

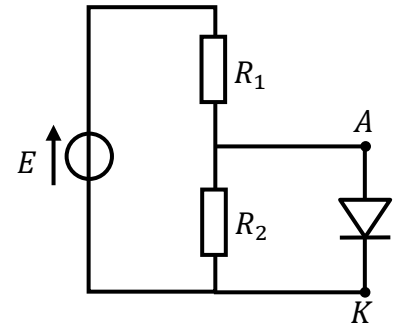


TD : Les diodes – CORRIGE

[2526_I_INF_FISE_S02_CN_DIO]

Exercice 1.

On considère le circuit ci-contre. On modélisera la diode en utilisant son modèle à seuil (modélisation par source de tension idéale) avec $V_0 = 0,7V$.



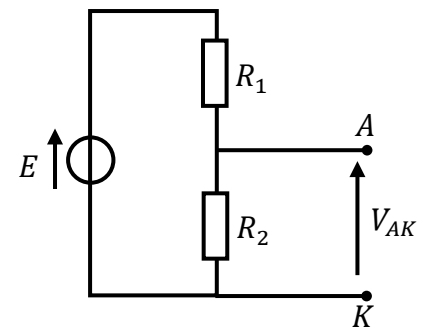
1. Si $R_1 = 50\Omega$, $R_2 = 100\Omega$ et $E = 10V$, montrer que la diode est passante. Déterminer alors l'intensité du courant qui la traverse.

CORRIGE

Supposons la diode bloquée et calculons alors la tension V_{AK} .

Puisque la diode est bloquée, on la remplace par un interrupteur ouvert.

Comme la diode et R_2 sont en parallèle, la tension V_{AK} est aussi la tension aux bornes de R_2 . Et, comme la diode est supposée bloquée, R_1 et R_2 sont en série. On peut donc déterminer V_{AK} en utilisant un PDT. On trouve alors :



$$V_{AK} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E = \frac{100}{150} \cdot 10 = \frac{20}{3} \approx 7V > V_0 \Rightarrow \text{ABSURDE!}$$

L'hypothèse initiale n'est donc pas vérifiée. La diode est donc passante.

Dans ce cas, comme on utilise le modèle à seuil, on remplace la diode par un générateur de tension idéal.

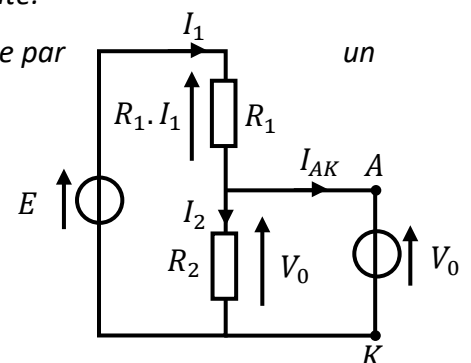
D'après la loi des nœuds, on a : $I_{AK} = I_1 - I_2$

D'après la loi des mailles, on a : $E - R_1 \cdot I_1 - V_0 = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{E - V_0}{R_1}$

D'après la loi d'Ohm, on a : $I_2 = \frac{V_0}{R_2}$

On obtient donc :

$$I_{AK} = \frac{E - V_0}{R_1} - \frac{V_0}{R_2} = \frac{9,3}{50} - \frac{0,7}{100} = 179mA$$



2. Si $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 10\Omega$ et $E = 10V$, montrer que la diode est bloquée. Quelle est alors l'intensité du courant qui traverse R_2 ?

CORRIGE

Supposons la diode passante et calculons alors l'intensité du courant I_{AK} . En reprenant le raisonnement précédent, on aura :

$$I_{AK} = \frac{E - V_0}{R_1} - \frac{V_0}{R_2} = \frac{9,3}{10 \cdot 10^3} - \frac{0,7}{10} = -0,69mA < 0 \Rightarrow \text{ABSURDE}$$

La diode est donc bloquée, et les résistances R_1 et R_2 sont donc en série. On aura alors :

$$I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} \approx 1mA \text{ (0,9mA)}$$

Exercice 2. Modèles

Une diode de tension de seuil $V_0 = 0,7V$ et de résistance dynamique $r_D = 1\Omega$ est placée dans le circuit ci-contre où $E = 5V$.

