

LA DIODE

Table des matières

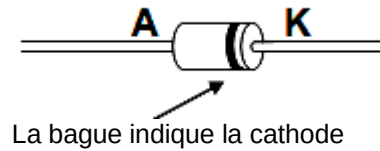
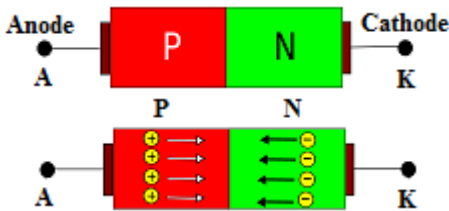
1. Présentation.....	2
2. Fonctionnement.....	2
3. Caractéristiques.....	3
3.1. Zone de claquage.....	4
3.2. Techniques.....	4
4. Exemples d'utilisation.....	6
4.1. Montage redresseur simple alternance.....	6
4.2. Montage redresseur double alternance.....	6
4.3. La diode Schottky.....	6
4.4. La diode Zener.....	6
4.5. La DEL.....	7
4.6. Caractéristiques des différentes diodes.....	8
5. La diode de roue libre.....	9
6. Exercices d'application.....	10
6.1. EXERCICE N°1.....	10
6.2. EXERCICE N°2.....	11
6.3. EXERCICE N°3.....	11
6.4. EXERCICE N°4.....	12
6.5. EXERCICE N°5.....	13
6.6. EXERCICE N°6.....	13
6.7. EXERCICE N°7.....	13
7. Test des diodes.....	14

La diode (du grec di deux, double ; odos voie, chemin) est un composant électronique non-linéaire et polarisé (ou non-symétrique). Le sens de branchement de la diode a donc une importance sur le fonctionnement du circuit électronique. C'est un dipôle qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens. Ce dipôle est appelé diode de redressement lorsqu'il est utilisé pour réaliser les redresseurs qui permettent de transformer le courant alternatif en courant unidirectionnel.



1. Présentation

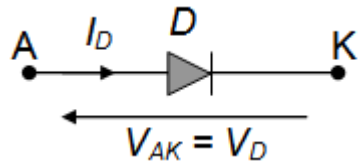
La diode est un dipôle à semi-conducteur (jonction PN). Les 2 bornes sont repérées anode « A » et cathode « K ».



Une diode est un élément ayant la propriété d'être conducteur pour un certain sens du courant et non conducteur pour l'autre sens.

La surface de séparation des régions de type P et N s'appelle une **jonction PN**.

Symbole électrique :



1N4004



Zener



Schottky



DEL

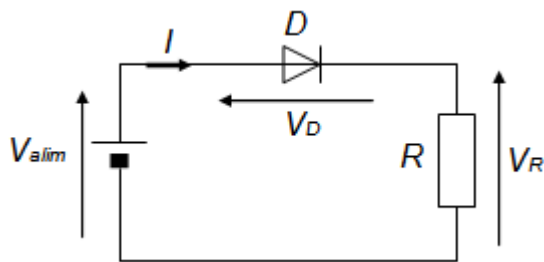
2. Fonctionnement

La diode est un composant dit de commutation qui possède 2 régimes de fonctionnement :

- Diode à l'état : Passant.
- Diode à l'état : Bloqué.

La diode peut ainsi commuter de l'état passant à l'état bloquée.

Polarisation de la diode en sens **direct**



D **passante**

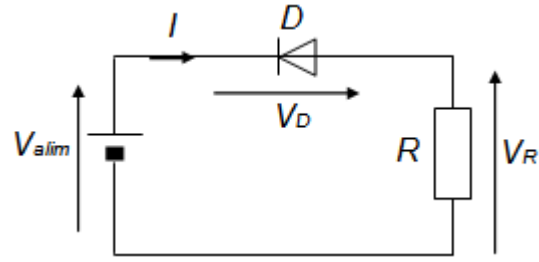
Loi des mailles : $V_{alim} - V_D - V_R = 0$

$$V_R = V_{alim} - V_D$$

$$R \cdot I = V_{alim} - V_D$$

$$I = \frac{V_{alim} - V_D}{R}$$

Polarisation de la diode en sens **indirect**



D **bloquée**

Aucun courant ne circule : $I = 0$

3. Caractéristiques

Le tableau suivante montre 4 caractéristiques de $I_D = f(V_D)$.

- Caractéristique Réelle.
- Caractéristique Semi-réelle.
- Caractéristique Classique.
- Caractéristique Idéale.

Remarques :

Suivant l'étude que l'on veut mener, on prendra l'une ou l'autre de ces caractéristiques. En règle générale, la caractéristique Classique est la plus souvent utilisée pour effectuer des calculs.

