

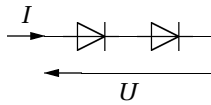
TD d'électronique

Autour de la diode — solution

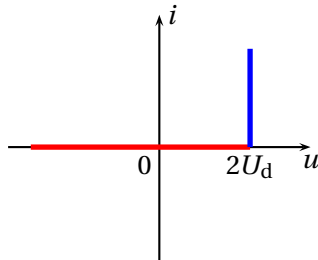
1 — Associations de diodes

[*]

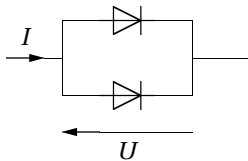
Diodes en série :



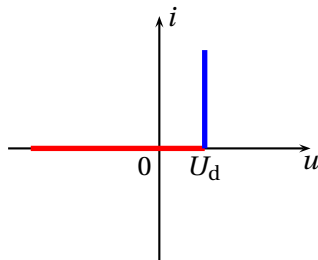
Pour deux diodes en série, on ajoute les tensions pour un même courant, ce qui revient à faire la somme des caractéristiques « selon l'axe des x » :



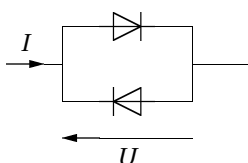
Pour deux diodes en parallèle, on ajoute les courants pour une même tension, ce qui revient à faire la somme des caractéristiques « selon l'axe des y ».



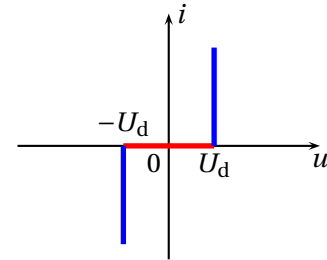
Quand les diodes sont dans le même sens, elles sont passantes ou bloquées en même temps, et la somme des deux caractéristiques identiques donne simplement



La caractéristique est la même que pour une seule diode. L'intérêt de cette association est de pouvoir supporter une intensité totale plus grande quand les diodes sont passantes (une diode passante ne peut supporter qu'une intensité limitée par $I_{\max}$).



Quand les diodes ne sont pas dans le même sens, on ajoute les deux caractéristiques symétriques par rapport à l'origine.



Cette configuration permet de protéger des composants sensibles contre les surtensions : $-U_d \leq u \leq +U_d$.

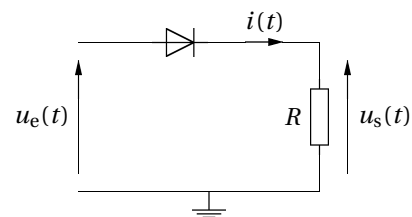
2 — Diode idéale avec et sans seuil

[*]

1. Schéma électrique équivalent d'une diode idéale sans seuil.

état diode	schéma équivalent
passante	
bloquée	

On considère le circuit suivant :



La tension d'entrée est $u_e(t) = E \sin(\omega t)$.

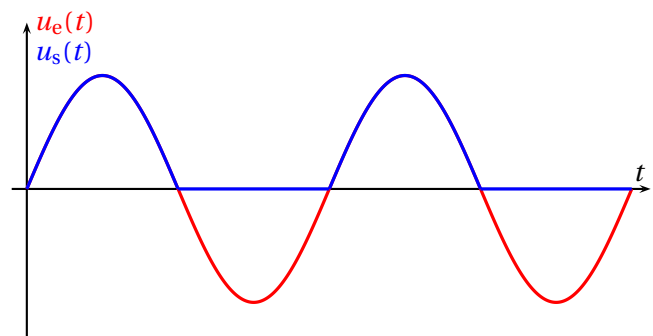
2. Supposons que la diode est passante.

On a alors

$$u_s(t) = u_e(t) \quad \text{et} \quad i(t) = \frac{u_s(t)}{R} = \frac{u_e(t)}{R}.$$

La diode est passant pour $i(t) > 0$, soit pour $u_e(t) > 0$.