Déterminer l'intensité du courant I dans le circuit en utilisant le modèle à seuil (modélisation par source de tension idéale) puis, le modèle réel (modélisation par source de tension imparfaite) dans le cas où :

1. $R = 10\Omega$

2. $R = 1k\Omega$

CORRIGE

Si on utilise le modèle à seuil, on remplace la diode par un générateur de tension idéal. On aura alors, en utilisant la loi des mailles :

$$E - RI - V_0 = 0 \Rightarrow I = \frac{E - V_0}{R}$$

Si on utilise le modèle réel, on remplace la diode par un générateur de tension réel. On aura alors, en utilisant la loi des mailles :

$$E - RI - V_0 - r_D I = 0 \Rightarrow I = \frac{E - V_0}{R + r_D}$$

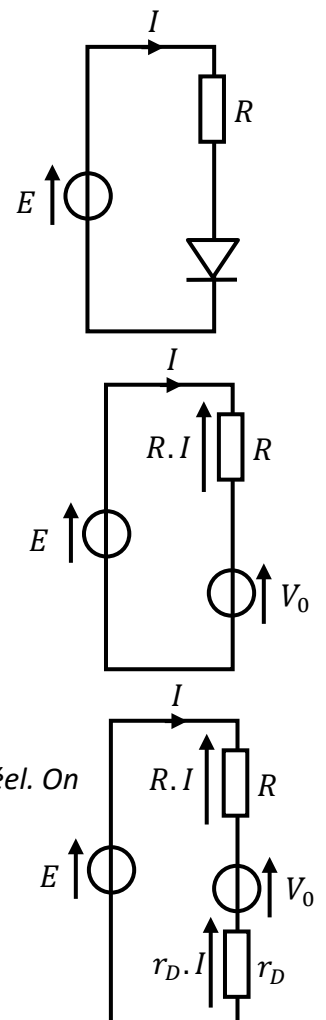
Applications numériques :

1. Modèle à seuil : $I = 0,43A$

Modèle réel : $I = 0,39A$

2. Modèle à seuil : $I = 4,3mA$

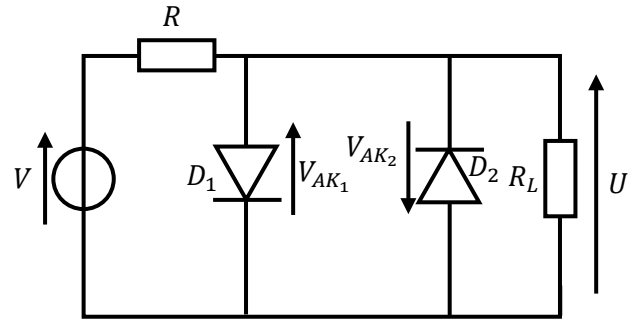
Modèle réel : $I = 4,29mA \approx 4,3mA$



Conclusion : Si $R \gg r_D$, alors les modèles à seuil et réel sont équivalents.

Exercice 3. Ecrêteur

Trouver et tracer l'allure de la caractéristique de transfert du circuit ci-dessous. On utilisera les modèles réels (modélisation par source de tension imparfaite) de chacune des diodes.



CORRIGE

On demande ici de tracer $U = f(V)$. Il faut donc commencer par déterminer l'expression de U dans tous les cas possibles. Il semble assez évident que D_1 et D_2 ne pourront pas être passante simultanément. Montrons-le.

$$\begin{aligned} D_1 \text{ passante} &\Rightarrow V_{AK_1} \geq V_0 \\ &\Rightarrow -V_{AK_2} \geq V_0 \\ &\Rightarrow V_{AK_2} \leq -V_0 \Rightarrow D_2 \text{ bloquée} \end{aligned}$$

Même raisonnement si on suppose D_2 passante.

