyse du fonctionnement du montage :</u>



En appliquant la loi des mailles :

$$\begin{cases} V_e - Ri - V_{D1} - E_1 = 0 & (maille\ 1) \\ V_e - Ri + V_{D2} + E_2 = 0 & (maille\ 2) \end{cases}$$

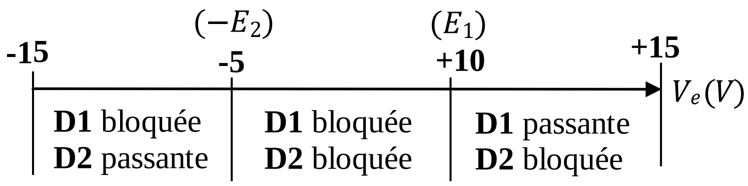
Quand **D1** et **D2** sont bloquées : $i_{D1} = 0, i_{D2} = 0,\ i = i_{D1} + i_{D2} = 0$, et $V_{D1} < 0, V_{D2} < 0$.

$$\begin{cases} V_e - V_{D1} - E_1 = 0 & (1) \\ V_e + V_{D2} + E_2 = 0 & (2) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_{D1} = V_e - E_1 & (1) \\ V_{D2} = -V_e - E_2 & (2) \end{cases}$$

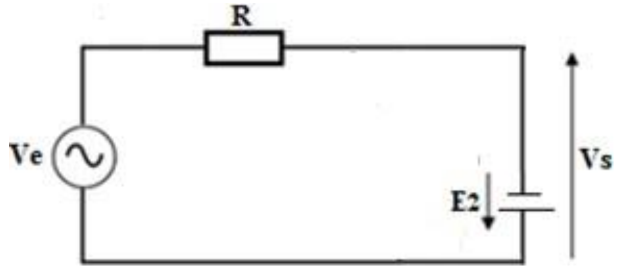
$$\begin{cases} V_{D1} < 0 \\ V_{D2} < 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_e - E_1 < 0 \\ -V_e - E_2 < 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_e < E_1 & \rightarrow D1\ (B) \\ V_e > -E_2 & \rightarrow D2\ (B) \end{cases}$$

Donc :

$$\begin{cases} V_e > E_1 & \rightarrow D1\ (P) \\ V_e < -E_2 & \rightarrow D2\ (P) \end{cases}$$

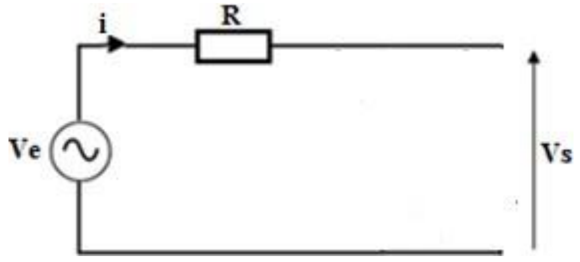


- $-15\,V < V_e < -5\,V$: **D1** bloquée et **D2** passante



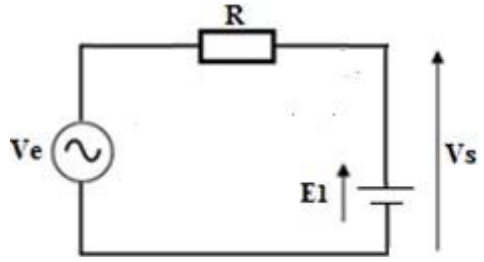
$$V_s = -E_2 \rightarrow V_s = -5\,V$$

- $-5\,V < V_e < 10\,V$: **D1** bloquée et **D2** bloquée



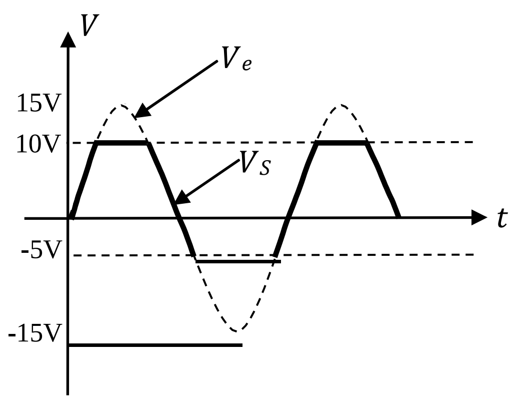
$$V_e - Ri - V_s = 0, i = 0 \rightarrow V_s = V_e$$

- $10\,V < V_e < 15\,V$: **D1** passante et **D2** bloquée

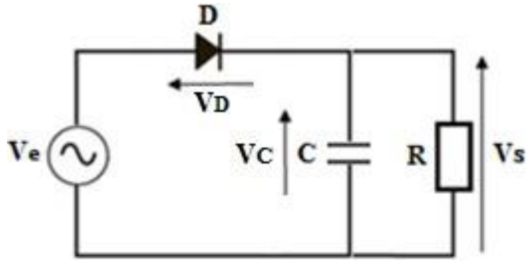


$$V_s = E_1 \rightarrow V_s = 10\,V$$

Graphe de V_s en fonction du temps :



Exercice 4 :



à $t = 0$: $V_c = 0$. **D** idéale.

