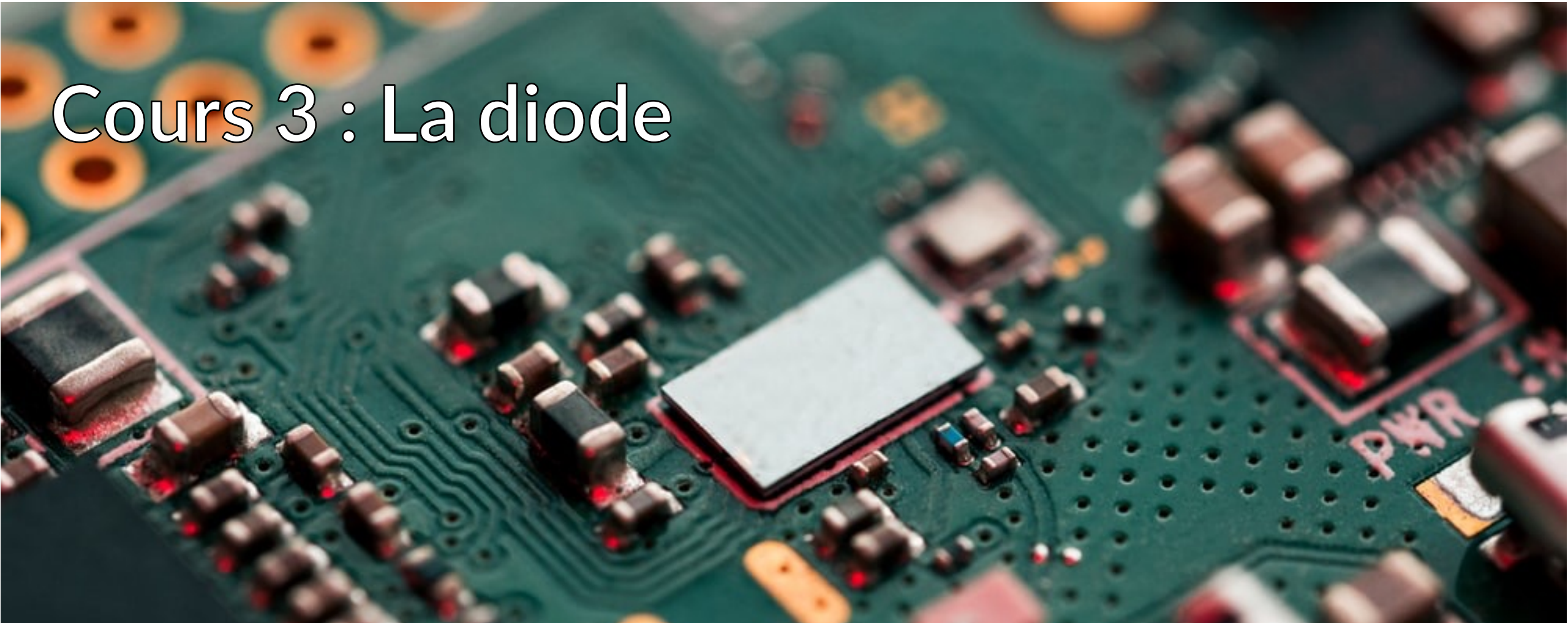


Cours 3 : La diode



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

La diode à jonction PN

La diode

1. La diode à jonction PN

A. Particularités

- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

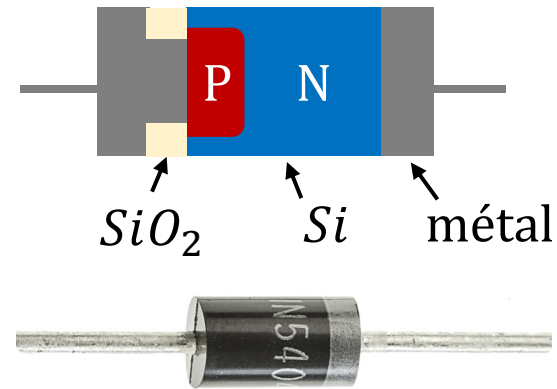
- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

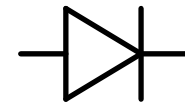
Particularités de la diode

- Elle a été inventée par John Ambrose Fleming en **1904** à partir des travaux de Thomas Edison et de Joseph Thompson.

- La **diode à jonction PN** est une jonction PN encapsulée dans un boîtier de composant.



- Son symbole :



anode cathode

- L'intérêt principal de la diode est de ne laisser passer le courant I_D que dans un seul sens lorsqu'elle est passante : de l'anode vers la cathode.
- C'est un dipôle passif polarisé, non-linéaire et non-symétrique.

La diode

1. La diode à jonction PN

A. Particularités

- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

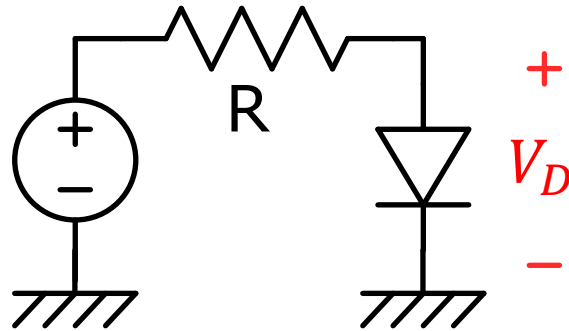
- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Rappel : polarisation de la jonction PN



- V_D est la tension aux bornes de la diode.
- R est une résistance de protection nécessaire avec une diode afin de limiter le courant à travers celle-ci et ainsi d'éviter sa destruction.

- On définit V_S comme étant la tension extérieure appliquée aux bornes de la diode, à partir de laquelle on peut considérer que le courant qui traverse la diode est significatif. V_S est alors opposé à la **barrière de potentiel V_0** définie dans le chapitre précédent. On nomme cette tension **V_S « la tension de seuil »**.
- Selon le matériau semi-conducteur la valeur de V_S diffère :
 - $V_S = 0,7 \text{ V}$ pour le silicium
 - $V_S = 0,3 \text{ V}$ pour le germanium

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

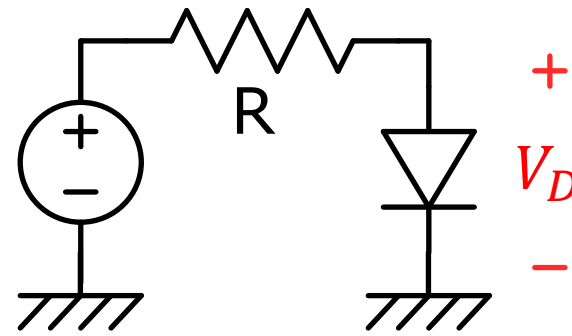
3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

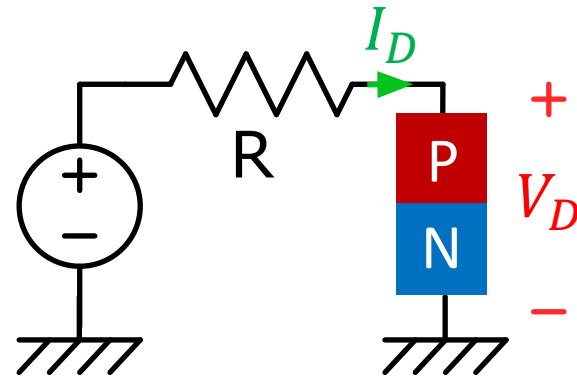
5. Convertisseur AC / DC



Considérons une diode au silicium : ($V_S = 0,7V$) en **polarisation directe**, c'est-à-dire $V_D > 0$

1^{er} cas : Diode passante

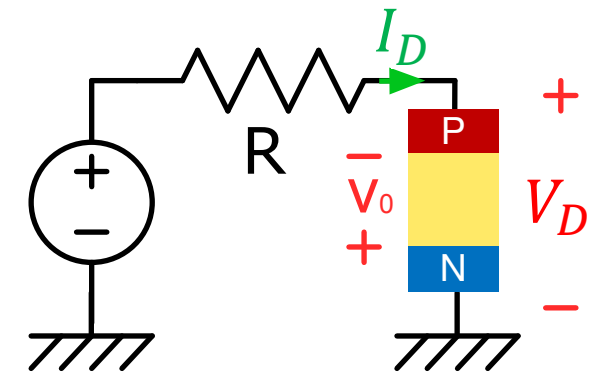
$$V_D = V_S = 0,7V$$



La zone désertée de charge (ZDC) a disparu, la diffusion des porteurs de charges libres est maximale. La jonction est passante, donc $I_D \neq 0$.

2nd cas : Diode bloquée

$$0 < V_D < V_S$$



La tension V_D aux bornes de la diode n'est pas suffisante pour s'opposer à la barrière de potentielle V_0 bloquant ainsi la diffusion des porteurs de charges libres (électrons et trous), ce qui entraîne une intensité I_D nulle.

La diode

1. La diode à jonction PN

A. Particularités

B. Modèles

C. Point de fonctionnement

D. Composant

2. Les applications en DC

A. Diode de protection

B. Capteur de température

3. Les applications en AC

A. Redressement de tension

B. Ecrêtage

C. Diode de roue libre

D. Diode de détection

4. Les autres diodes

A. Diode Zener

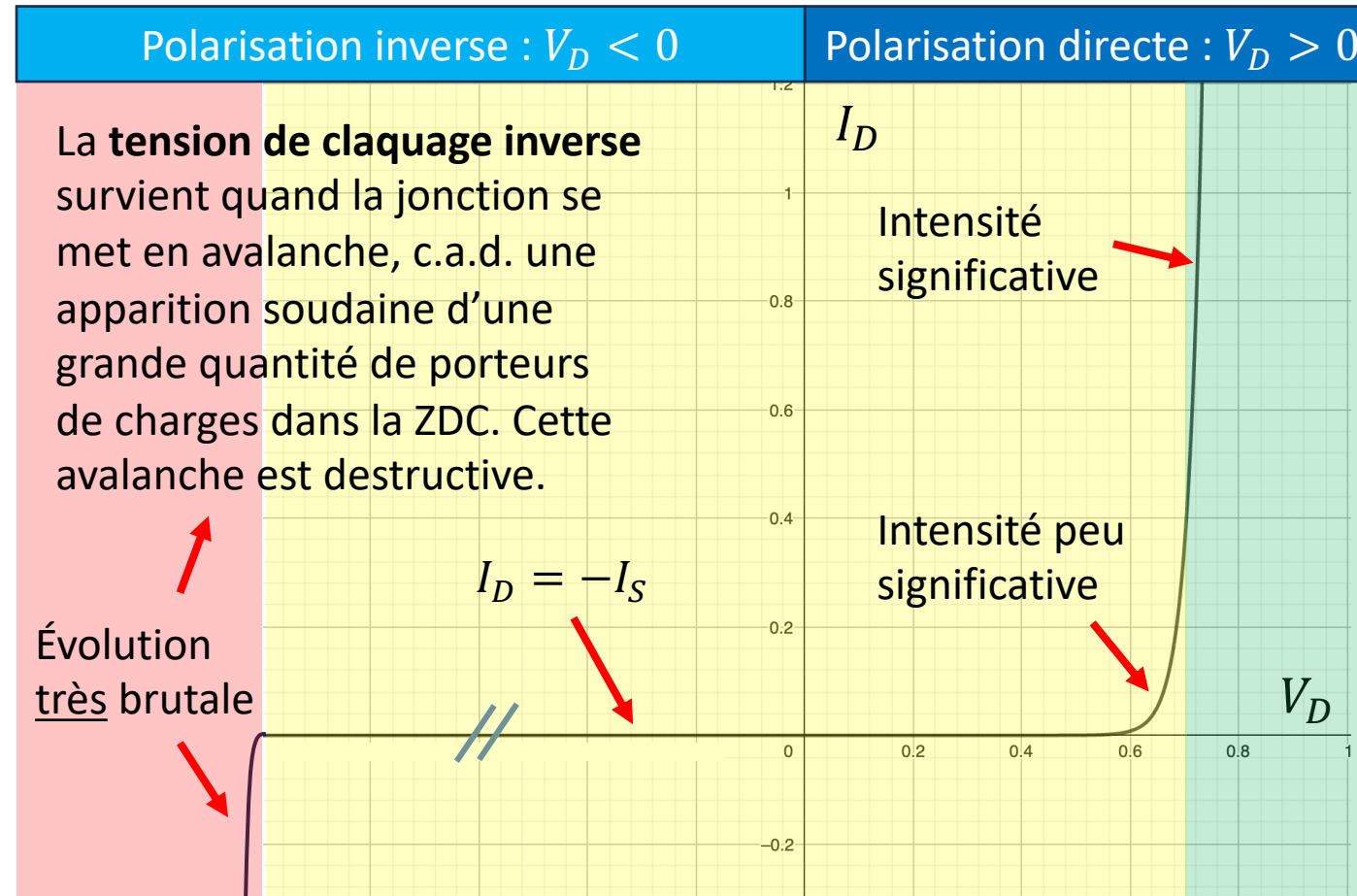
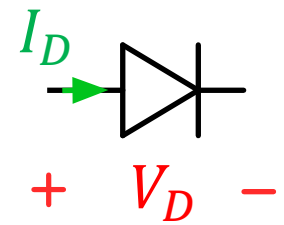
B. Diode Schottky

C. Diode Varicap

D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

- Tracé de la **caractéristique** $I_D = f(V_D)$ selon le modèle de Shockley



Zone de
**claquage de
la diode**

Diode bloquée (le courant de saturation
inverse I_S est tellement faible qu'il
n'apparaît pas à l'échelle de la courbe)

**Diode
passante**

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{eV_D}{\eta k_B T}} - 1 \right)$$

En prenant: $I_S = 1 \times 10^{-12} \text{ A}$,
 $\eta = 1$, $\frac{k_B T}{e} = 26 \text{ mV}$
avec $T = 300 \text{ K}$,
et $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

- 3 zones apparaissent distinctement : zone passante, zone bloquée et zone de claquage
- De plus, si l'intensité devient trop forte, le composant est détruit, quel que soit le sens de polarisation