En revanche, les 2 diodes peuvent être bloquées. En effet :

$$\begin{aligned} D_1 \text{ bloquée} &\Rightarrow V_{AK_1} \leq V_0 \\ &\Rightarrow -V_{AK_2} \leq V_0 \\ &\Rightarrow V_{AK_2} \geq -V_0 \Rightarrow \begin{cases} -V_0 \leq V_{AK_2} \leq V_0 : D_2 \text{ bloquée} \\ V_{AK_2} \geq V_0 : D_2 \text{ passante} \end{cases} \end{aligned}$$

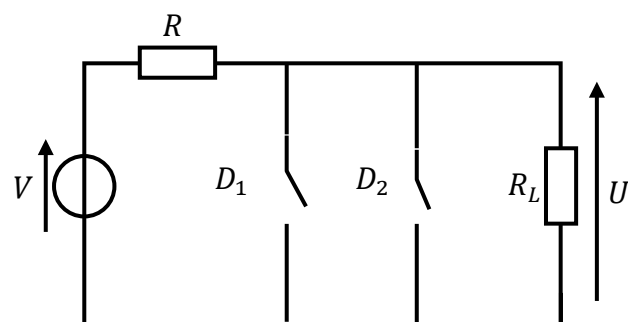
Il y a donc 3 cas à étudier :

1. Les 2 diodes sont bloquées.
2. D_1 passante, D_2 bloquée.
3. D_2 passante, D_1 bloquée.

1^{er} cas : Les 2 diodes sont bloquées. On les remplace par des interrupteurs ouverts.

D'après le PDT, on obtient :

$$U = \frac{R_L}{R + R_L} \cdot V$$



Déterminons pour quelles valeurs de V les diodes sont bloquées.

$$\begin{cases} D_1 \text{ bloquée} \Rightarrow V_{AK_1} < V_0 \Rightarrow U < V_0 \\ D_2 \text{ bloquée} \Rightarrow V_{AK_2} < V_0 \Rightarrow -U < V_0 \Rightarrow U > -V_0 \Rightarrow -V_0 < U < V_0 \end{cases}$$

Or, on a montré que; si les 2 diodes étaient bloquées, alors $U = \frac{R_L}{R+R_L} \cdot V$

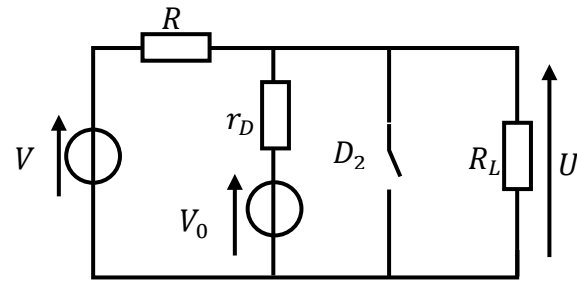
C1 : Les 2 diodes sont bloquées ssi $-\frac{R+R_L}{R_L} \cdot V_0 < V < \frac{R+R_L}{R_L} \cdot V_0$

2^{ème} cas : D_1 passante, D_2 bloquée.

Le schéma est alors équivalent au schéma ci-contre :

En utilisant le théorème de Millman, on aura :

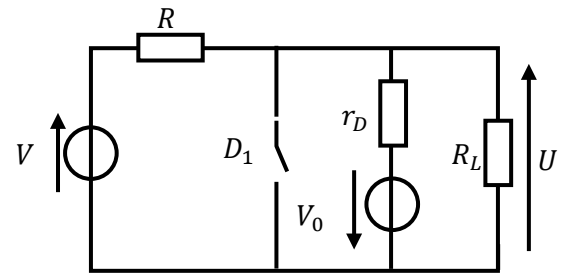
$$U = \frac{\frac{V}{R} + \frac{V_0}{r_D}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_D} + \frac{1}{R_L}} = \frac{R_L r_D}{r_D R_L + r_D R + R R_L} V + \frac{R_L R}{r_D R_L + r_D R + R R_L} V_0$$