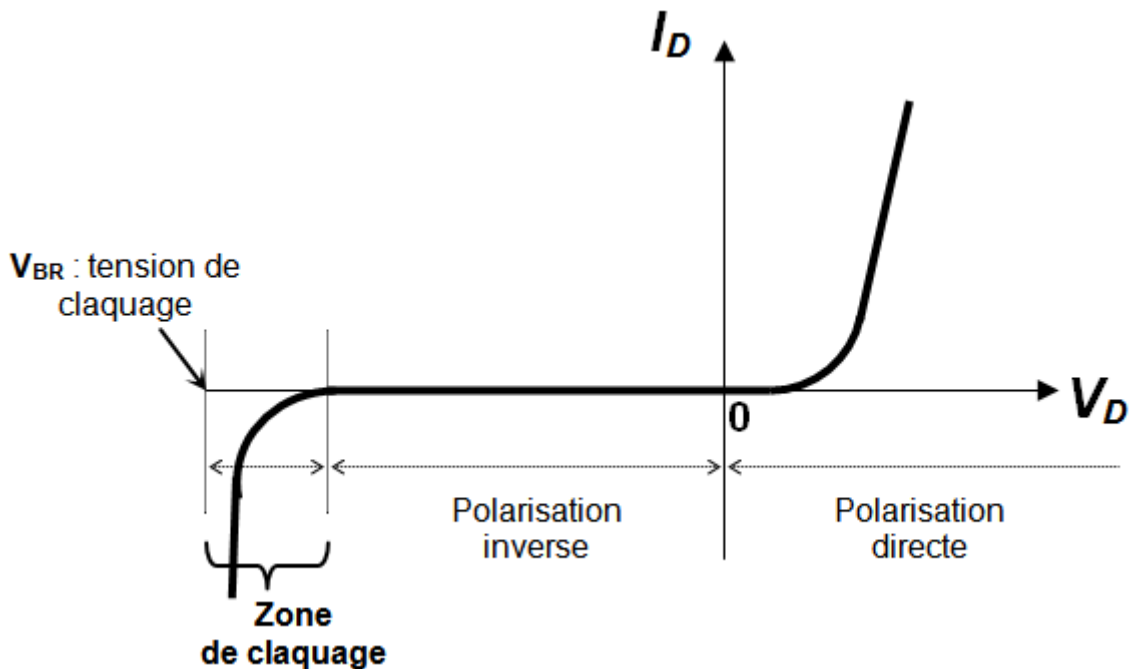
La caractéristique Idéale s'utilise plutôt pour analyser un fonctionnement.

Modèle	Caractéristiques	Schéma équivalent	Utilisation
Réel			Ne s'utilise que pour déterminer le point de fonctionnement d'un montage.
Semi réel		<p>$V_D = V_{seuil} + R_D \cdot I_D$</p>	Pour l'étude dynamique des petits signaux.

Classique		<p>D passante</p> <p>$V_D = V_{seuil}$ $V_{seuil} \approx 0,6V$</p>	<p>Pour calculer simplement les courants et tensions dans une maille.</p>
Idéal		<p>D bloquée : $I_D = 0$</p> <p>D passante : $V_D = 0$</p>	<p>Modèle le plus simple à utiliser. $V_D \leq 0$: D bloquée $I_D = 0$ $V_D = 0$: D passante $I_D \neq 0$</p>

3.1. Zone de claquage

Si la tension inverse (tension $-V_D$) aux bornes de la diode devient trop importante, il y a un risque de destruction de la diode par échauffement de la jonction PN. Les constructeurs précisent la tension de claquage inverse ; elle correspond à la tension maximum que peut supporter une diode en polarisation inverse.



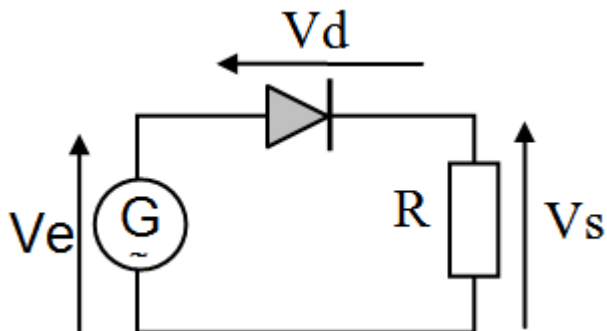
3.2. Techniques

	Dénomination	Notation documentation constructeur	Valeur typique
Vseuil	Tension de seuil de la diode	VF (F pour Forward : direct)	$\approx 0.6 V$
Idmax	Courant direct maximum	IF (F pour Forward : direct)	

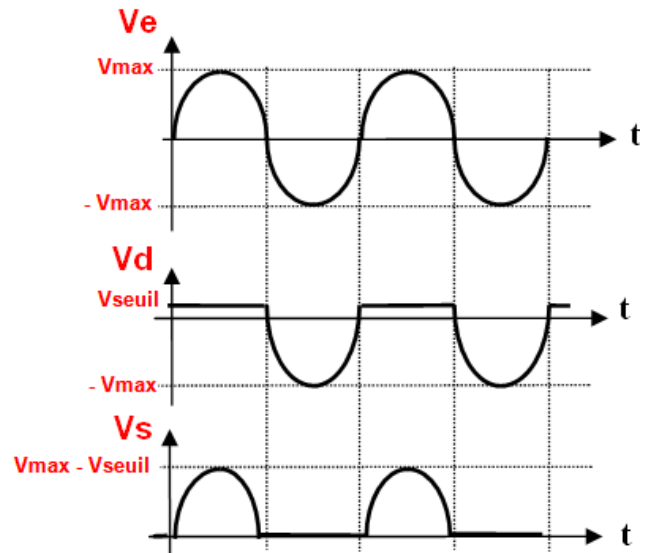
	que peut supporter la diode.	<p>IF : valeur continue maximale supportable par la jonction.</p> <p>IFM : valeur crête maximale supportable par la jonction.</p> <p>IFRM : valeur pointe maximale répétitive supportable par la jonction.</p> <p>IFSM : valeur maximale de surcharge accidentelle non répétitive supportable par la jonction.</p> <p>IFAV : valeur moyenne maximale supportable par la jonction.</p>	
V _{rmax}	Tension inverse maximale que peut supporter la diode.	<p>VR (R pour Reverse : inverse)</p> <p>VR : valeur continue maximale supportable par la jonction.</p> <p>VRM : valeur crête maximale supportable par la jonction.</p> <p>VRRM : valeur pointe maximale répétitive supportable par la jonction.</p> <p>VRSM : valeur maximale de surcharge accidentelle non répétitive supportable par la jonction.</p>	
t _{rr}	Temps de recouvrement inverse. Temps nécessaire à la diode pour passer de l'état passant à l'état bloqué.	t _{rr}	
t _{dr}	Temps de recouvrement direct. Temps nécessaire à la diode pour passer de l'état bloqué à l'état passant.	t _{dr}	