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

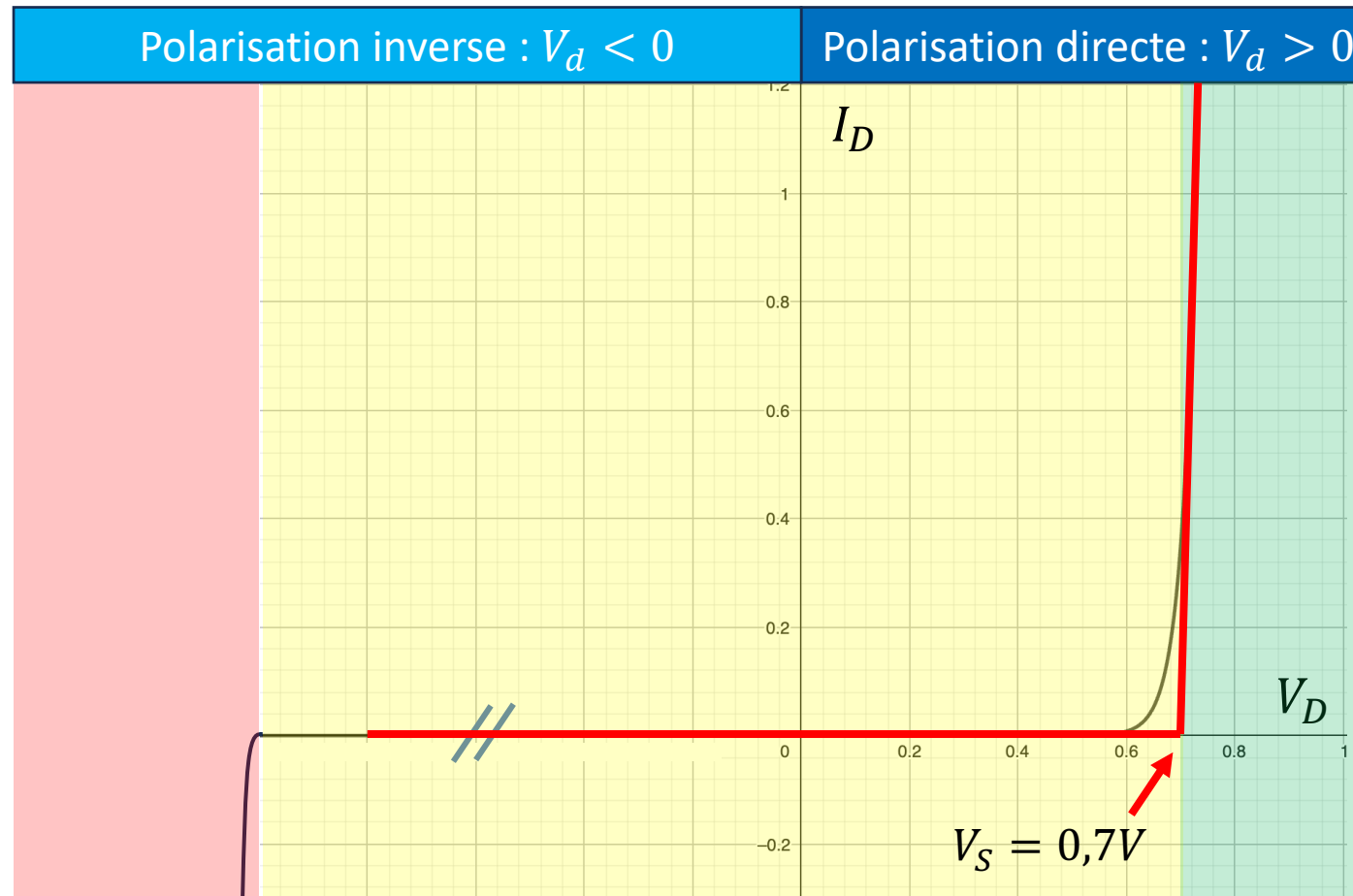
3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC



- En approximation grossière, on peut tracer des segments de droites qui se superposent au modèle de Shockley
- L'intérêt est de faire apparaître la tension de seuil à partir de laquelle l'intensité devient significative.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

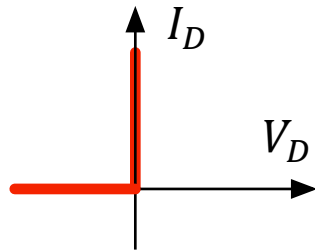
- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

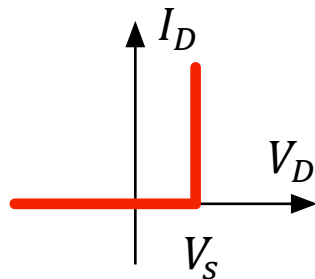
5. Convertisseur AC / DC

Vous l'avez compris, des modèles avec segments de droites sont plus simples à manipuler dans les calculs qu'une exponentielle, d'où 3 versions usuelles de modèles très simplifiés de la diode à jonction PN.



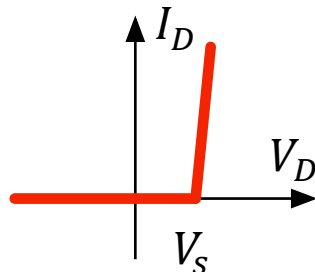
modèle de la diode idéale :

- modèle le plus simple.
- très commode pour comprendre les montages **non-linéaires** rapidement.



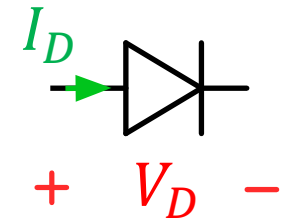
modèle de la diode parfaite :

- Il permet de prendre en compte la tension de seuil
- Modèle le plus utilisé pour les montages non-linéaires à diode



modèle de la diode réelle :

- Prise en compte simple de la pente ($= \frac{1}{r}$) de la caractéristique $I_D = f(V_D)$



Diode passante	bloquée
$V_D = 0$	
 $V_D = V_S$	
 $V_D = V_S + rI_D$	

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

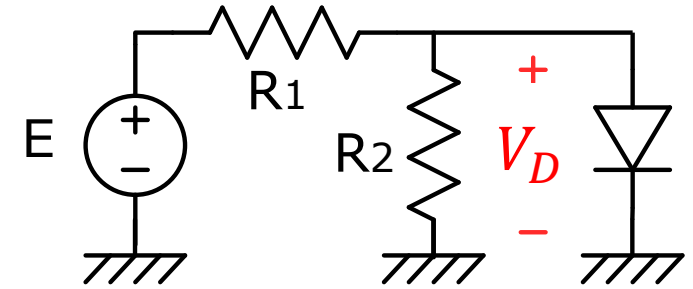
- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

EXERCICE 1 : modèle parfait

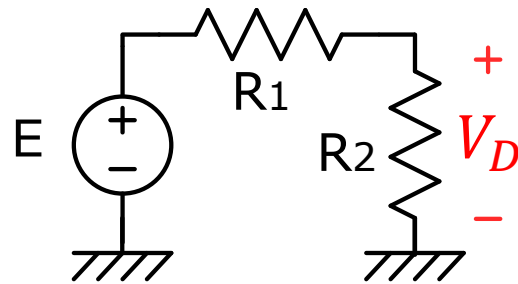
Dans le schéma ci-contre, déterminer l'état (passant / bloqué) de la diode en silicium, en considérant un modèle parfait.

Données : $E = 10V$, $R_1 = 100\ \Omega$ et $R_2 = 40\ \Omega$



Raisonnement par l'absurde

On suppose que la diode est bloquée (interrupteur ouvert), ce qui implique d'après la caractéristique précédente que $V_D < 0,7V$



Avec cette hypothèse :

$$V_D = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = \frac{40}{100 + 40} 10 = 2,8\ V$$

Le calcul fournit $2,8V$, ce qui est en contradiction avec l'hypothèse $< 0,7V$. Donc l'hypothèse « diode bloquée » est fausse et donc **la diode est passante**, ce qui implique que $V_D = V_S = 0,7V$.

Ce qui est intéressant à observer est que la tension aux bornes de R_2 est du coup aussi égale à $0,7V$, imposée par la diode passante.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

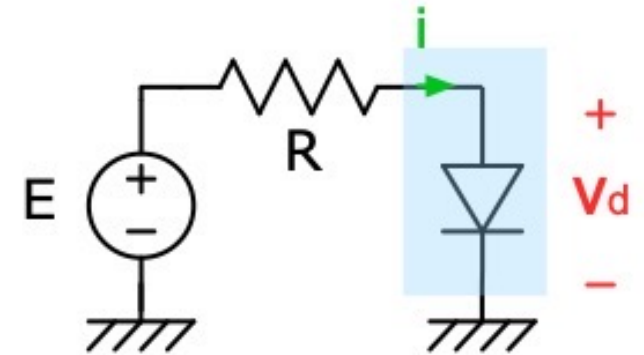
- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

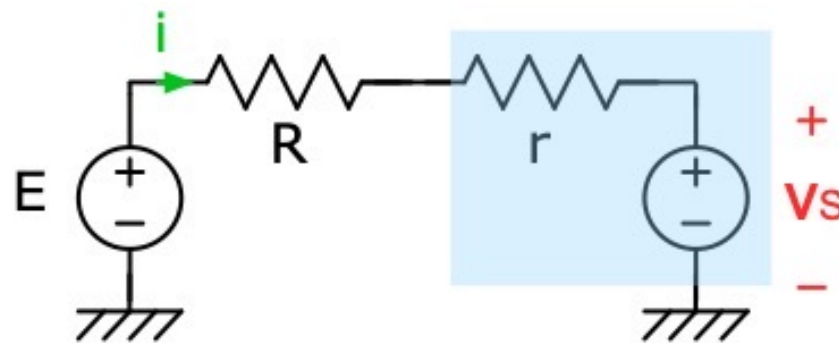
EXERCICE 2 : modèle réel

Dans le schéma ci-contre on considère que la diode en silicium a un modèle réel. Déterminer la valeur de la résistance R qui assure un courant de 20 mA dans le circuit.

Donnée : $E = 5\text{ V}$, $V_S = 0,7\text{ V}$, $r = 10\ \Omega$



L'énoncé indique une valeur $\neq 0$ de l'intensité ce qui sous-entend que la diode est passante, on la remplace son schéma équivalent.



La loi des mailles donne instantanément :

$$E - Ri - ri - V_S = 0$$

$$\text{D'où : } R = \frac{E - V_S - ri}{i}$$

$$R = \frac{5 - 0,7 - 10 \times 20 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} = 205\ \Omega$$

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

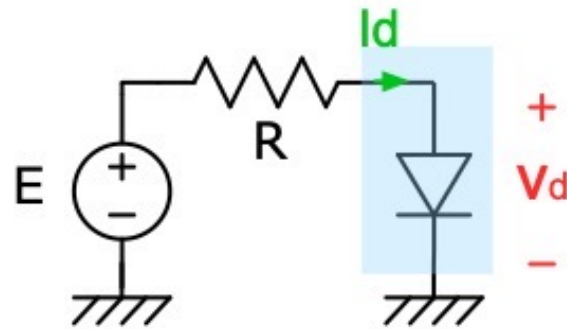
5. Convertisseur AC / DC

Point de fonctionnement

Déterminer le point de fonctionnement d'une diode revient à déterminer le couple (V_d, I_d) de la diode, et donc en particulier le courant la traversant.

EXERCICE 3 :

Déterminer le point de fonctionnement de la diode au silicium ci-dessous en utilisant un modèle réel. ($E = 5V$, $R = 100\Omega$, $V_S = 0,7V$, $r = 1\Omega$)



Résolution analytique

Loi des mailles :

$$E - RI_D - rI_D - V_S = 0$$

$$I_D = \frac{E - V_S}{R + r} = \frac{5 - 0,7}{100 + 1} = \frac{4,3}{101} = 42,6 \text{ mA}$$

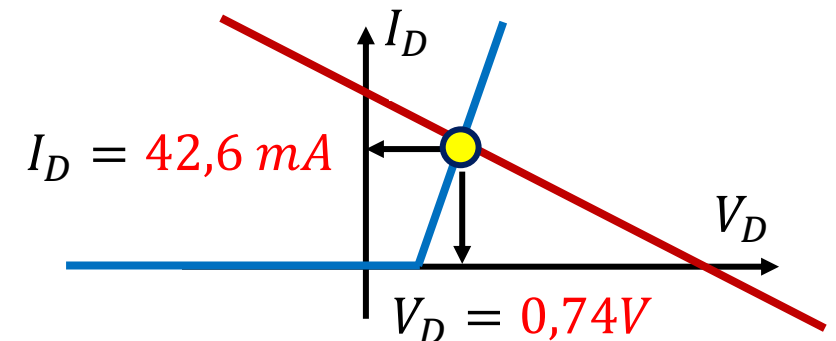
$$\begin{aligned} \Rightarrow V_D &= V_S + rI_D \\ &= 0,7 + 1 \times 42,6 \times 10^{-3} = 0,74 \text{ V} \end{aligned}$$

Résolution graphique

1. Tracer la caractéristique de la diode $I_D = f(V_D)$
2. Trouver l'équation $I_D = f(V_D)$ du circuit :

$$E - RI_D - V_d = 0 \Rightarrow I_D = -\frac{1}{R}V_d + \frac{E}{R}$$

3. Tracer la caractéristique du circuit $I_D = f(V_D)$
4. Lire le point d'intersection des deux courbes



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Datasheet

Exemple : *datasheet* de la diode **1N4148**

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1	V
	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}, T_j = 150\text{ °C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01,$ $t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V
Diode capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz},$ $V_{HF} = 50\text{ mV}$	C_D			4	pF
Rectification efficiency	$V_{HF} = 2\text{ V}, f = 100\text{ MHz}$	η_r	45			%

« Reverse current (I_R) » est le courant inverse de saturation, utilisé dans la loi de Shockley . Ici $I_S = 50 \times 10^{-6}\text{ A}$

$$\Rightarrow I_D = 50 \cdot 10^{-6} \left(e^{\frac{V_D}{0,026}} - 1 \right)$$

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Datasheet

Exemple : *datasheet* de la diode **1N4148**

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Repetitive peak reverse voltage		V_{RRM}	100	V
Reverse voltage		V_R	75	V
Peak forward surge current	$t_p = 1\text{ }\mu\text{s}$	I_{FSM}	2	A
Repetitive peak forward current		I_{FRM}	500	mA
Forward continuous current		I_F	300	mA
Average forward current	$V_R = 0$	$I_{F(AV)}$	150	mA
Power dissipation	$l = 4\text{ mm}, T_L = 45\text{ °C}$	P_{tot}	440	mW
	$l = 4\text{ mm}, T_L \leq 25\text{ °C}$	P_{tot}	500	mW

« Maximum Repetitive Reverse Voltage (V_{RRM}) » est la pointe de tension inverse maximale que la diode peut supporter de manière **répétée et cyclique** sans subir de dommages. Elle est spécifiée pour des applications où la tension inverse change de manière répétée (comme les circuits AC). Dans le cas de cette diode, si la tension inverse se répète de façon cyclique et égal à 100V la diode risque de se dégrader où subir un claquage.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Datasheet

Exemple : *datasheet* de la diode **1N4148**

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Repetitive peak reverse voltage		V_{RRM}	100	V
Reverse voltage		V_R	75	V
Peak forward surge current	$t_p = 1\text{ }\mu\text{s}$	I_{FSM}	2	A
Repetitive peak forward current		I_{FRM}	500	mA
Forward continuous current		I_F	300	mA
Average forward current	$V_R = 0$	$I_{F(AV)}$	150	mA
Power dissipation	$l = 4\text{ mm}$, $T_L = 45\text{ °C}$	P_{tot}	440	mW
	$l = 4\text{ mm}$, $T_L \leq 25\text{ °C}$	P_{tot}	500	mW

« Reverse Voltage (V_R) » est la **tension inverse nominale**, c'est-à-dire la tension inverse typique à laquelle la diode est utilisée pour une application donnée. La tension $V_R = 75V$ peut durer dans le temps alors que la tension $V_{RRPM} = 100V$ est une tension maximale **cyclique de pointe**. Si la tension inverse de $75V$ dure dans le temps la diode n'est pas endommagée.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Datasheet

Exemple : *datasheet* de la diode **1N4148**

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1	V
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_j = 150\text{ °C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01,$ $t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V
Diode capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz},$ $V_{HF} = 50\text{ mV}$	C_D			4	pF
Rectification efficiency	$V_{HF} = 2\text{ V}, f = 100\text{ MHz}$	η_r	45			%

« Breakdown Voltage (V_{BR}) » est la tension à laquelle la diode commence à conduire en sens inverse. C'est la tension de destruction de la diode (=claquage). Elle est généralement supérieure à V_{RRM} (ici car elles sont égales à 100V).