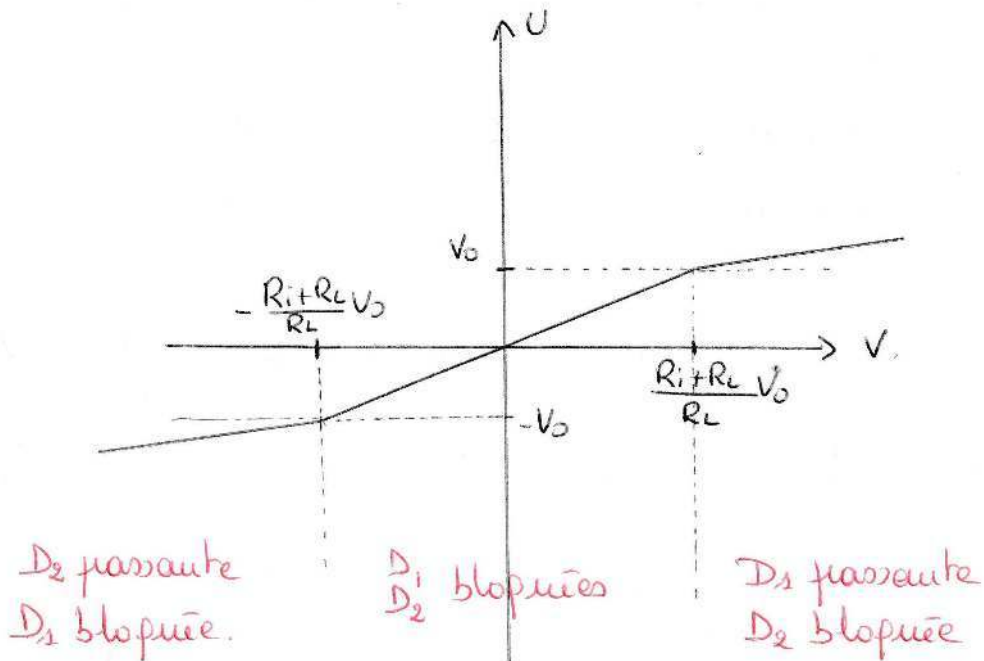
3^{ème} cas : D_2 passante, D_1 bloquée.

Le schéma est alors équivalent au schéma ci-contre :

En utilisant le même raisonnement que dans le cas précédent, en remplaçant V_0 par $-V_0$, on obtient :



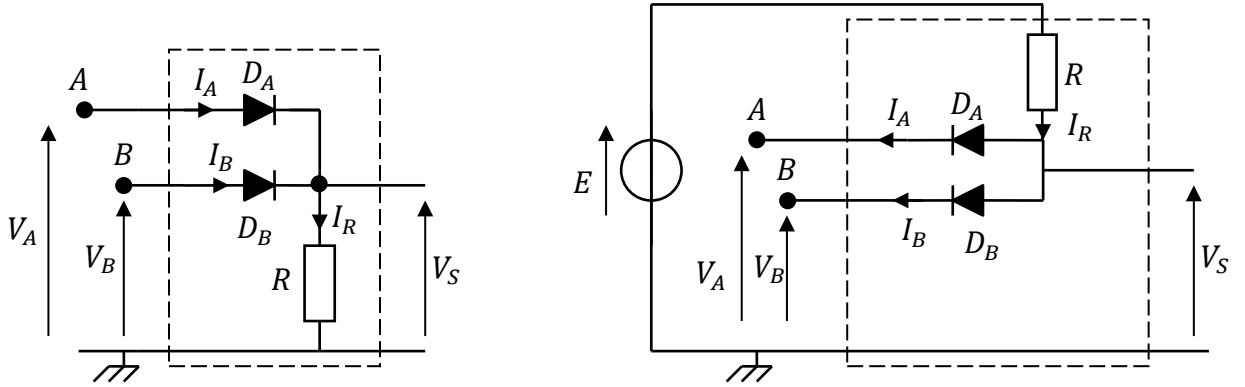
$$U = \frac{R_L r_D}{r_D R_L + r_D R + R R_L} V - \frac{R_L R}{r_D R_L + r_D R + R R_L} V_0$$



Rq : Dans les 2 cas où une des 2 diodes est passantes, les droites ont une pente très faible (\approx horizontale) car, si on avait utilisé le modèle à seuil, on aurait obtenu $U = V_0$ quand D_1 est passante et $U = -V_0$ quand D_2 est passante.