4. Exemples d'utilisation

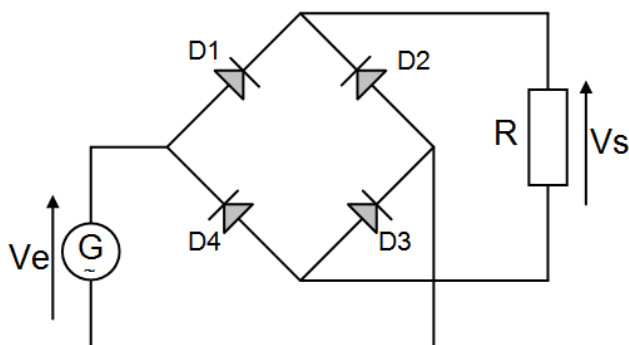
4.1. Montage redresseur simple alternance



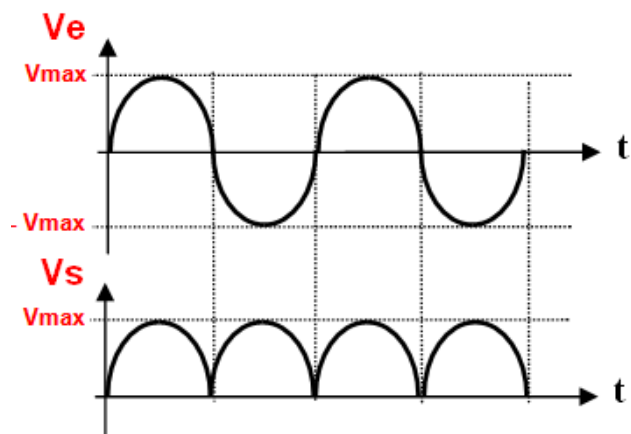
Utilisation de la caractéristique « classique » de la diode.



4.2. Montage redresseur double alternance



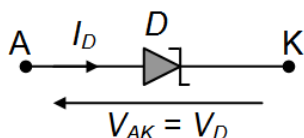
Les diodes sont considérées idéales.



4.3. La diode Schottky

Avantage : tension de seuil moins importante et temps de commutation plus rapide t_{dr} (t_{rr} pratiquement nul). Ces diodes sont utilisées en haute fréquence. Les constructeurs précisent généralement la fréquence maximale d'utilisation.

Symboles :

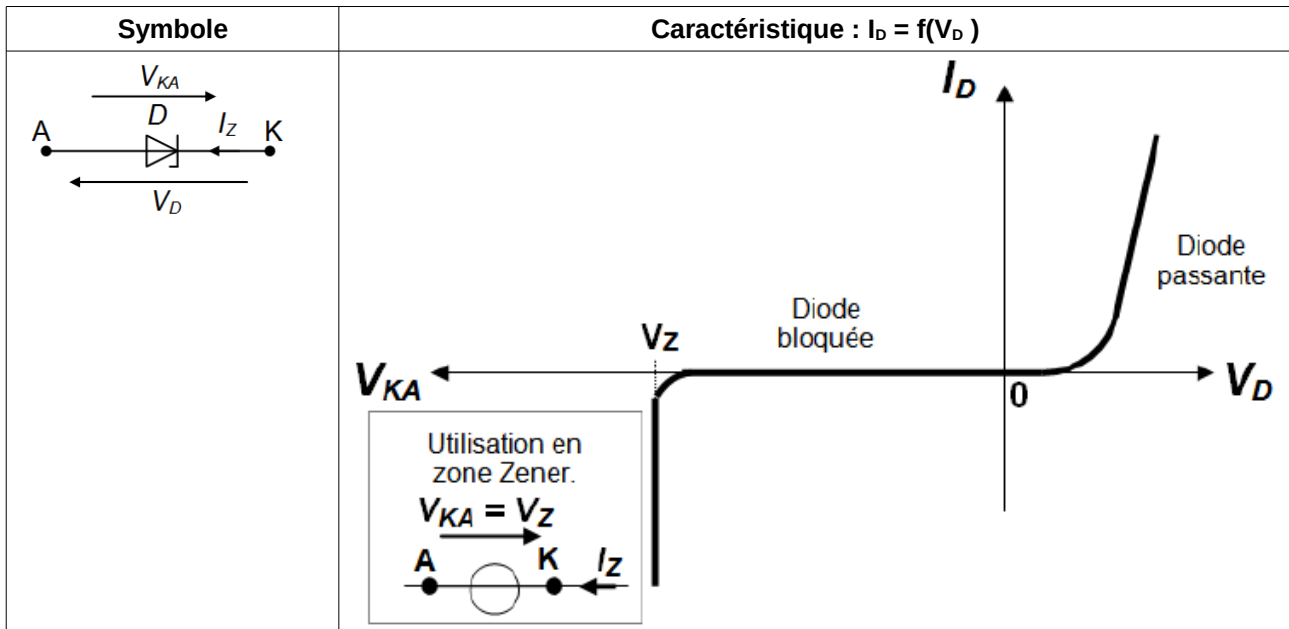


4.4. La diode Zener

Dans le sens direct (V_D et I_D positifs) cette diode présente la même caractéristique qu'une autre diode. Elle s'utilise dans la polarisation inverse où les notations changent et deviennent $V_{KA} = -V_D$ et $I_Z = -I_D$.

Dans ce sens, cette diode ne présente pas de zone de claquage :

- Si $V_{KA} < V_Z$, alors $I_Z = 0$ (interrupteur ouvert).
- Sinon $V_{KA} = V_Z$, quel que soit le courant I_Z le traversant.



V_Z est appelée **tension ZENER**. Les constructeurs précisent la valeur de la tension ZENER :

0,78 à 200 V (plage de variation de la tension de Zener).