Prenons l'exemple de $V_{BR} = 150\text{ V}$ et $V_{RRM} = 100\text{ V}$

- Si la tension dépasse 100V mais reste en dessous de 150V, il y a un risque d'endommager la diode avec le temps
- Mais si la tension atteint 150V (=tension de claquage) alors la diode commencera à conduire fortement en sens inverse et par effet d'avalanche, entrainera sa destruction si le courant n'est pas limité.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

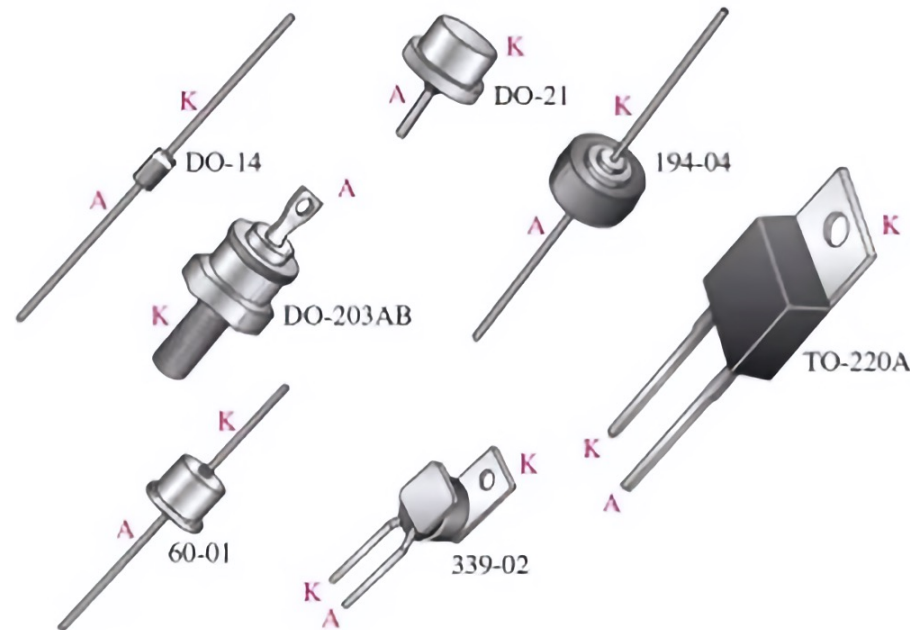
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

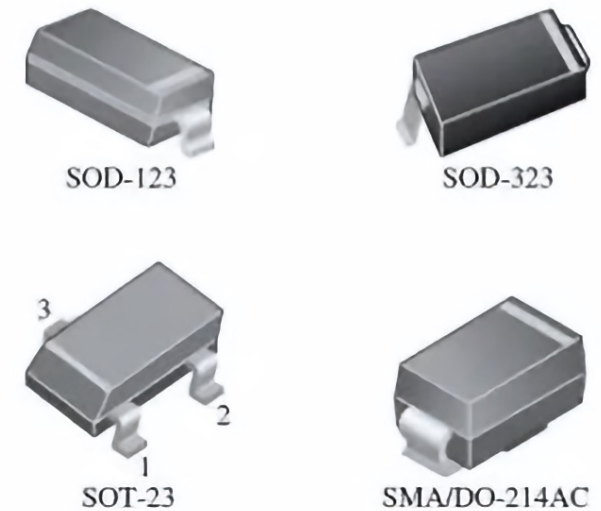
5. Convertisseur AC / DC

Boîtiers

Toutes les appellations commençant par « 1N » est font référence à une diode. Cependant, toutes les références de diodes ne commencent pas systématiquement par « 1N ».



boîtiers traversants



boîtiers de surface

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Les applications en courant continu

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

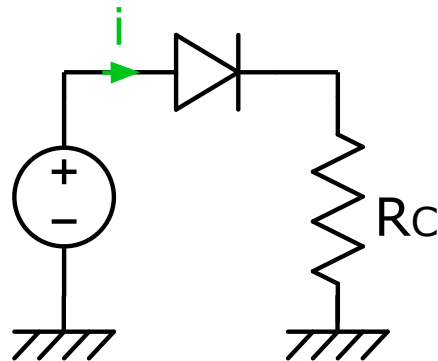
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

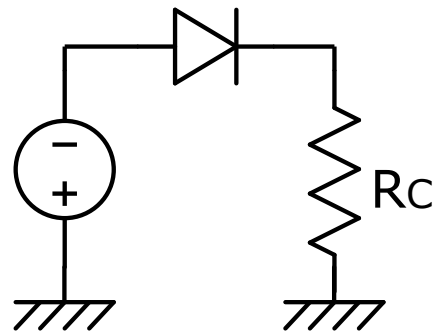
5. Convertisseur AC / DC

Diode de protection

Elle empêche la circulation du courant dans le mauvais sens (par exemple, c'est un bon moyen de protéger un circuit contre les erreurs de branchement telles qu'un générateur branché dans le mauvais sens.)



En polarisation directe la diode est passante et la résistance de charge R_C voit une chute de tension égale à la tension de seuil V_S de la diode.



En polarisation inverse la diode est bloquée donc aucun courant ne parvient à la charge et *in fine* elle est donc protégée contre les courants inverses.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

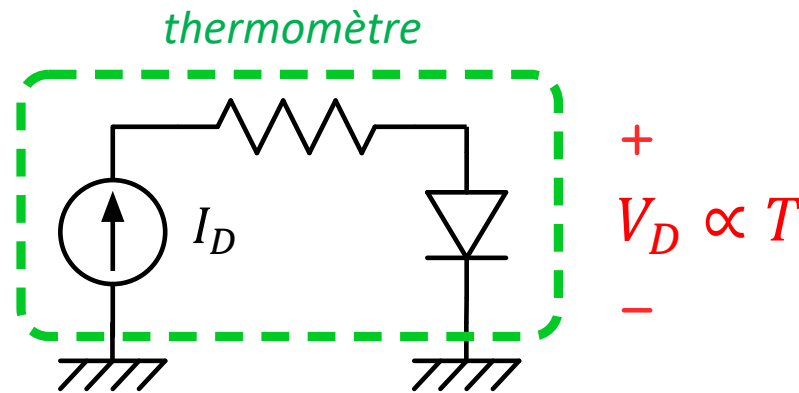
5. Convertisseur AC / DC

Capteur de température *low cost*

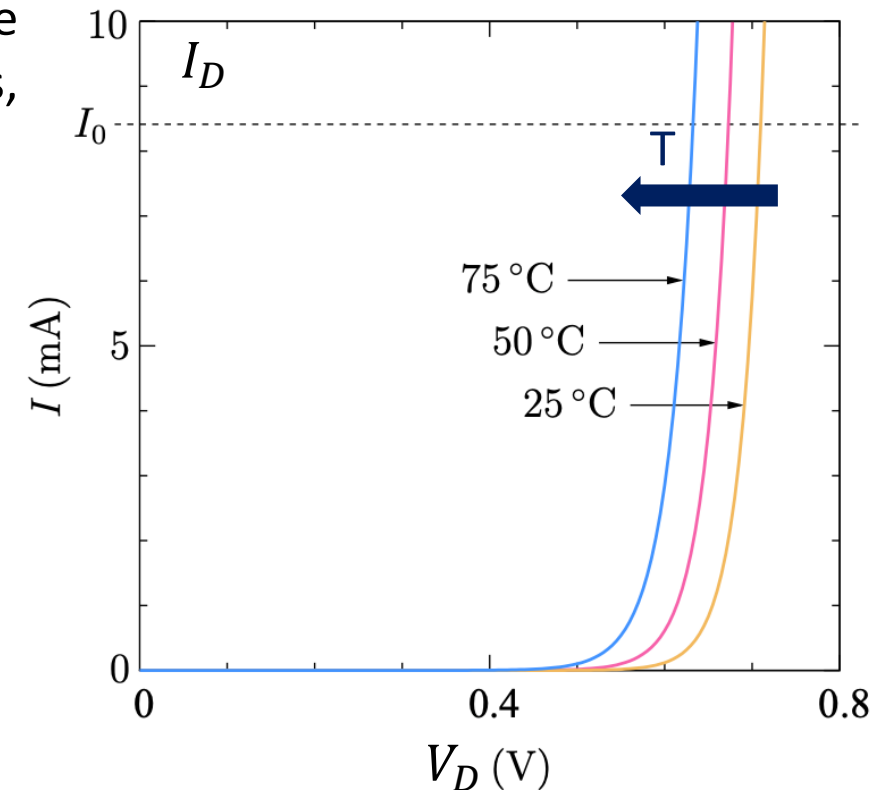
- La caractéristique d'une diode en polarisation directe dépendant fortement de la température (à courant constant, la tension de seuil diminue d'environ 2 mV par °C). La diode peut donc être utilisée comme capteur de température.

- En réarrangeant l'équation de Shockley, on obtient :
$$T = \frac{q}{k_B} \frac{V_D}{\ln\left(\frac{I_D}{I_S} + 1\right)}$$

- L'astuce est donc d'utiliser un générateur de courant afin d'avoir un courant I_D constant puis, de déduire T à partir d'une mesure de V_D .



Cf. cours sur le transistor bipolaire pour le générateur de courant



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Les applications en courant alternatif

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

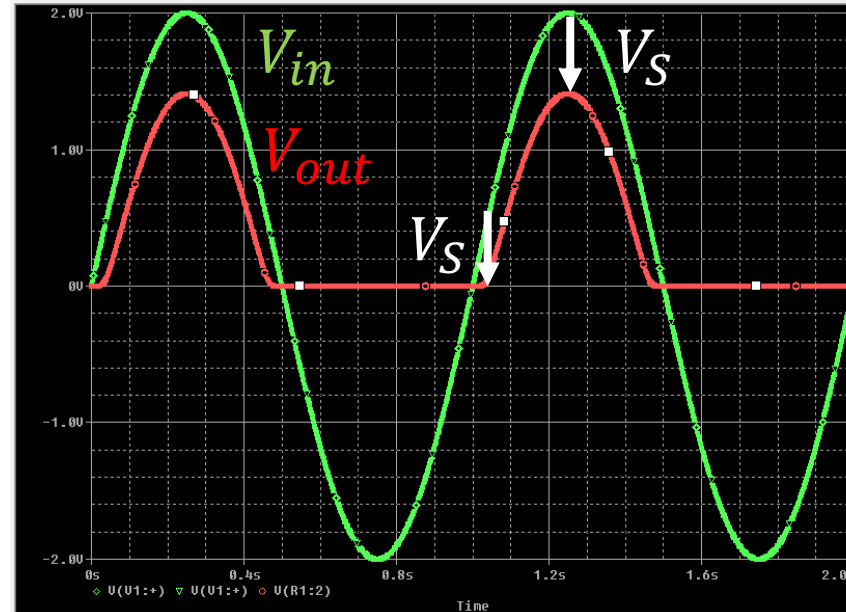
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

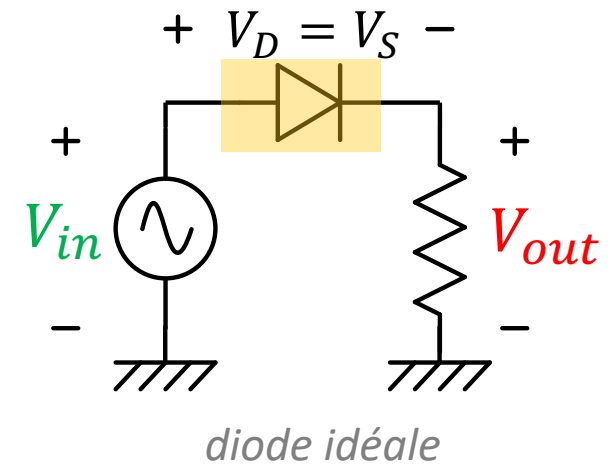
5. Convertisseur AC / DC

Redressement simple alternance (half wave rectifier)

- Lorsque la tension aux bornes de la diode atteint la tension de seuil, cette dernière conduit et laisse passer le courant direct dans la charge.
 - ▶ Lorsque la diode est passante, la tension aux bornes de la charge est alors abaissée de la tension de seuil et elle vaut alors $V_{out} = V_{in} - V_S$.
 - ▶ Lorsque la diode est bloquée, il ne subsiste que le courant de fuite I_S négligeable.