Exercice 4. Electronique des portes logiques

Compléter les tableaux correspondant aux 2 schémas ci-dessous en indiquant l'état (P)assant ou (B)loqué des diodes, les valeurs des courants et de V_S selon les valeurs de V_A ou V_B ($E = 5\text{ V}$ et $R = 5\text{ k}\Omega$). En déduire le type des portes ainsi réalisées.

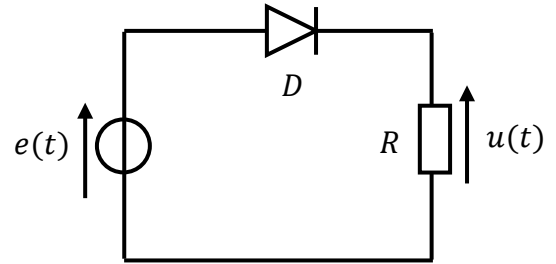


V_B	V_A	Etat de D_B	Etat de D_A	I_B	I_A	I_R	V_S	Etat de D_B	Etat de D_A	I_B	I_A	I_R	V_S	
0	0	B	B	0mA	0mA	0mA	0V	P	P	0,5mA	0,5mA	1mA	0V	
0	5	B	P	0mA	1mA	1mA	5V	P	B	1mA	0mA	1mA	0V	
5	0	P	B	1mA	0mA	1mA	5V	B	P	0mA	1mA	1mA	0V	
5	5	P	P	0,5mA	0,5mA	1mA	5V	B	B	0mA	0mA	0mA	5V	
type de porte	PORTE OU							PORTE ET						

Exercice 5. Redresseur simple alternance

Soit le montage ci-contre, où $e(t) = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$:

Tracer l'allure de la tension $u(t)$ aux bornes de la résistance :



1. En utilisant le modèle idéal (interrupteur) de la diode

CORRIGE

Comme $-E \cdot \sqrt{2} \leq e(t) \leq E \cdot \sqrt{2}$, la diode peut être soit bloquée, soit passante.

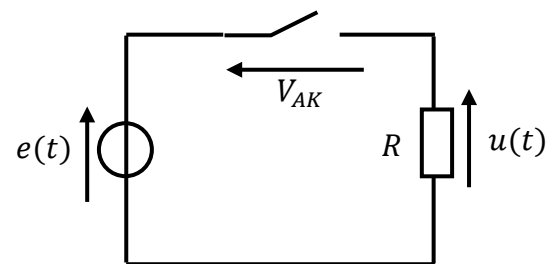
1^{er} cas : D est bloquée. On la remplace par un interrupteur ouvert.

Il n'y a donc pas de courant dans le circuit et donc :

$$u(t) = 0$$

On sait que, dans le cas du modèle idéal, la diode est bloquée si $V_{AK} < 0$. Or, d'après la loi des mailles, $V_{AK} = e(t) - u(t) = e(t)$ ici car $u(t) = 0$.