La valeur maximale I_{Zmax} du courant I_Z pouvant traverser la diode et la puissance dissipée :

$P_Z = V_Z \cdot I_Z$ dans la zone Zener sont aussi des caractéristiques de choix importantes.

Remarques :

La valeur de V_Z tension de Zener est fortement dépendante de la température de la diode. On note le coefficient ΔV_Z en (%/°C) fixant en pourcentage la variation de la tension de référence V_Z en fonction de la température. Il existe des procédés électroniques de compensation en température de la jonction de la diode.

Utilisations :

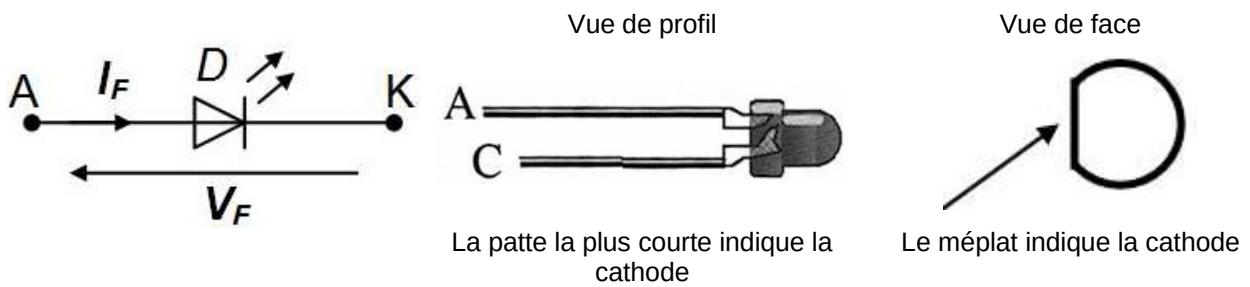
Les diodes ZENER sont appréciées pour leur tension V_Z stable. On les trouve souvent associées à des fonctions de :

- référence de tension ;
- écrêtage d'une tension ;
- alimentation continue de petite puissance.

4.5. La DEL

La DEL (diode électro-luminescente) est un dipôle jonction PN, qui lorsqu'il est polarisé en direct, émet une lumière de couleur précise (rouge, vert, jaune, ...).

Symbole et vues :

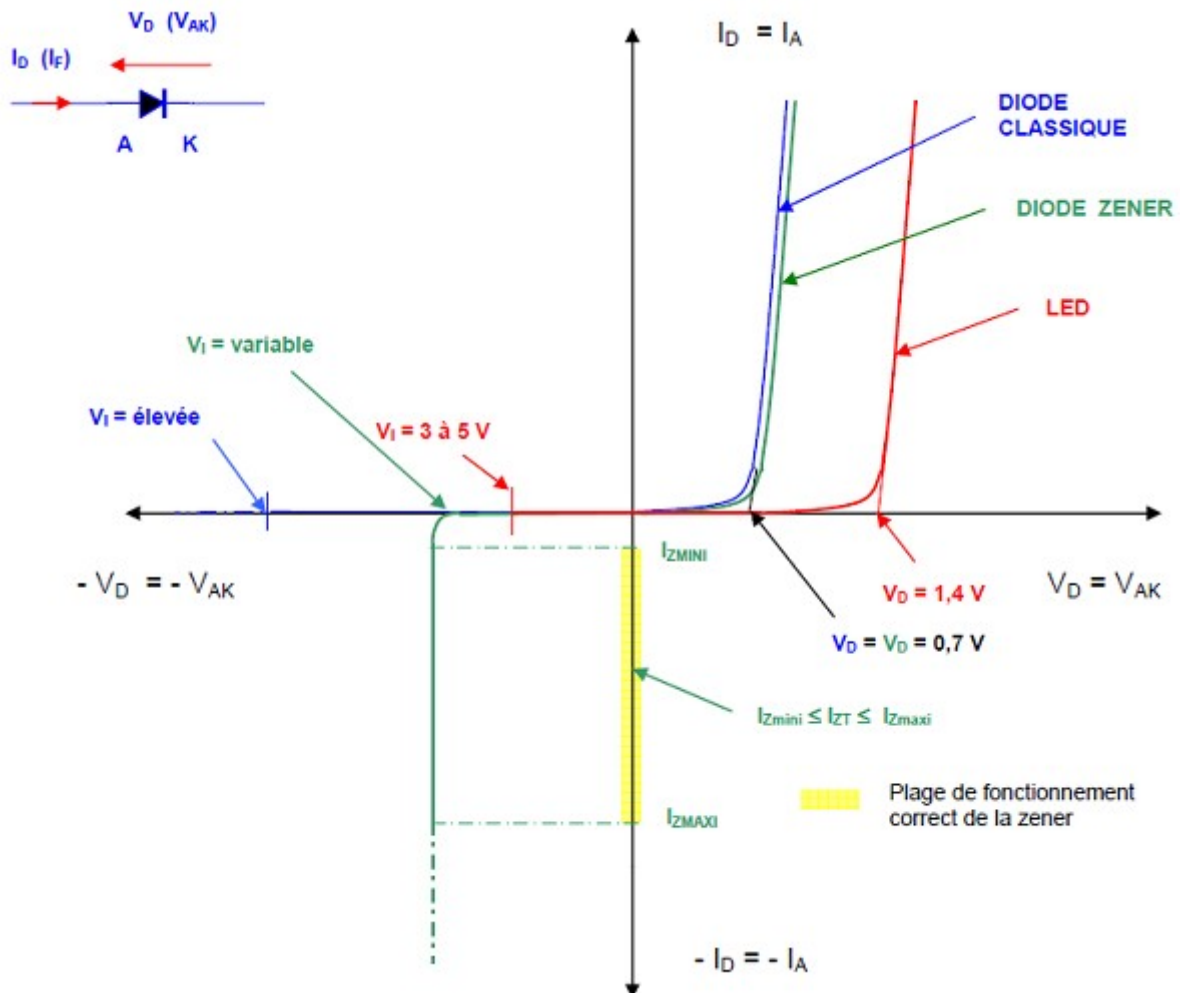


Les valeurs caractéristiques sont :

- I_F : courant de polarisation direct de la diode.
- V_F : tension de polarisation directe de la diode.