Simulation spice



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

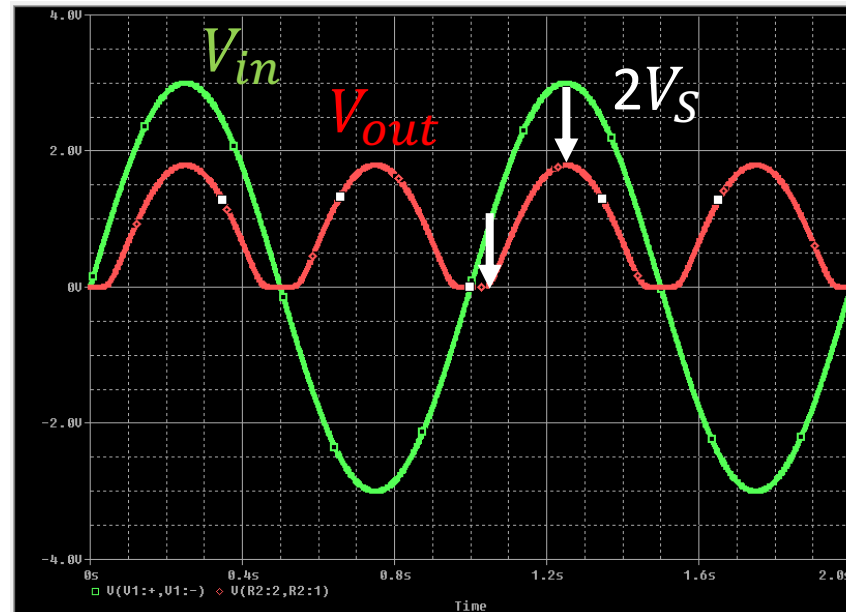
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

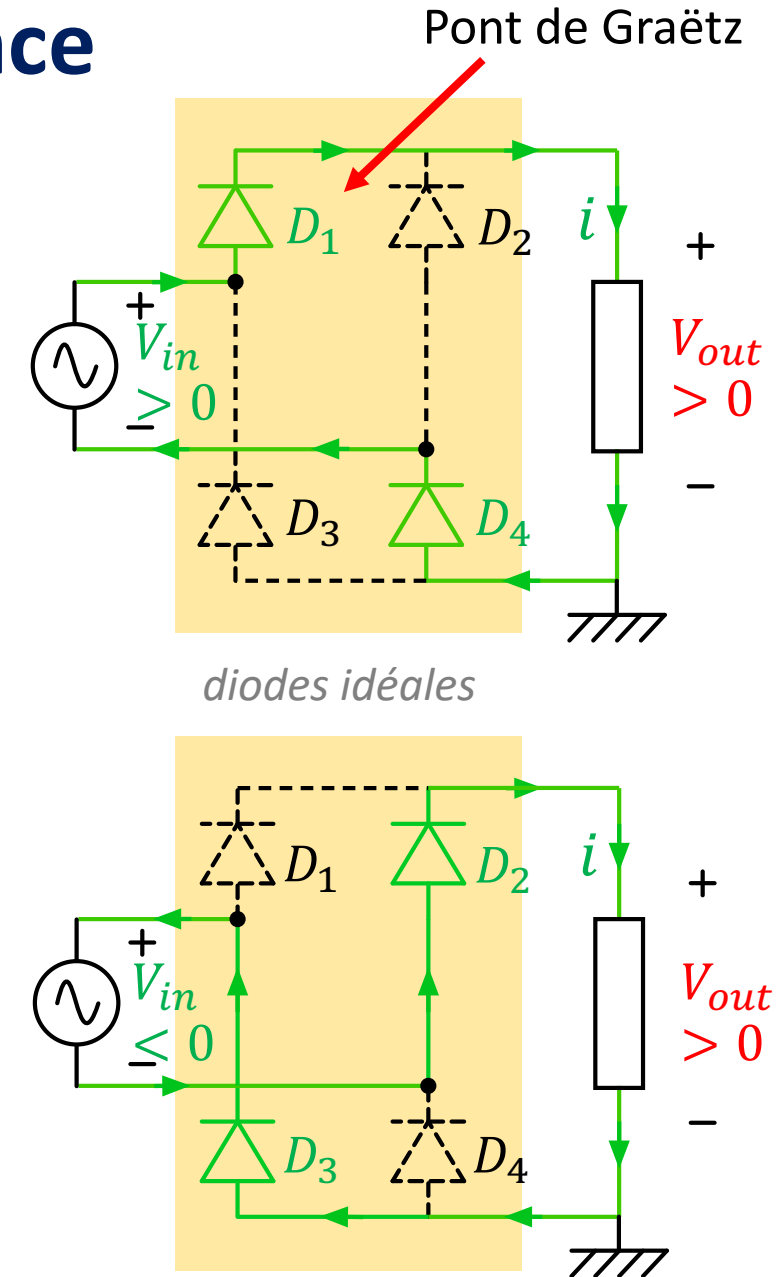
5. Convertisseur AC / DC

Redressement double alternance

- Le redressement simple alternance a l'inconvénient de ne laisser passer que la moitié du courant.
- Pour y remédier, on utilise le « **pont de Graëtz** ».
 - ▶ Lors du passage de l'alternance positive de V_{in} , les diodes D_1 et D_4 conduisent.
 - ▶ Lors du passage de l'alternance négative, c'est au tour des diodes D_2 et D_3 de conduire.



Simulation spice



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. **Ecrêtage**
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

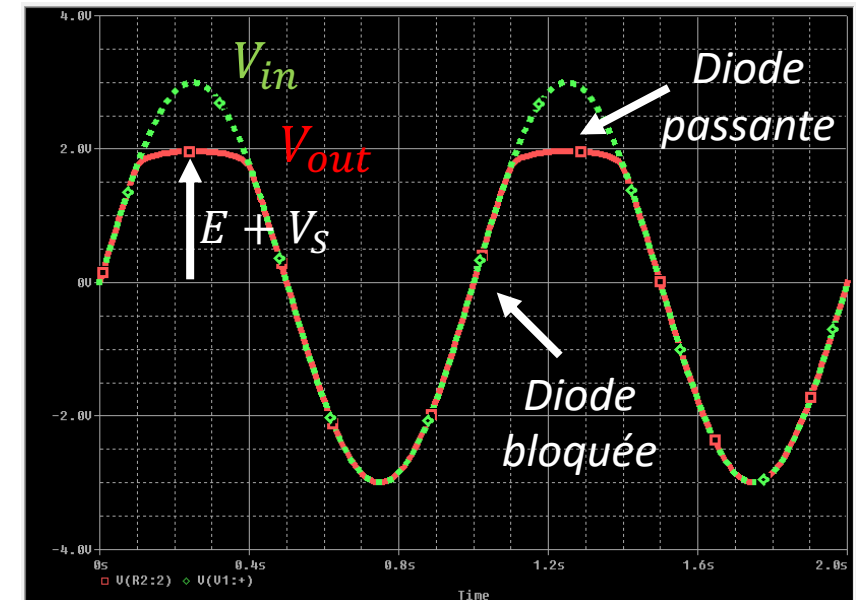
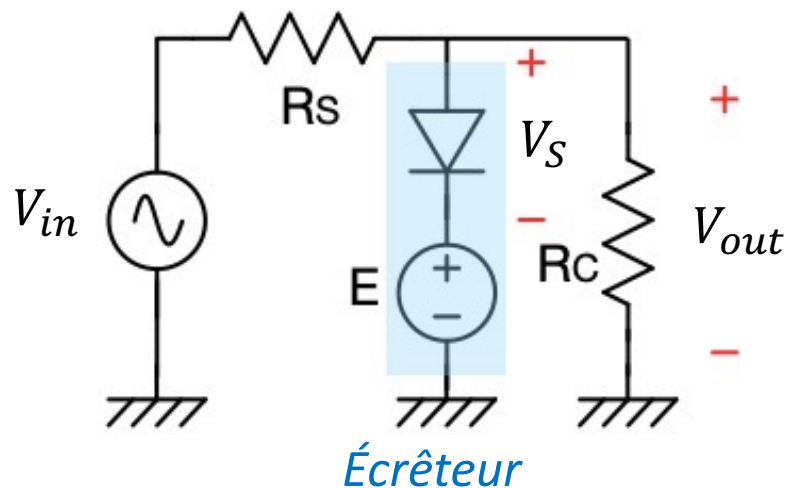
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Écrêtage positif (*positive clipping*)

- L'écrêtage positif consiste à supprimer une partie de l'amplitude positive d'un signal.
- La diode a sa cathode portée à un potentiel positif $+E$, ce qui implique qu'elle n'est passante que lorsque son anode est à un potentiel positif plus élevé de V_S que celui de sa cathode (dans le cas de la diode parfaite).
 - ▶ Pendant l'alternance positive ($V_{in} > E + V_S$) la diode est passante et restitue une tension $E + V_S$ constante en sortie du montage
 - ▶ Pendant l'alternance négative, la diode est bloquée et le signal n'est pas modifié, car $R_S \ll R_C$.



Remarque : $R_S \ll R_C$ de façon à ne pas avoir de chute de potentiel causée par R_S lors de l'alternance négative. (Démonstration avec le diviseur de tension.)

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

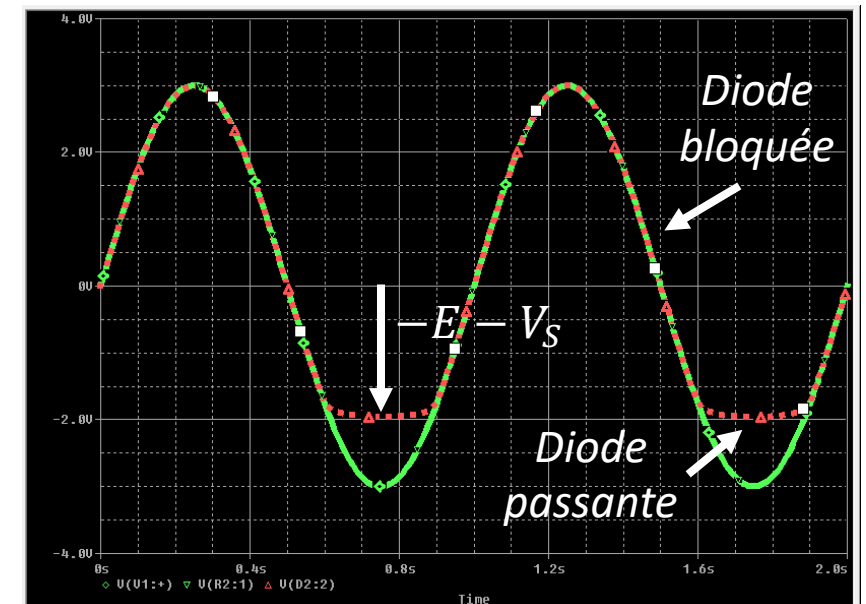
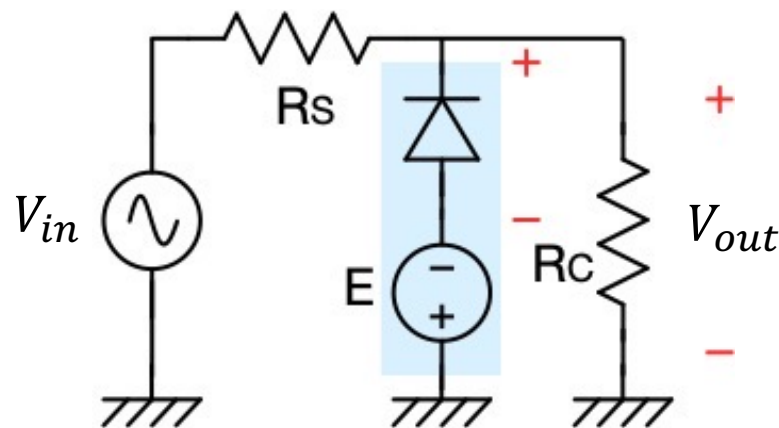
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Écrêtage négatif (*negative clipping*)

- L'écrêtage négatif consiste à supprimer une partie de l'amplitude négative d'un signal.
- La diode a son anode portée à un potentiel négatif $-E$, ce qui implique qu'elle n'est passante que lorsque sa cathode est à un potentiel négatif plus bas de V_S par rapport à celui de son anode.
 - ▶ Pendant l'alternance positive, la diode est bloquée et toute la tension est présente en sortie
 - ▶ Pendant l'alternance négative ($u_e < -E - V_S$), la diode est passante et restitue une tension $-E - V_S$ constante en sortie du montage.



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

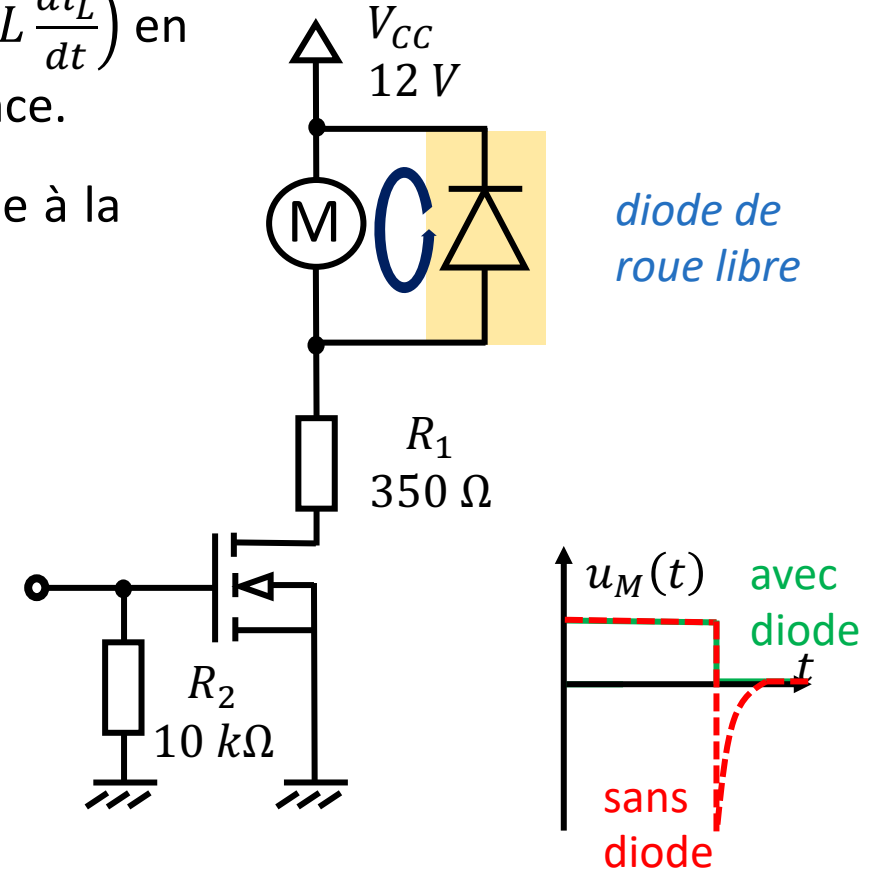
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Diode de roue libre (*Flyback diode*)

- La **diode de roue libre** permet d'éviter les surtensions lors de l'**ouverture** de charges inductives ($u_L = L \frac{di_L}{dt}$) en assurant la continuité du courant dans l'inductance.
- Il s'agit d'une diode polarisée en inverse parallèle à la charge inductive (moteur, relais, *etc.* ...)
- Le schéma ci-contre est un circuit de pilotage de moteur à courant continu à brancher à la sortie d'une Arduino.
- En régime transitoire lors de l'ouverture du circuit (transistor ouvert), le brusque changement de courant induit une forte tension inverse aux bornes de l'élément inductif. Grâce à la diode, le courant trouve un chemin dans la diode qui devient passante.