Si $e(t) < 0$, la diode est bloquée et $u_s(t) = 0$.



Le signal de sortie comporte que les alternances positives du signal d'entrée, d'où la dénomination « redressement simple alternance ».

3. On a

$$\begin{aligned} U_s &= \frac{1}{T} \int_0^T E \sin(\omega t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} E \sin(\omega t) dt \\ &= \frac{1}{T} \left[-\frac{E \cos(\omega t)}{\omega} \right]_0^{T/2} = \frac{2E}{T\omega} = \frac{2E}{2\pi} \end{aligned}$$

soit $U_s = \frac{E}{\pi}$.

On a aussi

$$\begin{aligned} U_{s,\text{eff}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T E^2 \sin^2(\omega t) dt} \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T/2} E^2 \sin^2(\omega t) dt} \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T/2} E^2 \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} dt} \\ &= \sqrt{\frac{E^2}{T} \left[\frac{t}{2} - \frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right]_0^{T/2}} = \sqrt{\frac{E^2}{T} \frac{T}{4}} \end{aligned}$$

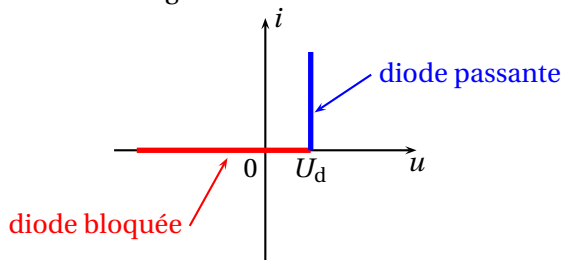
soit $U_{s,\text{eff}} = \frac{E}{2}$.

On a bien redressé le montage car $\langle u_s(t) \rangle \neq 0$.

Le montage est non linéaire car le signal de sortie possède une composante continue (valeur moyenne non nulle), c'est-à-dire une composante de fréquence nulle, absente du signal d'entrée.

► La diode est un dipôle non linéaire.

On considère maintenant une diode idéale avec seuil, dont on donne la caractéristique. La tension seuil U_d dépend de la nature de la diode et vaut typiquement $U_d = 0,7 \text{ V}$ pour une diode au silicium et $U_d = 0,3 \text{ V}$ pour une diode au germanium.



4. Schéma électrique équivalent d'une diode idéale sans seuil.

état diode	schéma équivalent
passante	
bloquée	

5. Supposons que la diode est passante.

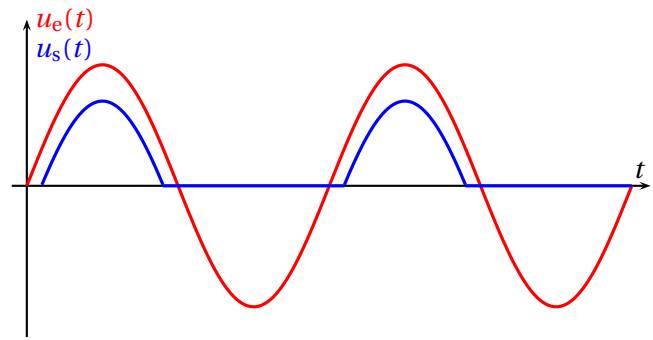
On a alors

$$u_e(t) = u_s(t) + U_d \quad \text{et} \quad i(t) = \frac{u_s(t)}{R} = \frac{u_e(t) - U_d}{R}.$$

La diode est passant pour $i(t) > 0$, soit pour $u_e(t) > U_d$ et on a alors $u_s(t) = u_e(t) - U_d$.