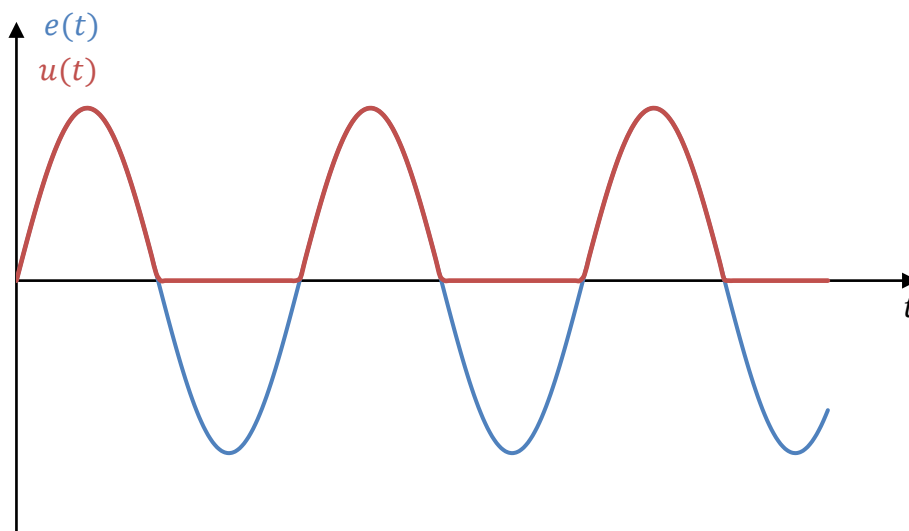
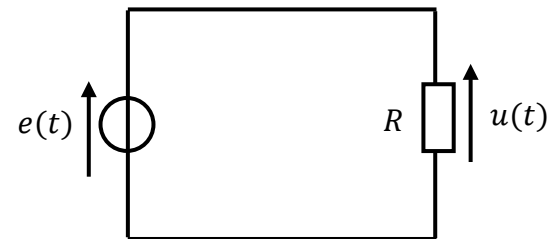
La diode sera donc bloquée si $e(t) < 0$.



2^{ème} cas : D est passante. On la remplace par un fil.

Dans ce cas, $u(t) = e(t)$.

On obtient alors la courbe suivante :



2. En utilisant le modèle à seuil (source de tension idéale) de la diode (On prendra $E \cdot \sqrt{2} > V_0$)

CORRIGE

Comme $-E \cdot \sqrt{2} \leq e(t) \leq E \cdot \sqrt{2}$, la diode peut être soit bloquée, soit passante.

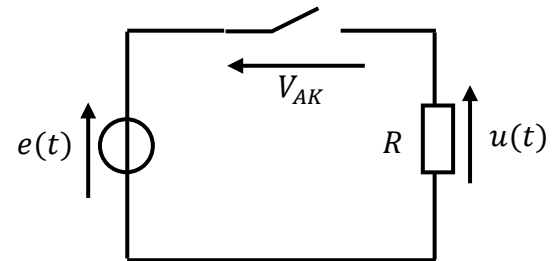
1^{er} cas : D est bloquée. On la remplace par un interrupteur ouvert.

Il n'y a donc pas de courant dans le circuit et donc :

$$u(t) = 0$$

On sait que, dans le cas du modèle à seuil, la diode est bloquée si $V_{AK} < V_0$. Or, d'après la loi des mailles, $V_{AK} = e(t) - u(t) = e(t)$ ici car $u(t) = 0$.

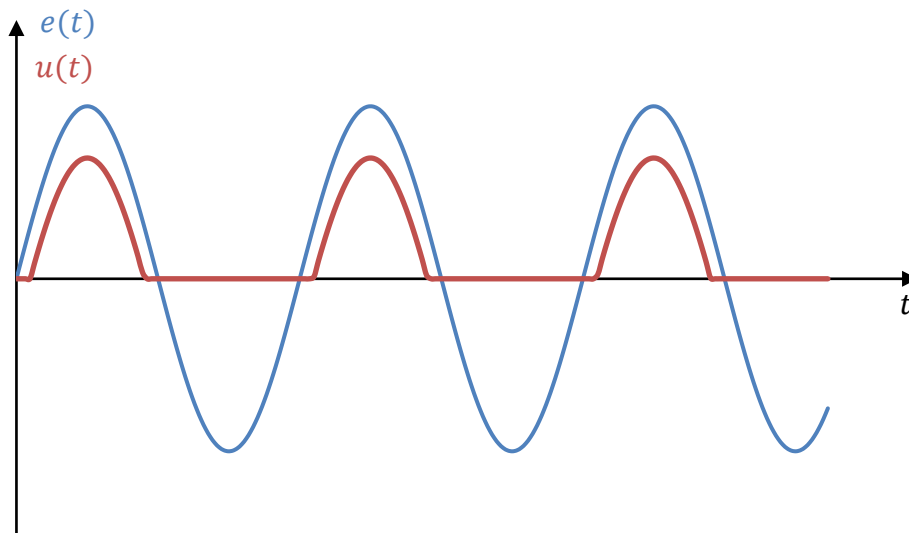
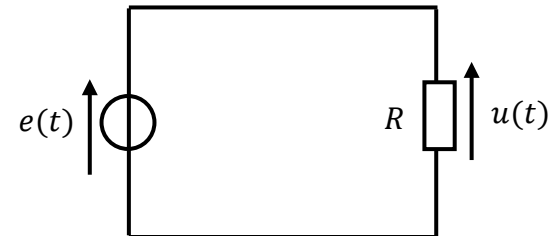
La diode sera donc bloquée si $e(t) < V_0$.