■ **Remarque** : la résistance de 10 k Ω permet d'éviter au transistor d'avoir une grille flottante lorsque l'Arduino ne délivre pas un état logique haut (pull-down). Cf cours ultérieur)

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

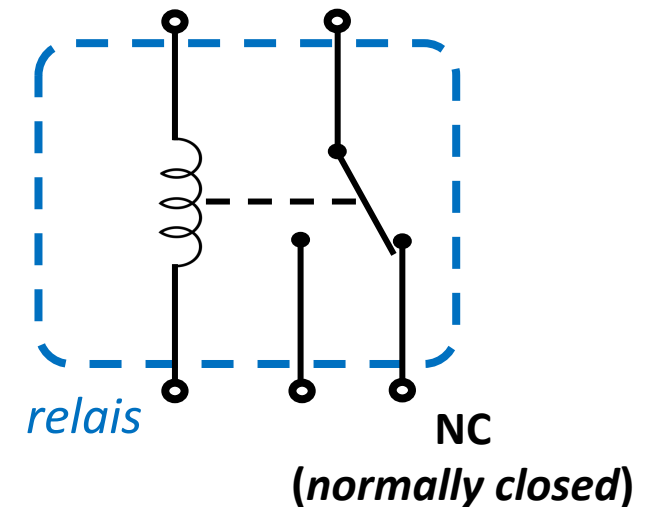
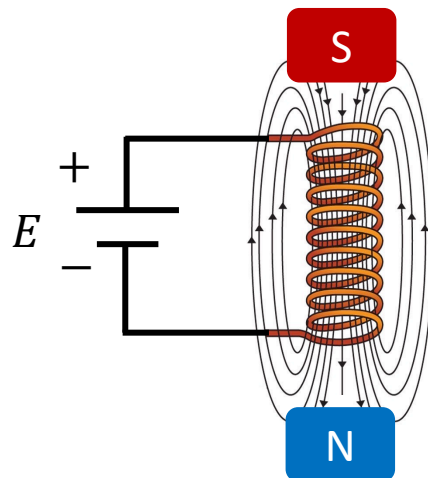
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Relais électromécanique (*Solid state relay*)

- Un **relais électromécanique** est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance de la partie commande : il permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique par un second circuit complètement isolé électriquement (isolation galvanique).
- Il est composé d'un électroaimant (bobine) qui, lorsqu'il est alimenté, transmet une force à un système de commutation électrique : les contacts.
 - ▶ l'électroaimant induit champ magnétique qui attire le contact, connectant ainsi le circuit à la voie 2.
 - ▶ Dès que le courant n'est plus établi, un ressort ramène le contact sur la voie 1, ce qui déconnecte la voie 2.



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

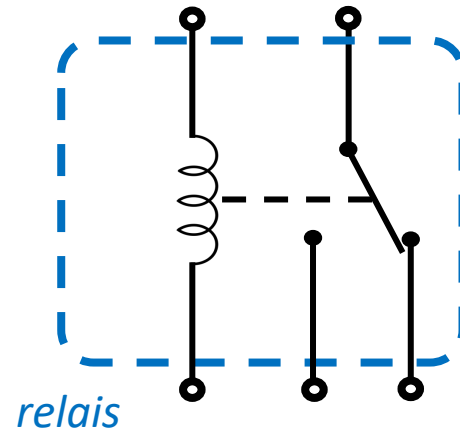
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

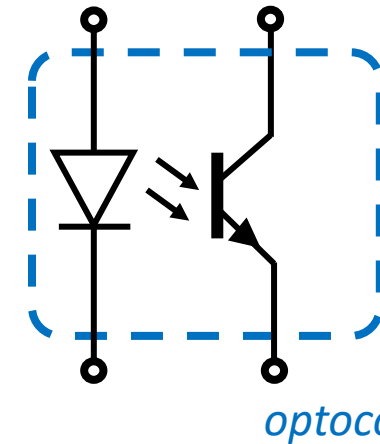
Relais vs optocoupleur

relais



- Mécanique
- Possibilité de driver de plus grandes tensions
 - ▶ Basse Tension (BT) : 110, 230, 400 V
 - ▶ Très Basse Tension (TBT) : 12, 24, 48 V
- Vieillit plus vite (Il existe d'autres technologies, ex : relais statique)

optocoupleur



- Opto-électronique
- Applications à faible courant/ tensions
- Sert à éviter les boucles de masse et à séparer les masses dans les circuits imprimés
- Plus compacte, plus rapide, moins de perte d'énergie

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

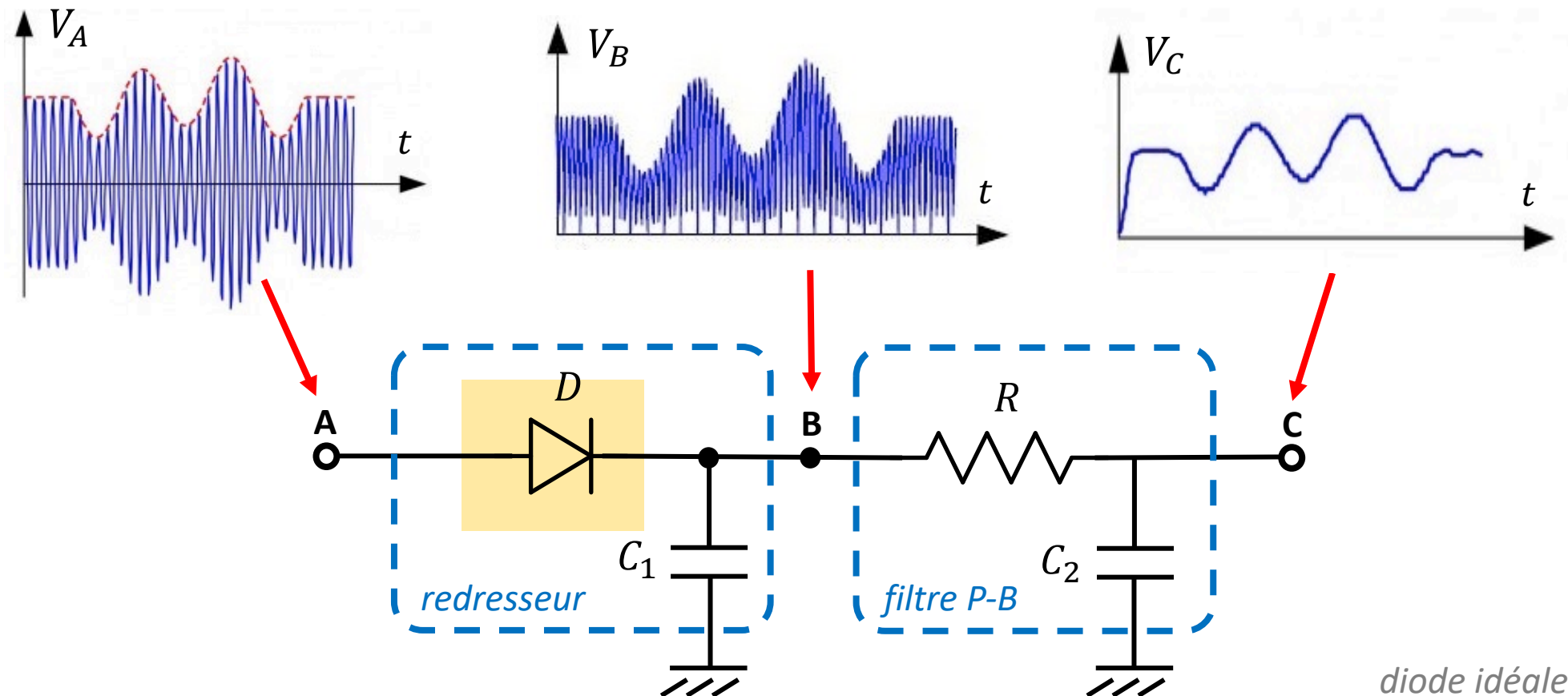
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Diode de détection d'enveloppe

- Le **détecteur d'enveloppe** a principalement des applications en traitement du signal pour démoduler un signal modulé en amplitude : ce montage permet de retrouver le signal modulant (enveloppe).
- Il est composé d'un redresseur simple alternance en série avec un condensateur.



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Les autres diodes

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

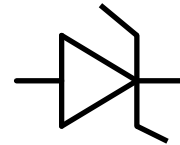
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

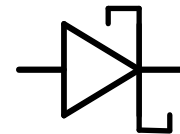
Les autres diodes

■ diode Zener



- ▶ variante de la diode à jonction PN
- ▶ dopage plus important pour abaisser la tension de claquage
- ▶ utilisé pour stabiliser une tension

■ diode Schottky



- ▶ assemblage d'un métal et d'un semi-conducteur (généralement de type N)
- ▶ mêmes applications que la diode à jonction PN mais à plus faible tension de seuil et pouvant aller aux plus hautes fréquences

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

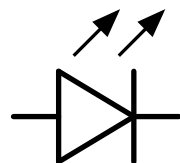
5. Convertisseur AC / DC

■ diode Varicap



- ▶ diode PN polarisée en inverse ;
- ▶ la zone de déplétion est alors vue comme le diélectrique d'un condensateur dont la capacité est ajustable.

■ diode électroluminescente



- ▶ jonction PN qui émet une onde dans le domaine optique (visible et proche infrarouge)
- ▶ le flux lumineux émis est proportionnel au courant traversant la diode dans sa zone linéaire
- ▶ la tension de seuil dépend de la longueur d'onde d'émission.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

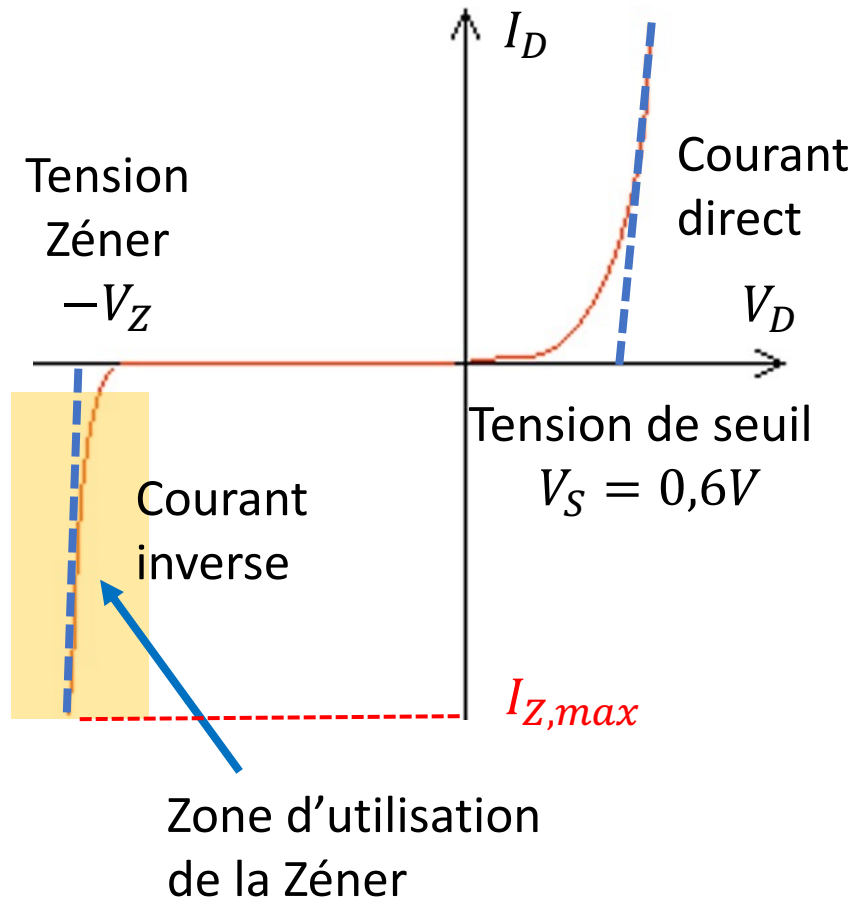
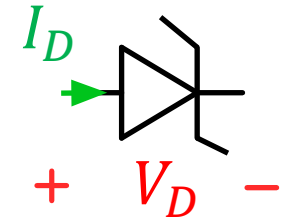
- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