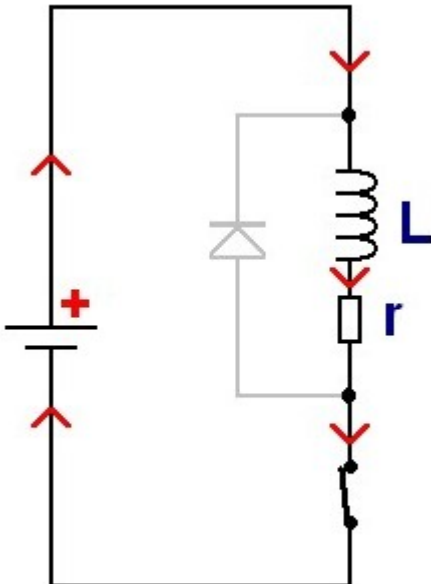
Attention : polarisée en inverse, les DEL ne supportent pas plus de +5V.

4.6. Caractéristiques des différentes diodes



5. La diode de roue libre

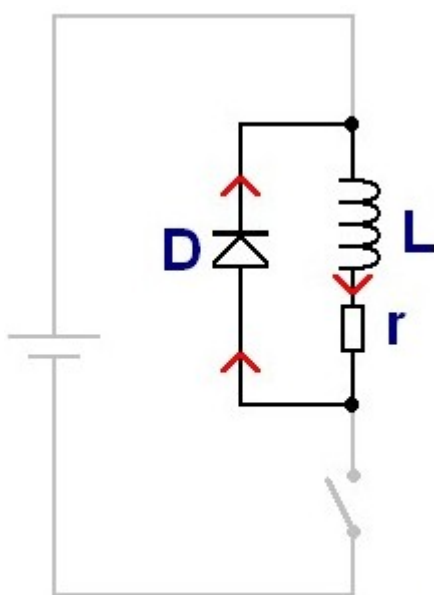
Le courant dans une inductance ne peut pas être coupé brutalement sinon une surtension dangereuse apparaît. Pour y remédier, on place une diode, dite diode de roue libre, en parallèle avec l'inductance :



K fermé

L'interrupteur K est fermé, le courant s'établit dans l'inductance L et est limité par la résistance r en régime établi. Par exemple, pour une bobine de relais 12V standard, la résistance se situe autour de 350 Ohms, ce qui limite le courant à 35mA environ ($12V/350\text{Ohms}$).

La diode de roue libre est bloquée. Elle voit en inverse la tension d'alimentation à ses bornes, mais aucun courant ne la traverse.



K ouvert

L'interrupteur vient juste de s'ouvrir. Le courant qui circule dans l'inductance trouve un chemin dans la diode qui devient passante. Aux bornes de l'inductance, la tension change brutalement pour assurer la continuité du courant. Ce changement de tension est spontané. Si on néglige la tension aux bornes de la diode, la constante de temps vaut L/r , comme à l'établissement du courant lorsqu'on ferme K.

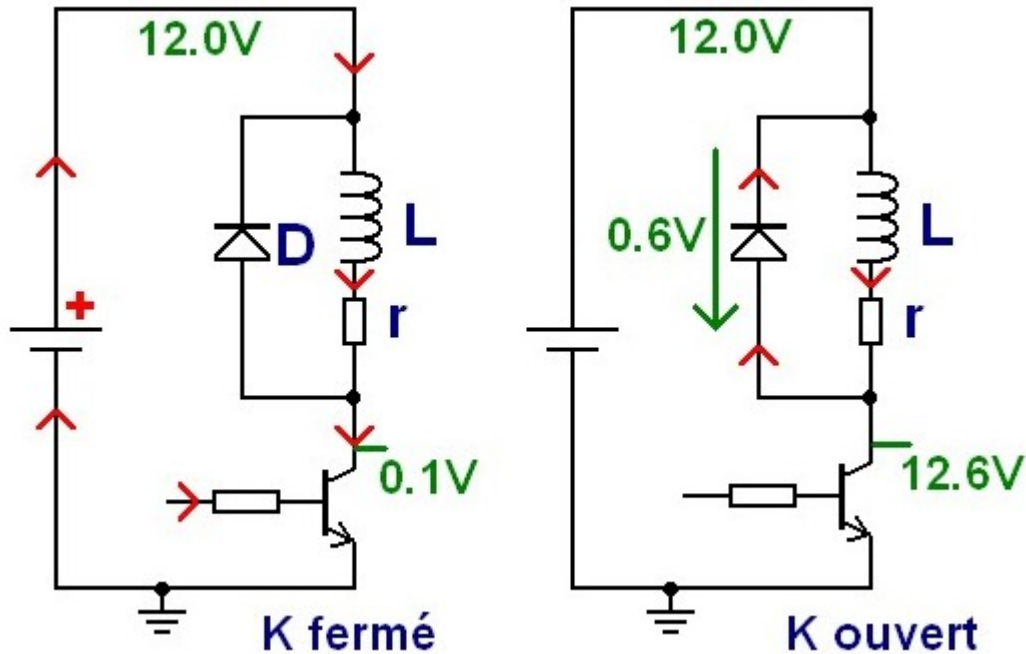
La diode de roue libre doit supporter en tension la tension d'alimentation. Si on pilote un moteur ou un relais en 24V, la diode doit supporter au moins 24V, mais il faut prendre une marge pour la fiabilité.