<u>Analyse du fonctionnement du montage :</u>

En appliquant la loi des mailles :

$$V_e - V_D - V_s = 0 \rightarrow V_D = V_e - V_s$$

Quand **D** est bloquée : $V_D < 0$

$$V_D < 0 \rightarrow V_e - V_s < 0 \rightarrow V_e < V_s$$

- ✓ $0 < t \leq \frac{T}{4}$

D passante, **C** se charge jusqua'à V_{emax} .

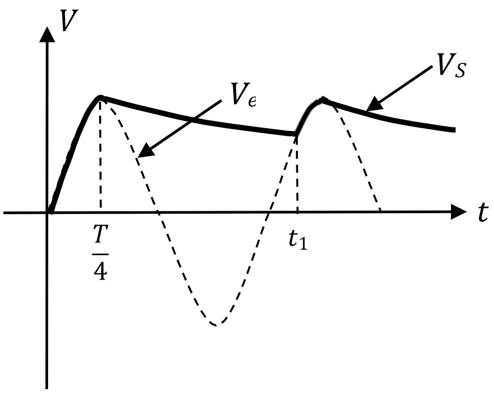
- ✓ $\frac{T}{4} < t \leq t_1$ (t_1 : l'instant où V_s devient égale à V_e).

$V_e < V_s$: **D** bloquée, **C** se décharge dans **R** avec une constante de temps $R.C$.

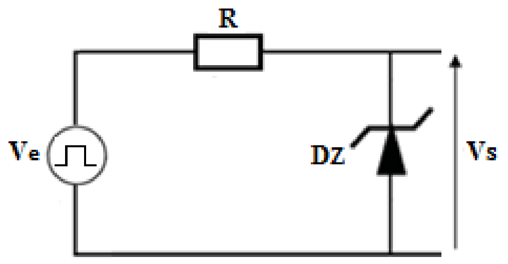
- ✓ $t = t_1$

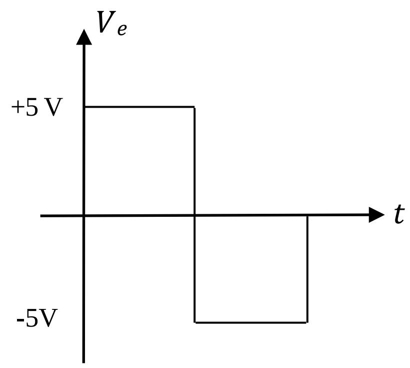
D se remet à conduire et le processus recommence.

<u>Graphe de V_s en fonction du temps :</u>



Exercice 5 :



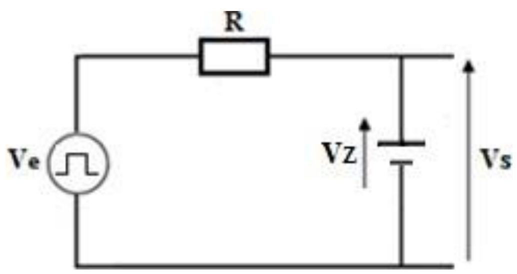


Dz au silicium donc $V_{seuil} = 0.6V$. R_Z négligée. $V_Z = 3V$.

<u>Analyse du fonctionnement du montage :</u>

- ✓ $V_e = +5\,V$

Dz est polarisée en inverse. $(V_e = 5\,V,\, V_z = 3\,V) \rightarrow V_e > V_Z \rightarrow$ **Dz** passante.

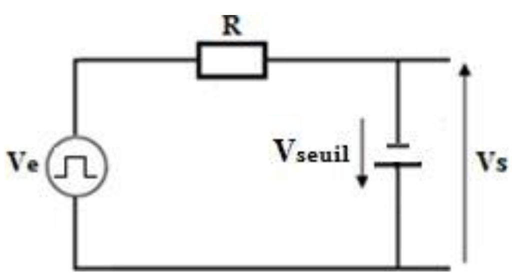


$$V_s = V_Z \rightarrow V_s = 3\,V$$

- ✓ $V_e = -5\,V$

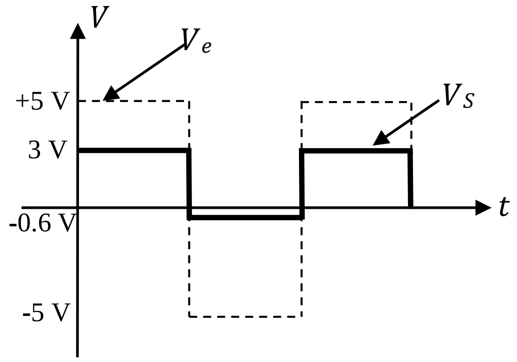
Dz est polarisée en direct et se comporte donc comme une diode simple.

$|V_e| = 5\,V > |\,V_{seuil}\,| = 0.6\,V \rightarrow$ **Dz** passante.