caractéristique
 $I_D = f(V_D)$

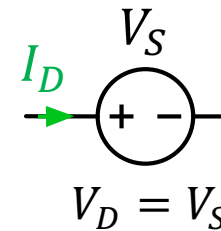
Zéner

Schémas
équivalents

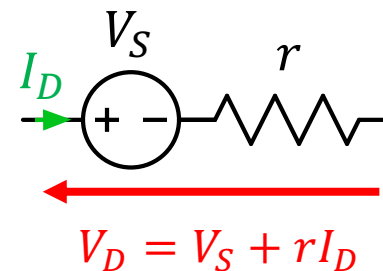


Diode passante
en direct

Modèle parfait

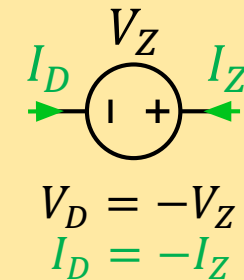


Modèle réel

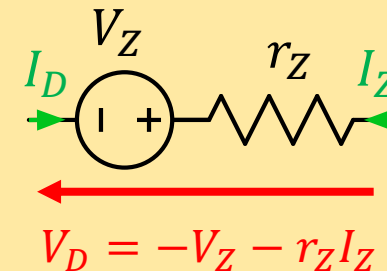


Diode passante
en inverse

Modèle parfait



Modèle réel



Bloquée
 $-V_Z < V_D < V_S$



Utilisation de la Zéner

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

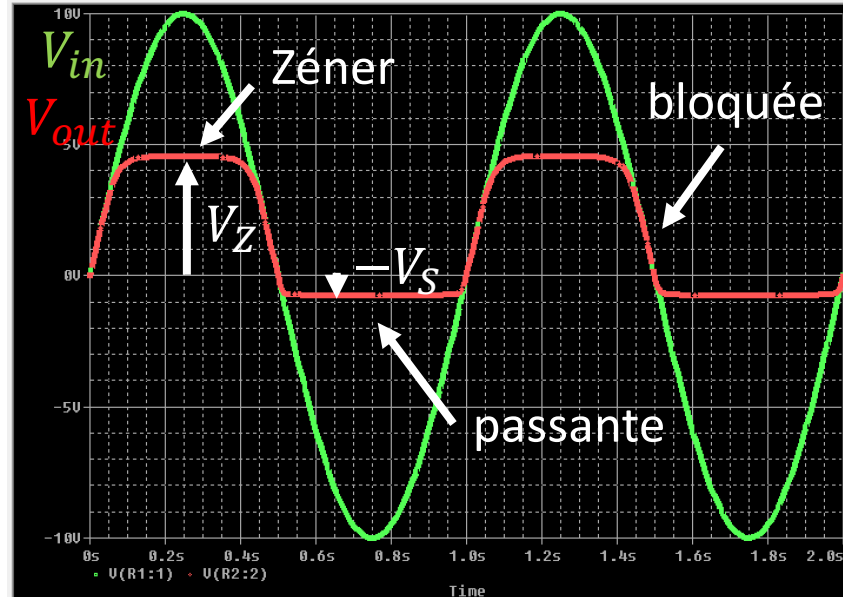
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

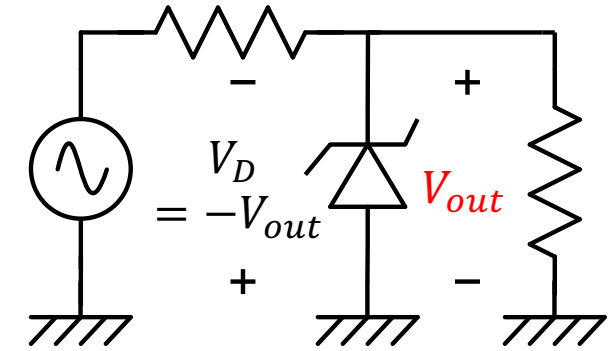
5. Convertisseur AC / DC

Diode Zéner = régulateur de tension

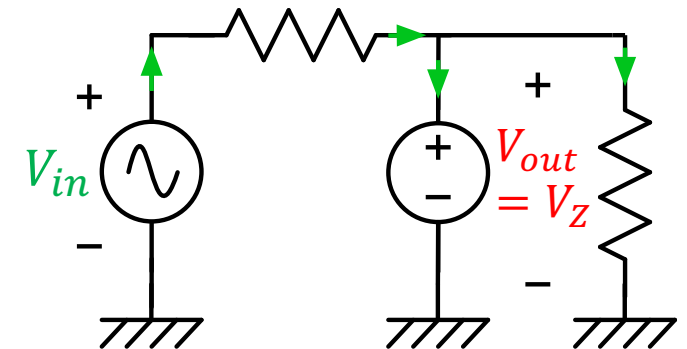
La diode Zéner est encore appelée diode régulatrice car elle maintient constant la tension à ses bornes (en polarisation inverse, avec $V_D = -V_Z$) malgré les variations de courant qui la traverse. Effectivement la résistance r_Z étant très faible la pente en $1/r_Z$ de la caractéristique $I_D = f(V_D)$ est très grande et donc $V_Z \approx \text{constante}$.



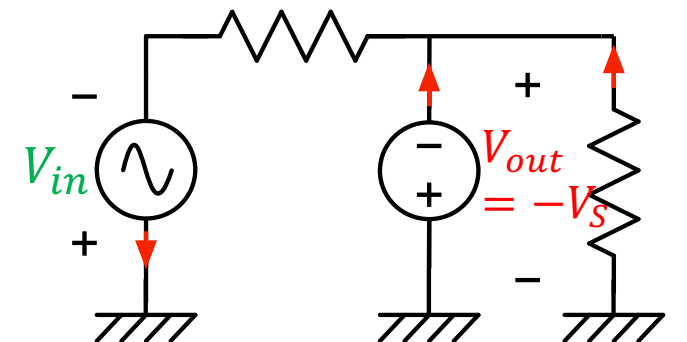
Simulation spice



Diode
passante
en inverse
: Zéner



Diode
passante
en direct



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

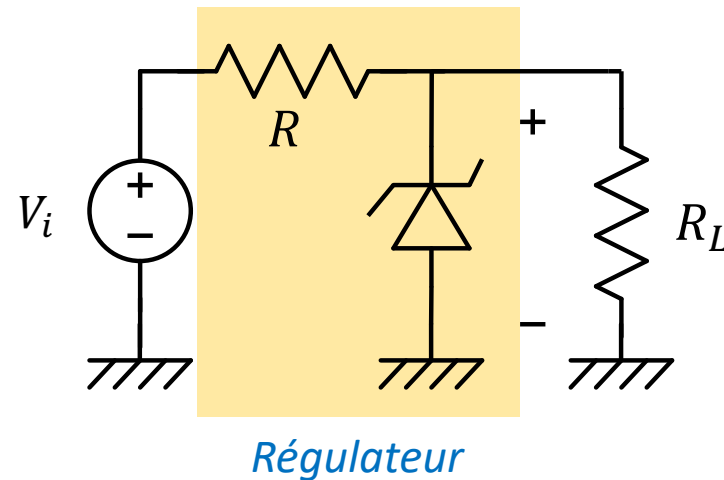
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

- On ne peut pas brancher directement une diode Zener à la sortie d'un bloc de redressement et filtrage car les résistances internes sont trop faibles.

Solution : intercaler une résistance R

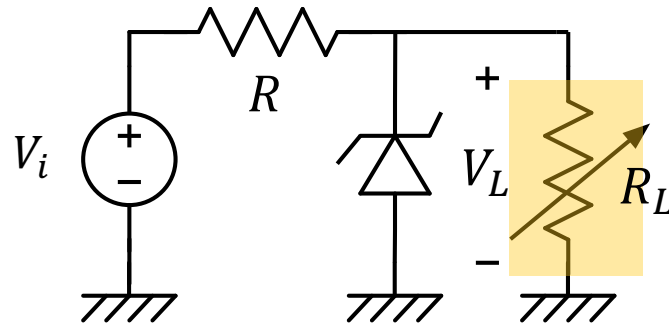


R_L = dipôle de charge
(load) représenté par
une résistance ici.

- Trois types de problème de dimensionnement :
 - ▶ proposer un circuit en dimensionnant V_Z et R
 - ▶ V_i et R fixes \rightarrow trouver $R_{L,MIN}$ et $R_{L,MAX}$
 - ▶ R et R_L fixes \rightarrow trouver $V_{i,MIN}$ et $V_{i,MAX}$

La diode

Etude avec une charge variable



(V_L = tension aux bornes de la charge)

- Si R_L trop petite, $\frac{R_L}{R+R_L} V_i < V_Z$ donc diode inutile (cas extrême : $R_L = 0 \Rightarrow$ diode court-circuitée)
- Si R_L trop grande, I_L minimale donc I_Z maximale

EXEMPLE :
1/ trouver $R_{L,MIN}$, $I_{L,MAX}$ et $I_{Z,MIN}$
2/ trouver $R_{L,MAX}$ et $I_{L,MIN}$

Données :

$R = 222\Omega$, $V_i = 20V$

diode : $V_Z = 10V$, $I_{Z,MAX} = 40mA$

1/ Loi d'Ohm : $I_{L,MAX} = \frac{V_L}{R_{L,MIN}}$

Loi des nœuds : $I_R = I_{Z,MIN} + I_{L,MAX}$

$$I_{Z,MIN} = I_R - I_{L,MAX}$$

$$I_{Z,MIN} = \frac{V_i - V_Z}{R} - I_{L,MAX}$$

$$I_{Z,MIN} = \frac{V_i - V_Z}{R} - \frac{V_L}{R_{L,MIN}}$$

$$I_{Z,MIN} = \frac{V_i - V_Z}{R} - \frac{V_Z}{R_{L,MIN}}$$

Exprimons $R_{L,MIN}$:

$$V_Z = V_L = \frac{R_L}{R + R_L} V_i$$

$$V_Z(R + R_L) = V_i R_L$$

$$V_Z R + V_Z R_L = V_i R_L$$

$$\Rightarrow R_{L,MIN} = \frac{V_Z R}{V_i - V_Z}$$

A.N.

$$R_{L,MIN} = \frac{10 \cdot 222}{20 - 10} = \frac{2220}{10} = 222 \Omega$$

$$I_{L,MAX} = \frac{10}{222} = 45 mA$$

$$I_{Z,MIN} = \frac{20 - 10}{222} - \frac{10}{222} = 0 A$$

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

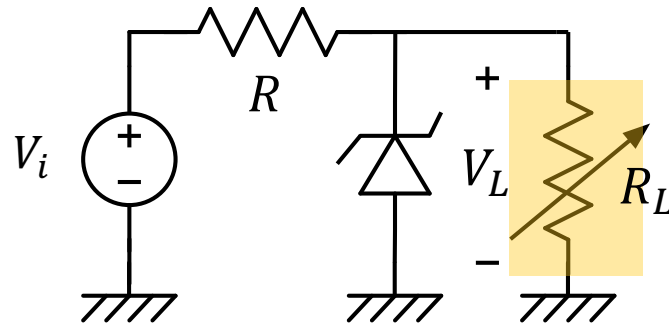
- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Etude avec une charge variable



(V_L = tension aux bornes de la charge)

- Si R_L trop petite, $\frac{R_L}{R+R_L} V_i < V_Z$ donc diode inutile (cas extrême : $R_L = 0 \Rightarrow$ diode court-circuitée)
- Si R_L trop grande, I_L minimale donc I_Z maximale

EXEMPLE :

- 1/ trouver $R_{L,MIN}$, $I_{L,MAX}$ et $I_{Z,MIN}$
- 2/ trouver $R_{L,MAX}$ et $I_{L,MIN}$

Données :

$$R = 222\Omega, V_i = 20V$$

$$\text{diode : } V_Z = 10V, I_{Z,MAX} = 40mA$$

2/ Loi des nœuds :

$$I_R = I_{Z,MAX} + I_{L,MIN}$$

$$I_{L,MIN} = I_R - I_{Z,MAX}$$

$$\Rightarrow I_{L,MIN} = \frac{V_i - V_Z}{R} - I_{Z,MAX}$$

Exprimons $R_{L,MAX}$

$$V_Z = V_L \\ = R_{L,MAX} I_{L,MIN}$$

$$\Rightarrow R_{L,MAX} = \frac{V_Z}{I_{L,MIN}}$$

A.N.

$$I_{L,MIN} = \frac{20-10}{222} - 40 \cdot 10^{-3} = 5mA$$

$$R_{L,MAX} = \frac{10}{5 \cdot 10^{-3}} = 500\Omega$$

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

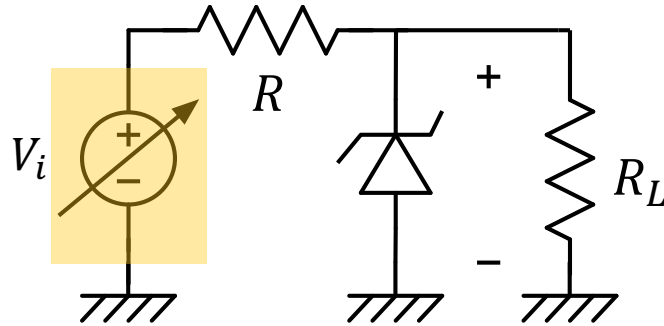
- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Etude avec une tension variable



- Si V_i trop petite, $V_d > -V_Z$ donc diode inutile
- Si V_i trop grande, $I_Z > I_{Z,MAX} \Rightarrow$ destruction de la diode

EXEMPLE : 1/ trouver $V_{i,MIN}$
2/ trouver $V_{i,MAX}$

Données :

$R = 1k\Omega$, $R_L = 2,5k\Omega$,
diode : $V_Z = 5V$, $I_{Z,MAX} = 20mA$

1/ Tension minimale pour activer la diode :

$$\frac{R_L}{R + R_L} V_{i,MIN} = V_Z \Rightarrow V_{i,MIN} = \frac{R + R_L}{R_L} V_Z$$

A.N.

$$V_{i,MIN} = \frac{1k + 2,5k}{2,5k} 5 = 7V$$

2/ Tension maximale pour ne pas dépasser $I_{Z,MAX}$

Loi des nœuds : $I_{R,MAX} = I_{Z,MAX} + I_L$

$$\frac{V_{i,MAX} - V_Z}{R} = I_{Z,MAX} + \frac{V_Z}{R_L}$$

$$V_{i,MAX} = RI_{Z,MAX} + \frac{R}{R_L} V_Z + V_Z$$

$$V_{i,MAX} = 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} + \frac{1k}{2,5k} 5 + 5 = 27V$$

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Etude avec dimensionnement de R

EXEMPLE :

Signal d'entrée : 12 V

Signal de sortie désiré : 8 V pour alimenter une charge de 100 mA.

Dimensionner D_Z et R .

- **étape 1 : choix de la diode Zener**

8 V n'est pas une valeur normalisée, contrairement à 7,8 V et 8,2 V. On choisit une Zener de 8,2 V.

- **étape 2 : calcul du courant maximal dans le circuit**

On ajoute 10 mA pour la diode, et faisons donc le calcul pour 110 mA

On peut éventuellement ajouter 10 à 20% à ce courant max pour prendre en compte les éventuelles surtensions involontaires.