La diode de roue libre doit supporter en courant le courant circulant dans l'inductance. En effet, juste à l'ouverture du transistor, 100% du courant de l'inductance va dans la diode de roue libre.

Pour la commande de relais, la diode 1N4148 classique est idéale (100V, 200mA).

Exemple : commande d'un relais 12V

On souhaite commander un relais 12V avec un transistor NPN . Lorsque le transistor est passant (saturé), c'est presque un fil. La tension à ses bornes (V_{cesat}) vaut 0.1V environ. Le relais fait contact et voit $12V - 0.1V = 11.9V$ à ses bornes :



Quand on ouvre le transistor, la diode de roue libre D entre en conduction. La tension à ses bornes vaut environ 0.6V. Le potentiel du collecteur monte alors à 12.6V jusqu'à la fin du passage du courant. Quand il n'y a plus de courant dans la bobine, le potentiel du collecteur vaut à nouveau 12V précisément et la diode de roue libre est bloquée. Il ne se passe alors plus rien.

6. Exercices d'application

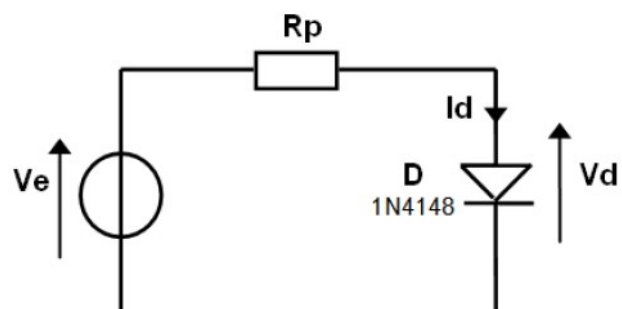
Remarque : pour les exercices ci-après, on considérera que les diodes sont parfaites.

6.1. EXERCICE N°1

Soit le schéma ci-contre.

On donne $V_e = +5V$, $R_p = 1K\Omega$ et $V_{Seuil} = 0,6 V$.

Déterminer la valeur du courant I_d .



$$V_e - U_{Rp} - V_d = 0 \text{ V}$$

$$U_{Rp} = V_e - V_d = 5,0 - 0,6 = 4,4 \text{ V}$$

$$U_{Rp} = R_p \times I_d$$

$$I_d = \frac{UR_p}{R} = \frac{4,4}{1000} = 4,4 \text{ mA}$$

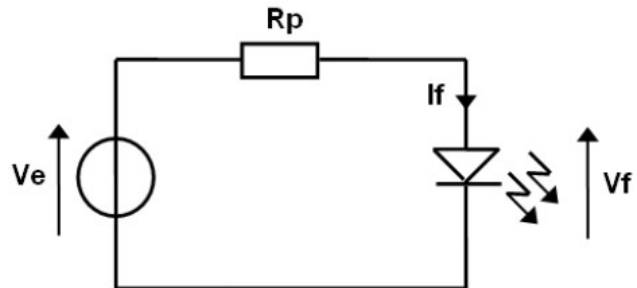
6.2. EXERCICE N°2

Soit le schéma ci-contre.

Sachant que les valeurs I_f et V_f standards des DELs rouges $\varnothing 5 \text{ mm}$ sont :

- $I_f = 10 \text{ mA}$
- $V_f = 1,6 \text{ V}$ et que $V_e = +5\text{V}$

Déterminer la valeur de la résistance R_p permettant de polariser correctement la DEL.



$$V_e - UR_p - V_f = 0 \text{ V}$$

$$UR_p = V_e - V_f = 5,0 - 1,6 = 3,4 \text{ V}$$

$$UR_p = R_p \times I_f$$

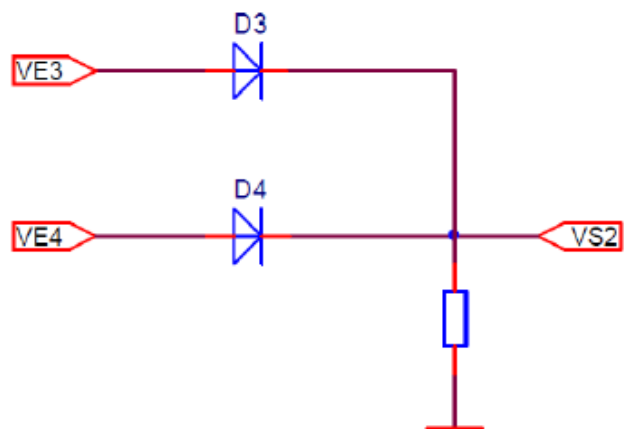
$$R_p = \frac{UR_p}{I_f} = \frac{3,4}{10 \cdot 10^{-3}} = 340 \Omega$$

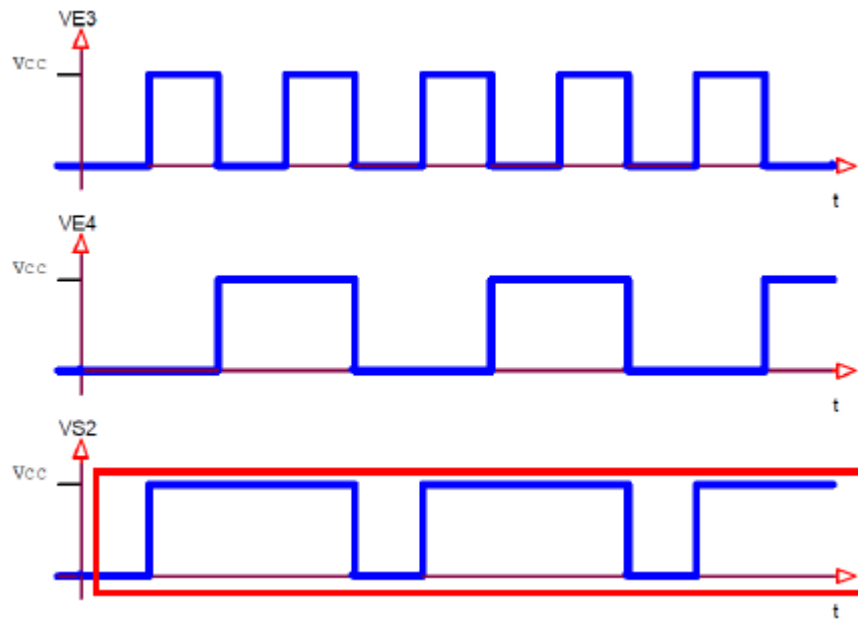
6.3. EXERCICE N°3

Soit le schéma ci-contre.