2^{ème} cas : D est passante. On la remplace par un générateur de tension idéal.

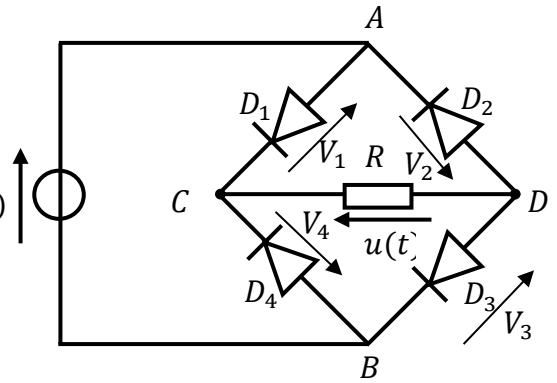
Dans ce cas, $u(t) = e(t) - V_0$.

On obtient alors la courbe suivante :



Exercice 6. Redresseur double alternance

Soit le montage ci-contre où $v(t) = V \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t)$ avec $V \cdot \sqrt{2} > 1,4 V$.



On rappelle, pour justifier les réponses aux questions A.1 et B.1, que, dans une diode :

- Le courant ne peut circuler que de l'anode vers la cathode.
- Le courant descend les potentiels.

A. Alternance Positive ($0 \leq t \leq T/2$),

1. Quelles sont les diodes conductrices et les diodes bloquées pendant cette alternance ?

Si $v(t)$ est positive, le courant circule de B vers A dans la branche du générateur.

Les diodes conductrices sont donc les diodes D_1 et D_3 et les diodes bloquées, les diodes D_2 et D_4 .

2. Déterminer alors l'équation de la tension de sortie $u(t)$ en fonction de $v(t)$ et des tensions aux bornes des différentes diodes.

En appliquant la loi des mailles, on a : $v(t) - V_1 - u(t) - V_3 = 0$

Ce qui donne :

$$u(t) = v(t) - V_1 - V_3$$

3. Quelle est la valeur maximale de $u(t)$:

On a $0 \leq v(t) \leq V \cdot \sqrt{2}$

- Dans le cas où les diodes sont supposées idéales (interrupteur).

Si les diodes sont idéales, alors $V_1 = V_3 = 0$. On a donc :

$$U_{Max} = V \cdot \sqrt{2}$$

- Dans le cas où les diodes sont modélisées par le modèle à seuil (source de tension parfaite avec $V_0 = 0,7V$).

Si les diodes sont des diodes à seuil, alors $V_1 = V_3 = V_0$. On a donc :

$$U_{Max} = V \cdot \sqrt{2} - 2V_0$$

B. Alternance Négative ($T/2 \leq t \leq T$)

1. Quelles sont les diodes conductrices et les diodes bloquées pendant cette alternance ?

Si $v(t)$ est négative, le courant circule de A vers B dans la branche du générateur.

Les diodes conductrices sont donc les diodes D_2 et D_4 et les diodes bloquées, les diodes D_1 et D_3 .

2. Déterminer alors l'équation de la tension de sortie $u(t)$ en fonction de $v(t)$ et des tensions aux bornes des différentes diodes.

En appliquant la loi des mailles, on a : $v(t) + V_2 + u(t) + V_4 = 0$

Ce qui donne :

$$u(t) = -v(t) - V_2 - V_4$$

3. Quelle est la valeur maximale de $u(t)$:

On a $-V \cdot \sqrt{2} \leq v(t) \leq 0$. Donc, $0 \leq -v(t) \leq V \cdot \sqrt{2}$

- Dans le cas où les diodes sont supposées idéales (interrupteur).