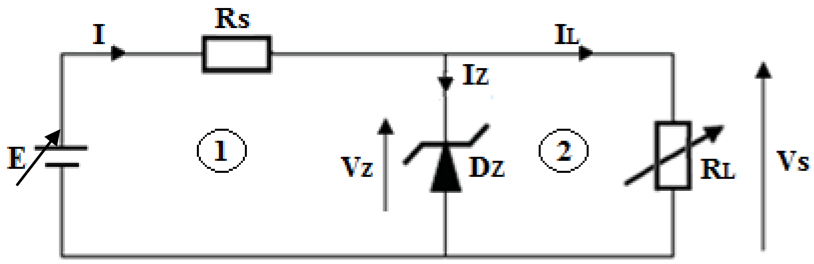


$$V_s = -V_{seuil} \rightarrow V_s = -0.6\,V$$

Graphe de V_s en fonction du temps :



Exercice 6 :



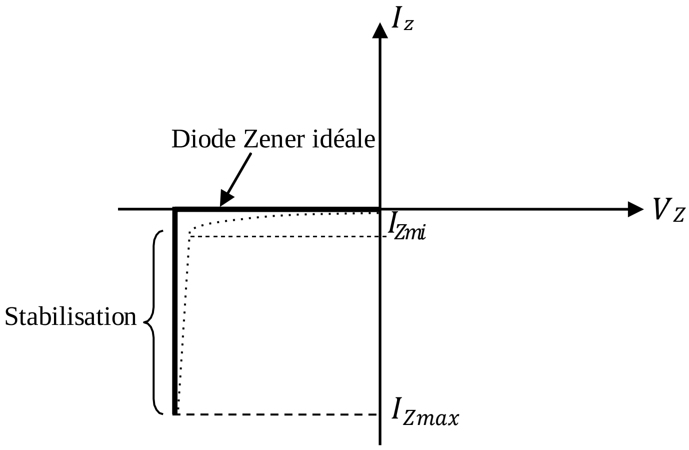
Dz idéale. $V_Z = 6{,}2\ V$; $P_{max} = 1{,}3\ W$; $R_s = 100\ \Omega$.

1. I_{Zmax} ?

$$P_{max} = I_{Zmax} . V_Z \rightarrow I_{Zmax} = \frac{P_{max}}{V_Z}$$

$$I_{Zmax} = \frac{1.3}{6.2} \rightarrow I_{Zmax} = 209\ mA$$

1. $R_L = 100\ \Omega$. Plage de variation de **E** permettant d'obtenir une tension V_s stabilisée :



Il y a stabilisation si : $I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$

Dz idéale donc $I_{Zmin} = 0$ et on a $I_{Zmax} = 209\ mA$. Il y a stabilisation si :

$$0 < I_Z < 209\ mA$$

En appliquant la loi des mailles :

$$\begin{cases} E - R_s I - V_z = 0 & (maille\ 1) \\ V_z - R_L I_L = 0 & (maille\ 2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} E = R_s I + V_z & (1) \\ V_z = R_L I_L & (2) \end{cases}$$

En appliquant la loi des nœuds :

$$I = I_z + I_L \qquad (3)$$

(3) dans (1) :

$$E = R_s(I_z + I_L) + V_z \qquad (4)$$

(2) dans (4) :

$$E = R_s\left(I_z + \frac{V_z}{R_L}\right) + V_z \rightarrow E = R_s I_z + \left(\frac{R_s}{R_L} + 1\right) V_z$$

$$E_{min} = R_s I_{zmin} + \left(\frac{R_s}{R_L} + 1\right) V_z, I_{zmin} = 0A \rightarrow E_{min} = 12.4\ V$$

$$E_{max} = R_s I_{zmax} + \left(\frac{R_s}{R_L} + 1\right) V_z,\ I_{zmax} = 209\ mA \rightarrow E_{max} = 33.3\ V$$

$$12.4\ V < E < 33.3\ V$$

2. a) $E = 24\ V$. Plage de variation de R_L permettant d'obtenir une tension V_s stabilisée :

$$E - R_s I - V_z = 0 \rightarrow I = \frac{E - V_z}{R_s} \rightarrow I = 178\ mA$$

$$I = I_z + I_L \rightarrow I = I_z + \frac{V_z}{R_L} \rightarrow R_L = \frac{V_z}{I - I_z}$$

$$R_{Lmin} = \frac{V_z}{I - I_{zmin}}, I_{zmin} = 0A \rightarrow R_{Lmin} = 34.8\ \Omega$$

$I = 178\ mA < I_{zmax} = 0.209\ mA$: ainsi même en absence de R_{Lmax} **Dz** peut supporter I. Donc $R_{Lmax} \rightarrow \infty$

$$R_L \in [34.8\ \Omega;\ \infty[$$

3. b) $E = 30\ V$. Plage de variation de R_L permettant d'obtenir une tension V_s stabilisée :

$$I = \frac{E - V_z}{R_s} \rightarrow I = 238\ mA$$

$$R_{Lmin} = \frac{V_z}{I - I_{zmin}}, I_{zmin} = 0A \rightarrow R_{Lmin} = 26\ \Omega$$

$$R_{Lmax} = \frac{V_z}{I - I_{zmax}},\ I_{zmax} = 209\ mA \rightarrow R_{Lmax} = 213.8\ \Omega$$

$$26\ \Omega < R_L < 213.8\ \Omega$$