- **étape 3 : choix de la puissance max de la diode**

On a $P_{MAX} = V_Z \cdot I_{MAX} = 8,2 \cdot 0,110 = 0,9 \text{ W}$. Cette puissance max peut être surestimée par précaution et l'on peut prendre $P_{MAX} \geq 1 \text{ W}$

- **étape 4 : choix de la résistance**

la tension aux bornes de la résistance est $u_R \approx 12 - 8,2 = 3,8 \text{ V}$.

loi d'Ohm : $R = \frac{u_R}{I_{MAX}} = \frac{3,8}{0,110} = 34,5 \Omega$

Il se peut que la tension d'entrée dépasse 12 V, auquel cas $u_R \nearrow$ donc on choisira $R = 50 \Omega$

- **étape 5 : choix de la puissance de la résistance**

On a $P_{MAX} = u_R \cdot I_{MAX} = 3,8 \cdot 0,110 \approx 0,5 \text{ W}$ mais comme on a pris 1 W pour la diode, donc $P = 1 \text{ W}$

conclusion : diode Zener de 8,2 V, 1 W et résistance de 50 Ω , 1 W

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

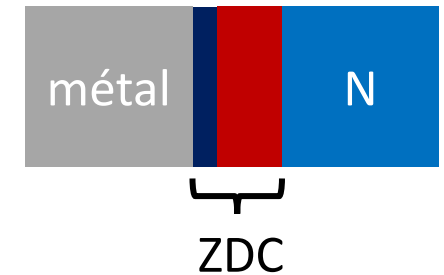
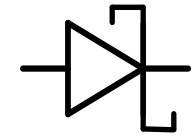
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

La diode Schottky

- Inventée par le physicien allemand Walter Schottky
- La composition de la diode fait que :
 - ▶ la tension de seuil est plus faible (de 0,15 à 0,45 V)
 - ▶ le temps de commutation est plus court
 - ⇒ la diode peut fonctionner à des fréquences plus élevées.
- désavantage :
courant de fuite plus élevé
- Application principale :
circuits haute fréquence (radio, détecteur, etc. ...)



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

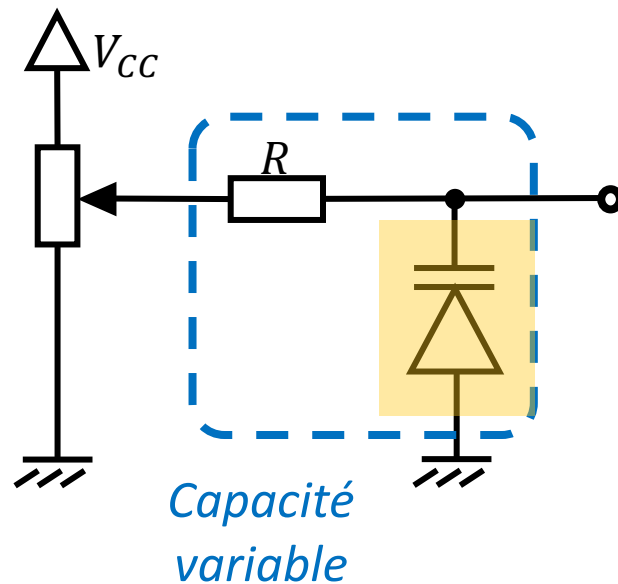
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

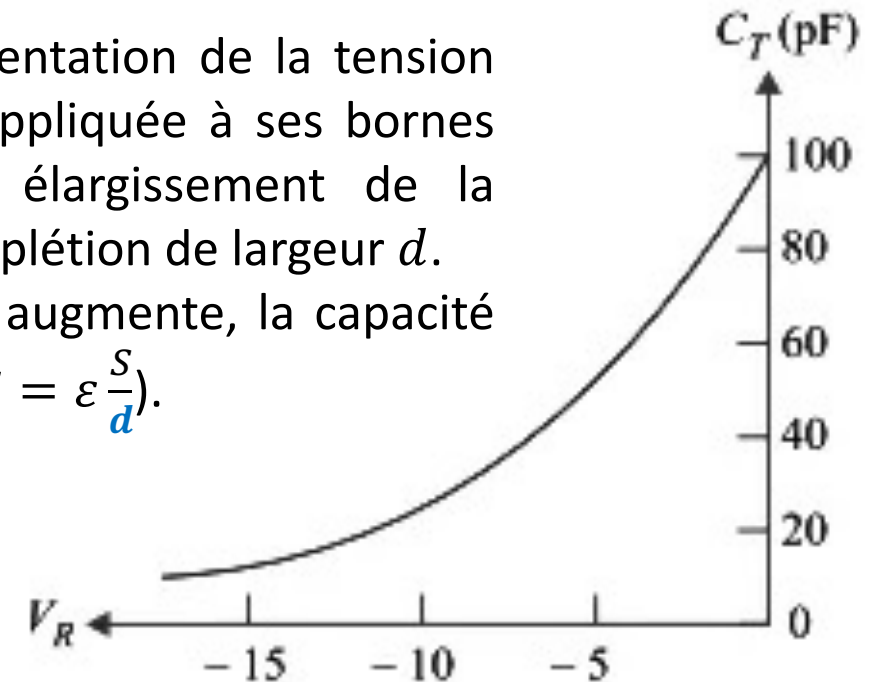
5. Convertisseur AC / DC

La diode Varicap

- De l'anglais VARiable CAPacity
- s'utilise en polarisation inverse
- se comporte comme un condensateur dont la capacité varie avec la tension inverse appliquée à ses bornes
- Application principale : **condensateur variable dans les récepteurs radiofréquences (RF)**



- Une augmentation de la tension (inverse) appliquée à ses bornes induit un élargissement de la zone de déplétion de largeur d .
- Puisque d augmente, la capacité diminue ($C = \epsilon \frac{S}{d}$).



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

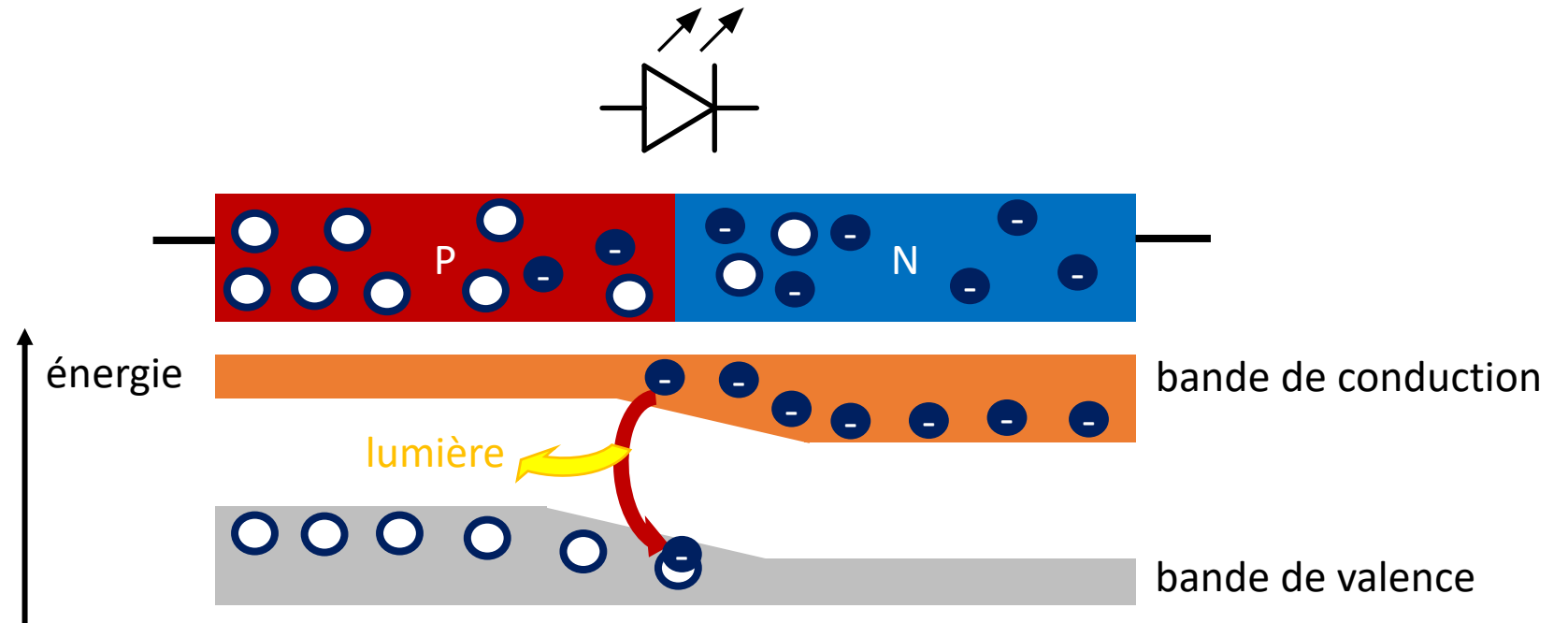
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

La LED

- La diode électroluminescente est un composant permettant d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.
- Elle est basée sur la recombinaison de nature radiative électron-trou dans certains semi-conducteurs émet un photon.
- La luminosité est proportionnelle au courant.
- Les semi-conducteurs sont choisis de sorte à ce qu'un photon soit émis lors de la recombinaison entre un électron et un trou dans la jonction



La diode

Pour information

- la tension de seuil dépend de la couleur.
- La tension de claquage est faible.

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Couleur	Longueur d'onde λ [μm]	Tension de seuil V_s [V]	Semi-conducteur
Infra-rouge	$\lambda > 760$	$V_s < 1,63$	Arseniure de gallium-aluminium (AlGaAs)
rouge	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < V_s < 2,03$	Arseniure de gallium-aluminium (AlGaAs) Phospho-arseniure de gallium (GaAsP)
jaune	$570 < \lambda < 590$	$2,1 < V_s < 2,18$	Phospho-arseniure de gallium (GaAsP)
vert	$500 < \lambda < 570$	$2,18 < V_s < 2,48$	Nitride de gallium (GaN) Phosphure de gallium (GaP)
Bleu	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < V_s < 2,76$	Séleniure de Zinc (ZnSe) Nitride de Gallium/Indium (InGaN) Carbure de Silicium (SiC)

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

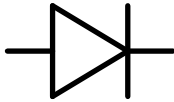
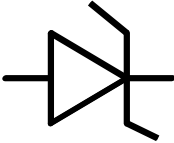
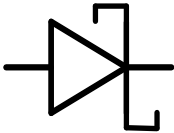
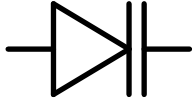
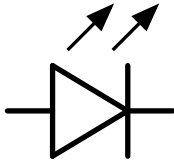
- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Récapitulatif : Les principaux types de diodes

DIODE	SYMBOLE	DOMAINE FRÉQUENTIEL	UTILISATION
JONCTION PN		Continu et basses fréquences	Protection, redressement, écrêtage, détection
ZENER		Continu	Régulation de tension
SCHOTTKY		Hautes fréquences	Temps de commutation rapide
VARICAP		Hautes fréquences	Condensateur variable – récepteur radio
LED		Basses fréquences	Témoin lumineux, éclairage

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

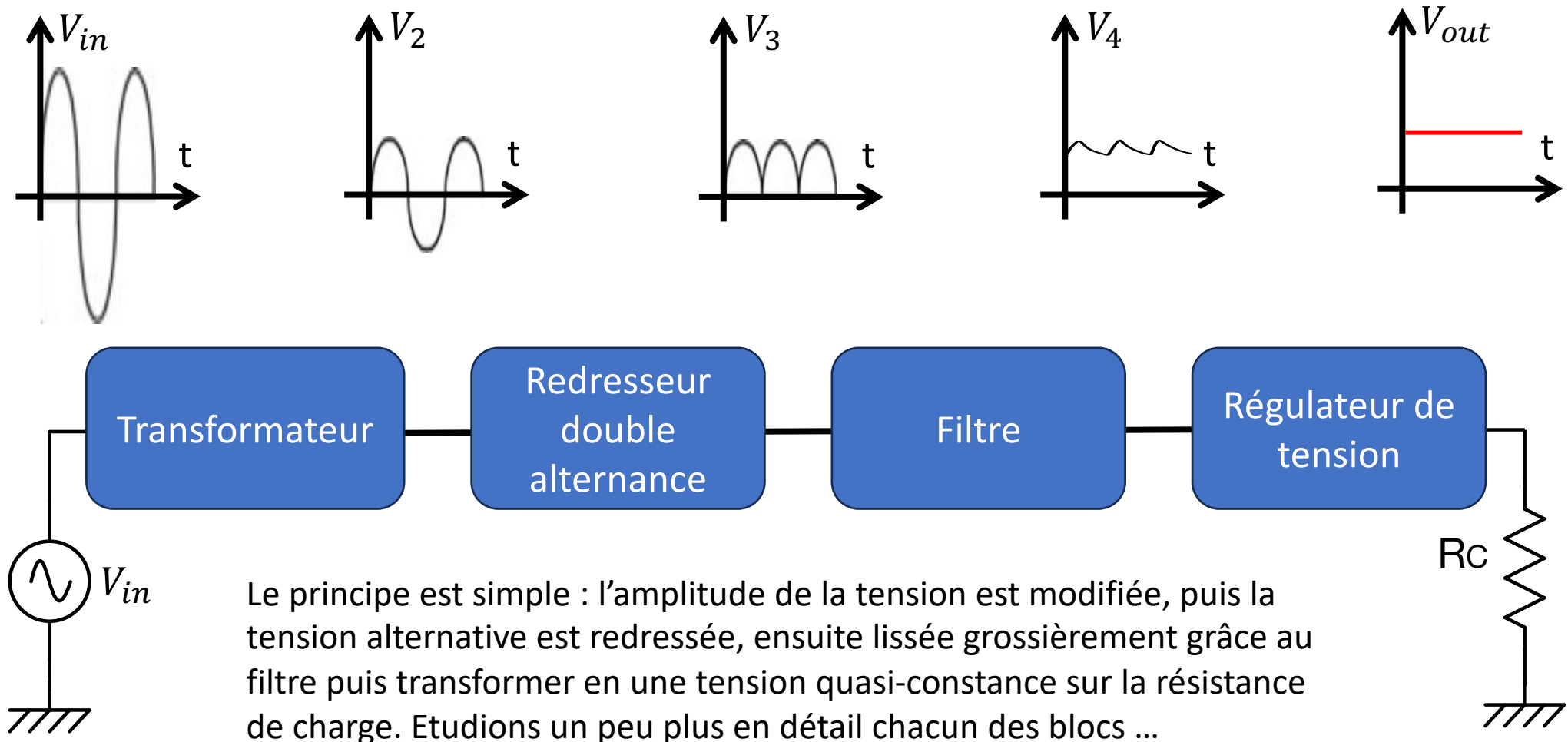
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Etude de cas : Convertisseur AC → DC

A l'aide des connaissances que l'on a acquis on peut concevoir la création d'une **alimentation DC**. Simplifions la dans un premier temps en schémas blocs :



La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

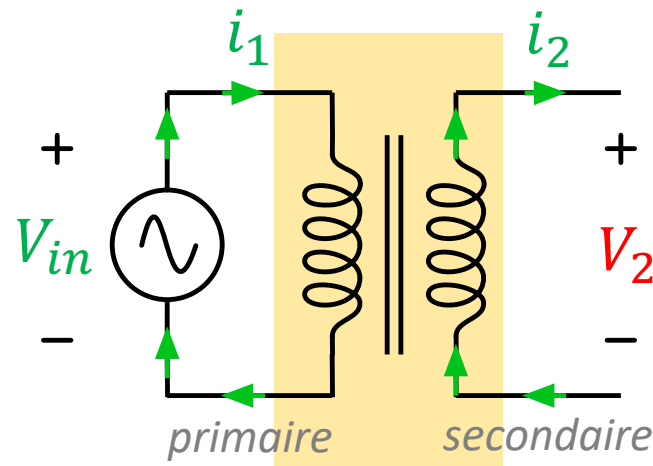
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Transformateur

Il fournit la tension alternative appropriée et une isolation par rapport à la terre.