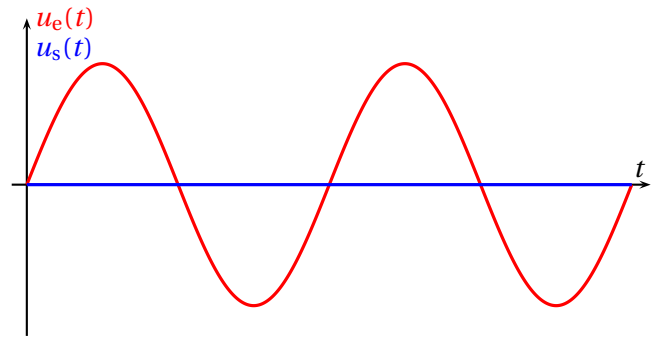
La diode est bloquée si $u_e < U_d$ et on a alors $u_s = 0$.

Cas $E = 2 \text{ V}$



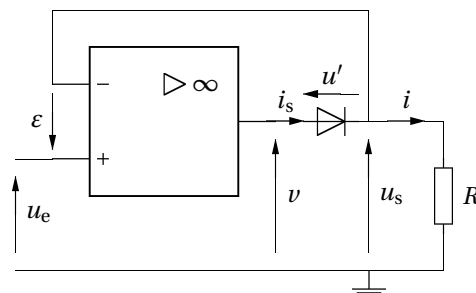
Cas $E = 2 \text{ V}$

La diode ne peut jamais basculer vers son état passant.



3 — Simulation d'une diode sans seuil [**]

On note u' la tension aux bornes de la diode.



1. Si la diode est bloquée, on a $i_s = 0$. Comme $i_- = 0$, on a $i = 0$, et $u_s = Ri = 0$.

La diode étant bloquée, il n'y a pas de rétroaction entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'ALI, qui fonctionne donc en régime saturé : $v = \pm V_{\text{sat}}$. Nous allons déterminer le signe de cette tension.

Comme $u_s = 0$, on a $v = u' < U_d$ pour la diode passante. Avec $U_d = 0,6 \text{ V}$, seule la tension $v = -V_{\text{sat}}$ vérifie cette inégalité.

On a donc $\varepsilon < 0$, avec

$$\varepsilon = V - + = V - - = u_e(t) - u_s(t) = u_e < 0.$$

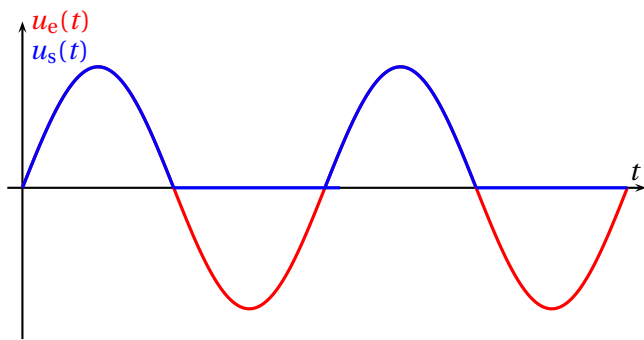
On a donc $u_s = 0$ pour $u_e < 0$.

2. Si $u_e > 0$, la diode est donc passante. Il a donc une rétroaction sur l'entrée inverseuse et l'ALI fonctionne en régime linéaire.

On a donc $\varepsilon = 0 = V^+ - V^- = u_e(t) - u_s(t)$.

3. Pour résumer :

$$u_s(t) = \begin{cases} u_e(t) & \text{si } u_e \geq 0 \\ 0 & \text{si } u_e < 0 \end{cases}$$



On retrouve le comportement d'une diode idéale sans seuil.

Limitations dues à l'ALI :

- il faut $v(t) < V_{\text{sat}}$ quand l'ALI est linéaire avec la diode passante. Quand la diode est passante, on a $u' = U_d$, et

$$v = u_s(t) + U_d = E \sin(\omega t) + U_d < V_{\text{sat}},$$

donc il faut $E < V_{\text{sat}} - U_d$ pour que l'ALI ne sature jamais;

- il faut $i_s < i_{\text{sat}}$; avec

$$u_s = E \sin(\omega t) = Ri = Ri_s < Ri_{\text{sat}}$$

il faut donc $E < Ri_{\text{sat}}$.