Si les diodes sont idéales, alors $V_2 = V_4 = 0$. On a donc :

$$U_{Max} = V \cdot \sqrt{2}$$

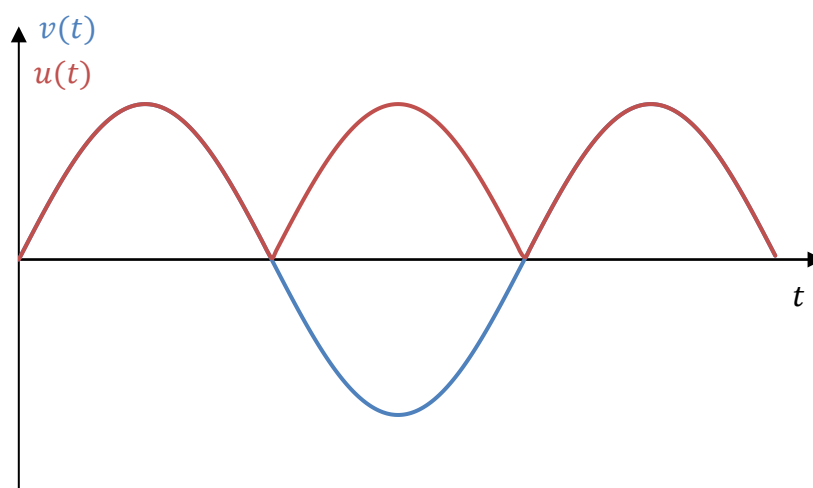
- Dans le cas où les diodes sont modélisées par le modèle à seuil (source de tension parfaite avec $V_0 = 0,7V$).

Si les diodes sont des diodes à seuil, alors $V_2 = V_4 = V_0$. On a donc :

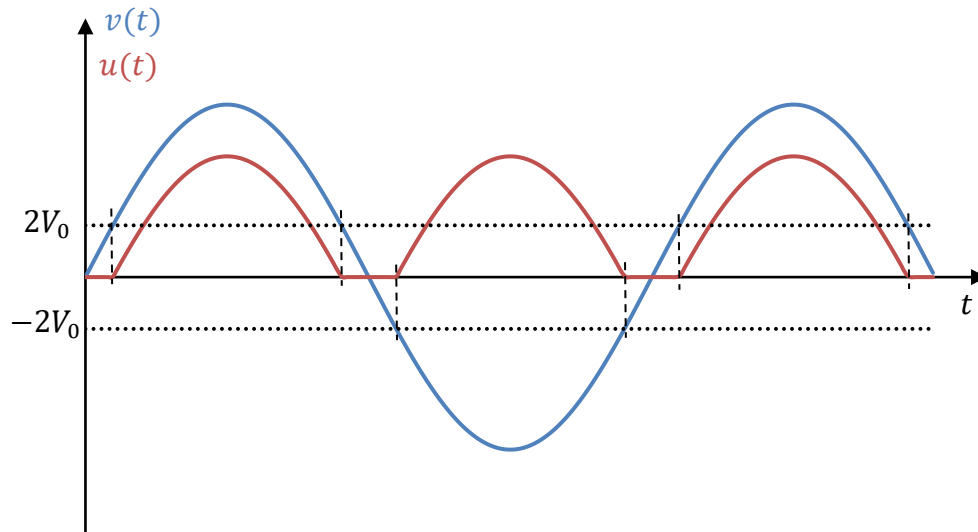
$$U_{Max} = V \cdot \sqrt{2} - 2V_0$$

C. Synthèse :

Tracer, sur un même graphe, $v(t)$ et $u(t)$ dans le cas où les diodes sont supposées idéales et dans le cas où les diodes sont modélisées par le modèle à seuil ($V_0 = 0,7V$).



Modèle idéal



Modèle à seuil

Rq : Quand $|v(t)| < 2V_0$, alors au moins 3 diodes sont bloquées. Il n'y aura donc plus de courant dans le circuit, et $u(t) = 0$.