1. Compléter le chronogramme (VS_2) ci-contre.
2. Donner le nom de la fonction logique réalisée.

Remarque : $V_{cc} \geq V_{D3\text{seuil}}$ et $V_{D4\text{seuil}}$



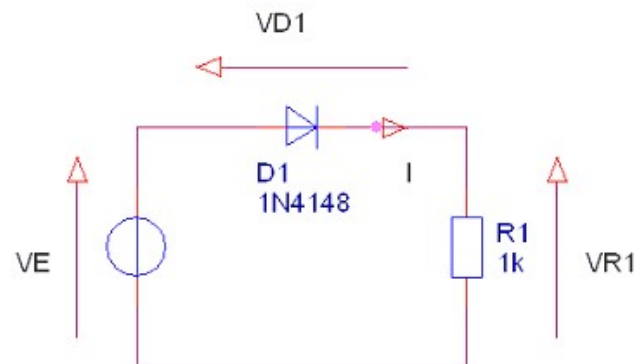


C'est une fonction OU.

6.4. EXERCICE N°4

Soit le schéma ci-contre.

1. Flécher sur le schéma, la tension VR1 (aux bornes de R1) et le courant I (dans le sens positif lorsqu'il existe).
2. Sachant que $VD1_{seuil} = 0,7 \text{ V}$:
Quelle est la valeur de VE si la diode est bloquée ?
3. Pour $VE = -5 \text{ V}$ et $R1 = 1\text{k}\Omega$:
Calculer la valeur de I.
4. Pour $VE = 1 \text{ V}$:
Calculer les valeurs de I et VR1.



1. $VE - VD1 - (R1.I) = 0$
On fait $I = 0$
 $VE = VD1$
 - La diode est bloquée si $VD1 < 0,7 \text{ V}$
 - La diode est passante si $VE \geq 0,7 \text{ V}$
2. $VE = -5 \text{ V}$ donc $< 0,7 \text{ V}$ la diode D1 est bloquée, donc $I = 0$ et $VR1 = R1.I = 1000 \times 0 = 0 \text{ V}$.
3. Pour $VE = 1 \text{ V} \geq 0,7 \text{ V}$ la diode D1 est passante.
 $VE - VD1 - (R1.I) = 0$
 $VE = VD1_{seuil} + (R1.I)$

$$I = \frac{V_E - V_{D1 \text{ seuil}}}{R_1} = \frac{1 - 0,7}{1000} = 0,0003 \text{ A} = 0,3 \text{ mA}$$

4. $V_{R1} = V_E - V_{D1} = 1,0 - 0,7 = 0,3 \text{ V}$

6.5. EXERCICE N°5

Soit le schéma d'un chargeur de batterie ci-contre et les caractéristiques suivantes :

$V_{D1 \text{ seuil}} = 0,7 \text{ V}$; $V_{\text{Bat}} = 12 \text{ V}$

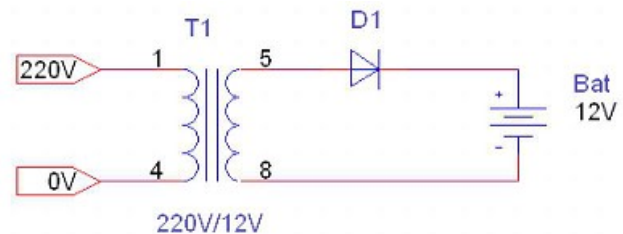
La batterie étant déchargée, on a $V_{\text{Bat}} = 10 \text{ V}$.

Calculer la tension V_{D1} .

$V_E - V_{D1} - V_{\text{Bat}} = 0$

$V_{D1} = V_E - V_{\text{Bat}} = 12 - 10 = 2 \text{ V}$

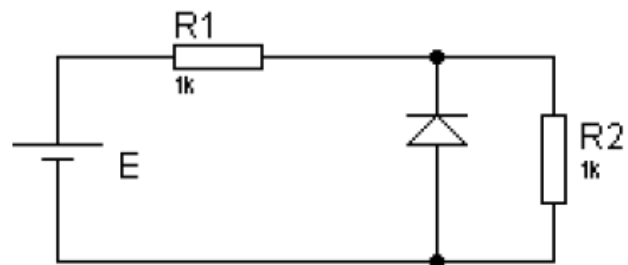
$V_{D1} = 2 \text{ V} \geq 0,7 \text{ V}$ donc la diode est passante.



6.6. EXERCICE N°6

Soit le schéma ci-contre :

Calculer V_{R2} si $E = +5 \text{ V}$ et $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$.