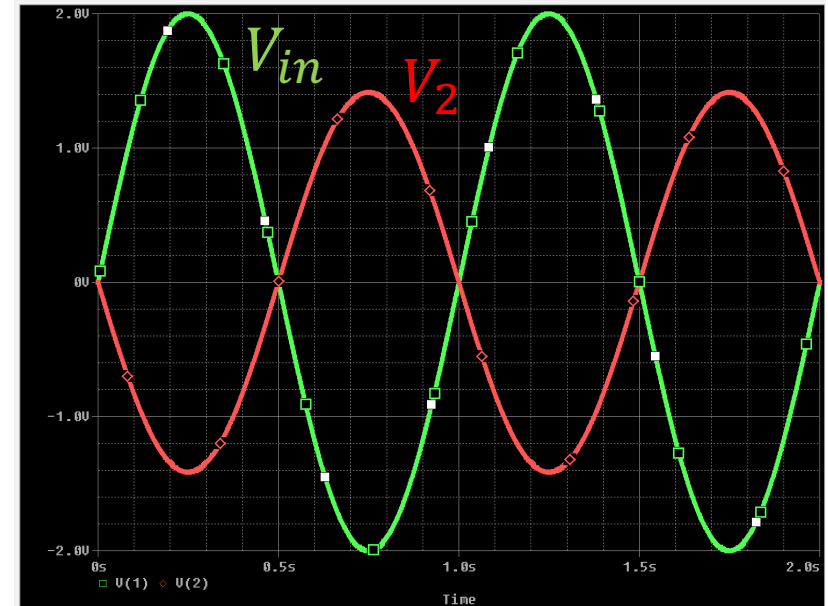
- V_{in}, i_1, N_1 = tension, courant et nombre de spires au primaire
- V_2, i_2, N_2 = tension, courant et nombre de spires au secondaire

Relation caractéristique du transformateur :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{in}}{V_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

Dans cet exemple :
 $N_2 < N_1 \Rightarrow V_2 < V_{in}$

Simulation spice



Rq: On observe que V_{in} et V_2 sont en opposition de phase (il en est de même pour les courants, cf cours de physique).

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

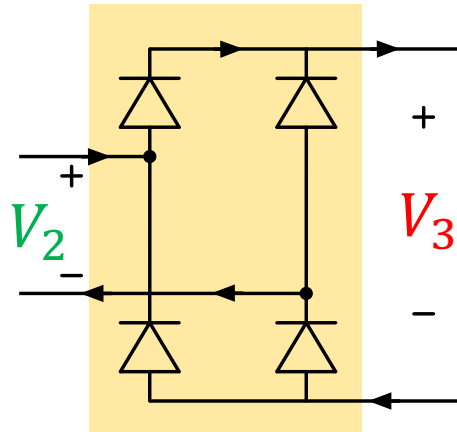
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

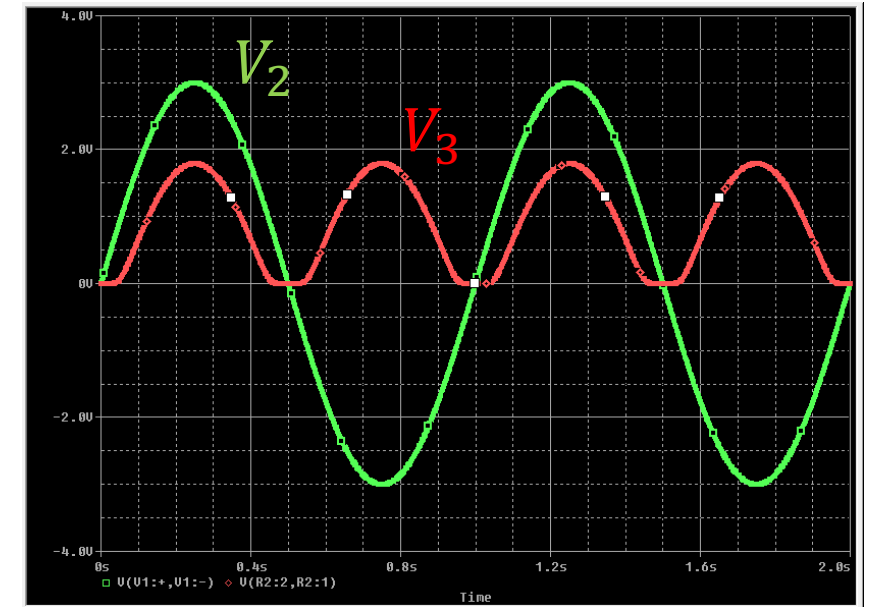
5. Convertisseur AC / DC

Redresseur double alternance

Il change la tension alternative en une tension continue redressée.



Simulation spice



Signal V_3 observable si charge en sortie reliée à une masse (cf diapo avec Graëtz)

- **Avantage** : Le pont de Graëtz permet de redresser les deux alternances du signal sinusoïdal, ce qui double l'efficacité par rapport aux redresseurs à simple alternance et fournit une tension de sortie plus stable.
- **Inconvénient** : Il provoque une chute de tension due aux deux diodes traversées à chaque demi-cycle, entraînant une légère perte d'énergie, ce qui peut être un problème dans des circuits à basse tension.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

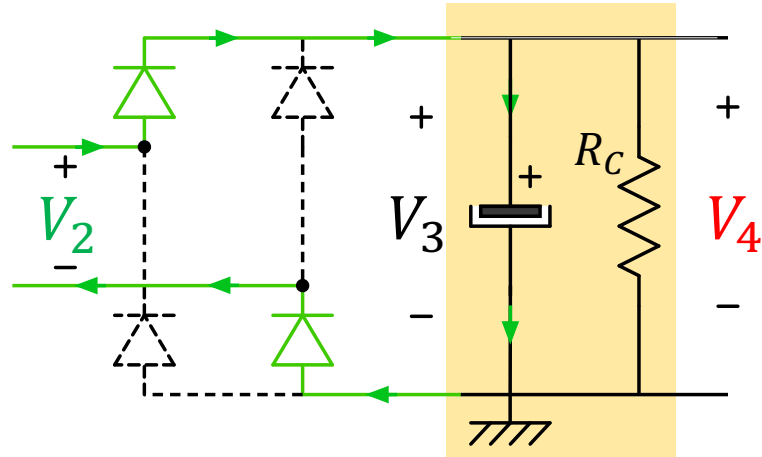
4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

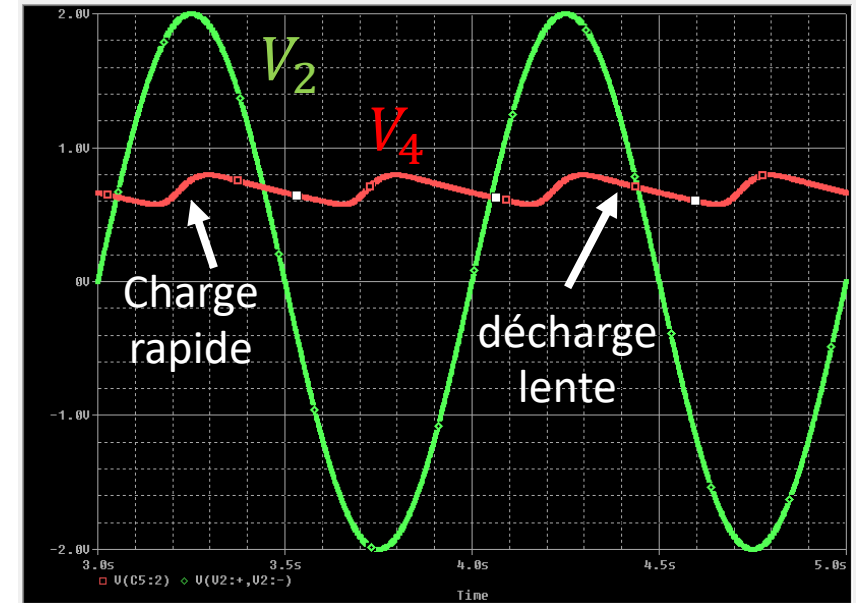
5. Convertisseur AC / DC

Filtre (ici filtre RC)

Le filtre consiste à placer en parallèle de la résistance de charge R_C un condensateur.



Simulation spice



- Lors d'une alternance positive, telle que sur le schéma, tant que le condensateur se charge celle-ci se fait instantanément et suit donc l'évolution de la tension V_3 issue du redressement double alternance.
- Mais, après avoir atteint le max de l'alternance positive la tension V_3 diminue plus rapidement que celle aux bornes du condensateur qui du coup se décharge dans la résistance. On observe une décharge du condensateur dans R_C avec une constante de temps $\tau = RC$. (Plus RC est grand, plus lente est la décharge et donc meilleur est le filtrage, d'où une grande capacité et donc utilisation d'un condensateur électrolytique)

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

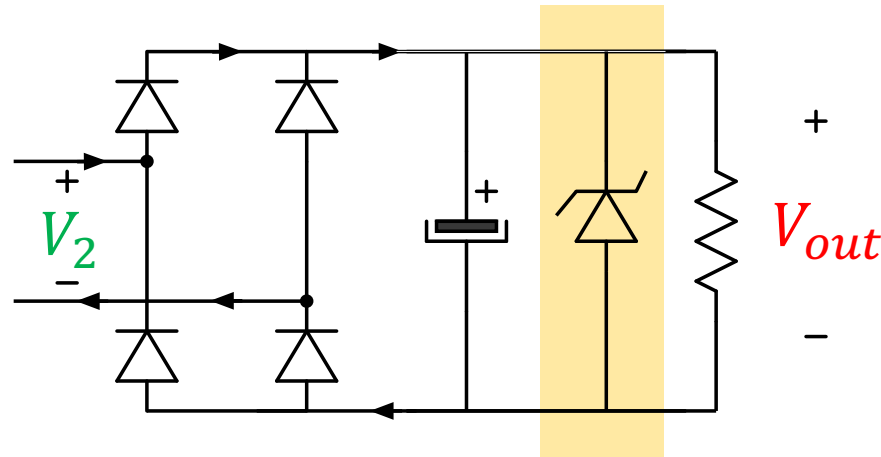
- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

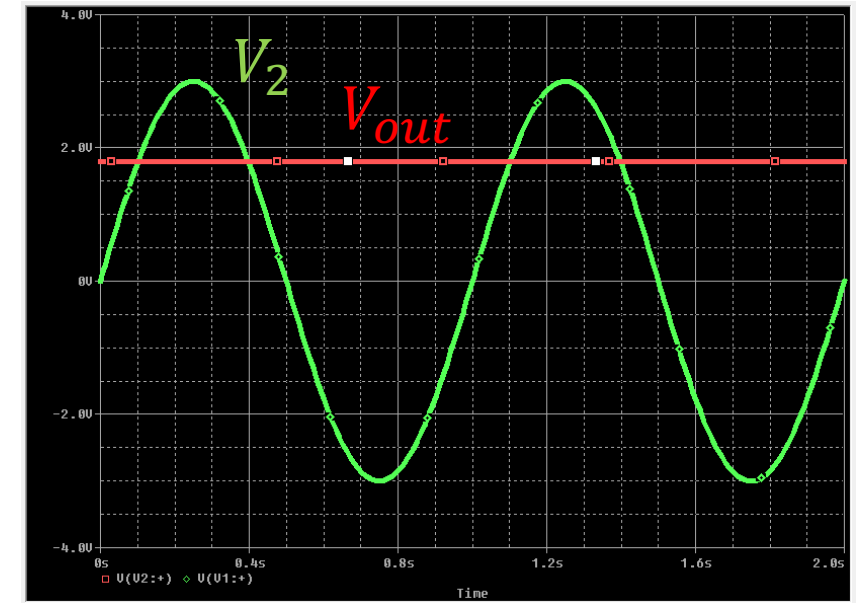
- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Régulateur de tension



Simulation spice



- Le régulateur de tension délivre une tension continue quasi-constante sur la résistance de charge.
- Il est constitué de composants discrets tels que la diode Zéner polarisée en inverse, par exemple, ou plus couramment maintenant par des circuits intégrés.

La diode

1. La diode à jonction PN

- A. Particularités
- B. Modèles
- C. Point de fonctionnement
- D. Composant

2. Les applications en DC

- A. Diode de protection
- B. Capteur de température

3. Les applications en AC

- A. Redressement de tension
- B. Ecrêtage
- C. Diode de roue libre
- D. Diode de détection

4. Les autres diodes

- A. Diode Zener
- B. Diode Schottky
- C. Diode Varicap
- D. L.E.D.

5. Convertisseur AC / DC

Fin du cours