Pour $E = +5 \text{ V}$: La diode n'est pas passante.

$$I = \frac{5}{2000} = 0,0025 \text{ A} = 2,5 \text{ mA}$$

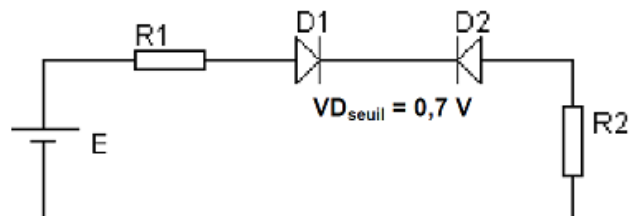
$V_{R2} = 1000 \times 0,0025 = 2,5 \text{ V}$

6.7. EXERCICE N°7

Soit le schéma ci-contre :

Calculer V_{R2} dans les cas suivants :

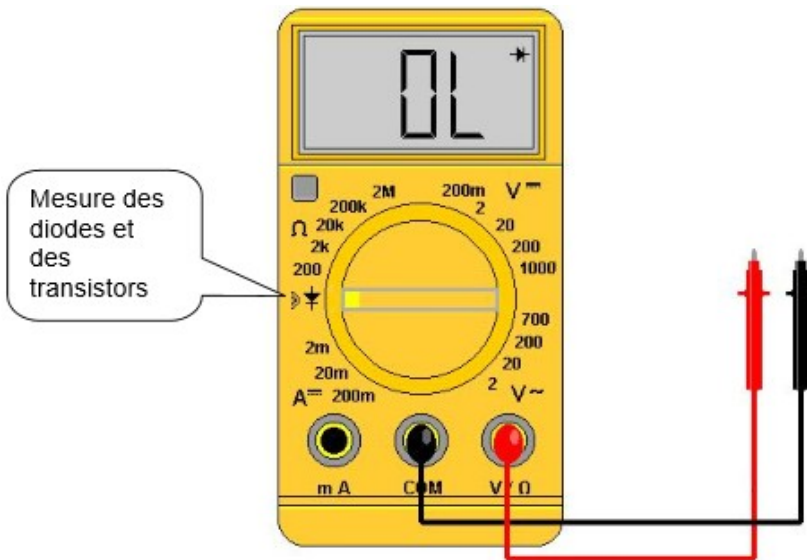
$E = +5 \text{ V}$; $E = -5 \text{ V}$ avec $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$.



- Pour $E = +5 \text{ V}$: La diode D_2 n'est pas passante. $V_{R2} = 0$
- Pour $E = -5 \text{ V}$: La diode D_1 n'est pas passante. $V_{R2} = 0$

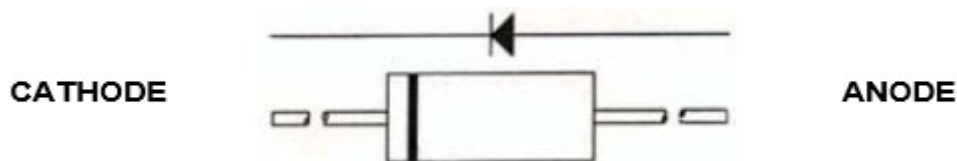
7. Test des diodes

Pour tester une diode, il vous faut un "multimètre" avec une position de mesure des diodes. Une diode "laisse passer" le courant dans un seul sens.



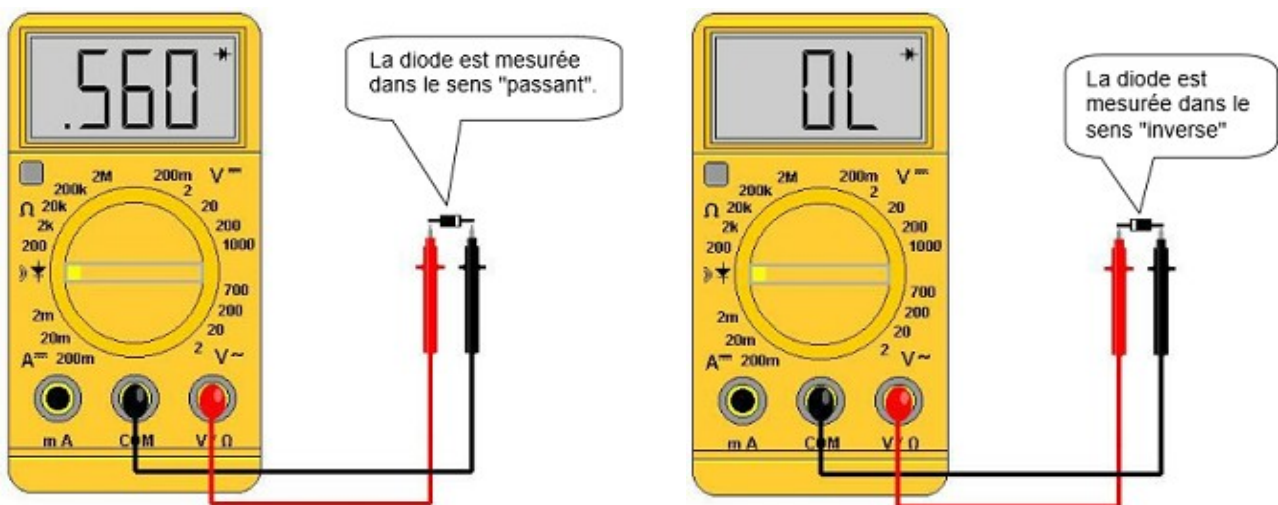
Pour faire la mesure, utiliser la position " diode " du multimètre.

Une diode laisse passer le courant dans un seul sens : de l'anode vers la cathode. Sur le composant, la cathode est repérée par un trait de peinture :



La valeur lue varie suivant le composant et l'appareil de mesure mais est souvent aux alentours de 0,6 (0,560 dans notre cas).

Cette valeur aux alentours de 0,6 est pour une diode silicium (1N4004 par exemple), pour une diode au germanium (1N270) cette valeur est de l'ordre de 0,2.



Quand le courant ne passe pas, le multimètre indique "OL" ou "--" (deux tirets) ou bien encore "1 ". Dans tous les cas cet affichage correspond au "dépassement de capacité", c'est-à-dire que la va leur à

mesurer est plus grande que la valeur maximale du calibre (de la gamme de mesure) en cours d'utilisation.