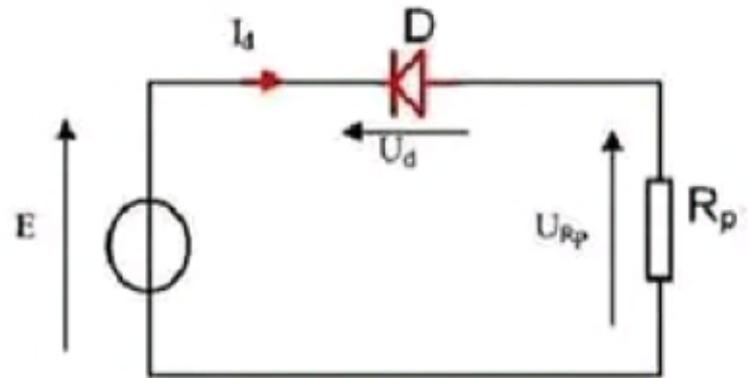
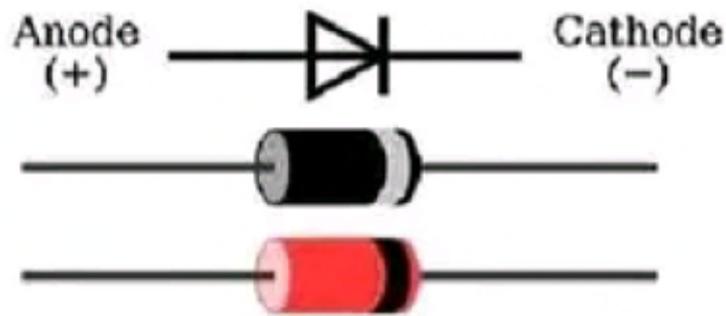


# LES DIODES



## Objectifs du cours :

Ce cours traitera essentiellement les points suivants :

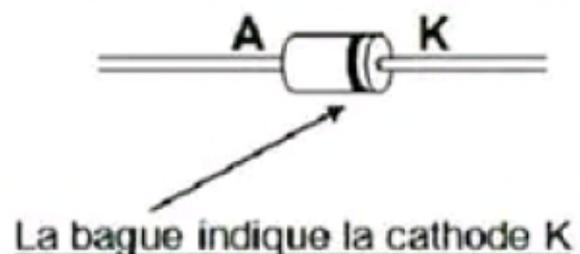
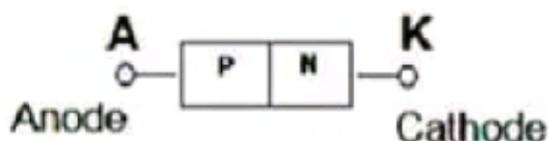
- présentation et symbolisation de la diode
- fonctionnement et caractéristiques
- exemples d'utilisation
- la diode SCHOTTKY
- la diode ZENER
- la diode DEL
- exercices d'application

## 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**.



## SYMBOLISATION



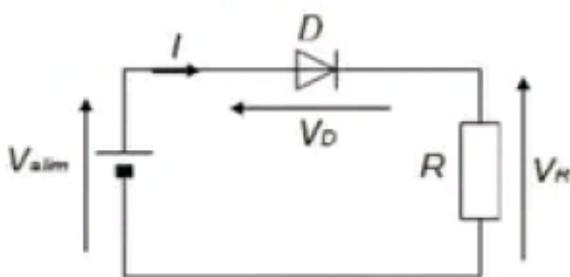
## FONCTIONNEMENT

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.

Circuit de polarisation de la diode D :  
**sens DIRECT**

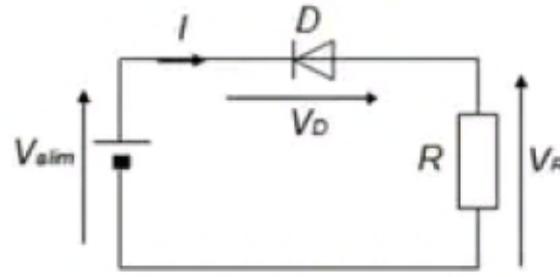


La diode D est **passante.**

Calcul du courant I :

$$\begin{aligned} \text{Loi des mailles : } V_{alim} - V_D - V_R &= 0 \\ V_R &= V_{alim} - V_D \\ I \times R &= V_{alim} - V_D \\ I &= \frac{V_{alim} - V_D}{R} \end{aligned}$$

Circuit de polarisation de la diode D :  
**sens INVERSE**



La diode D est **bloquée.**

Calcul du courant I :

$$\begin{aligned} \text{La diode est polarisée en inverse.} \\ \text{Aucun courant I ne circule.} \\ I &= 0 \text{ A} \end{aligned}$$

## CARACTÉRISTIQUES

$$I_D = f(V_D)$$

Le tableau (page 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.

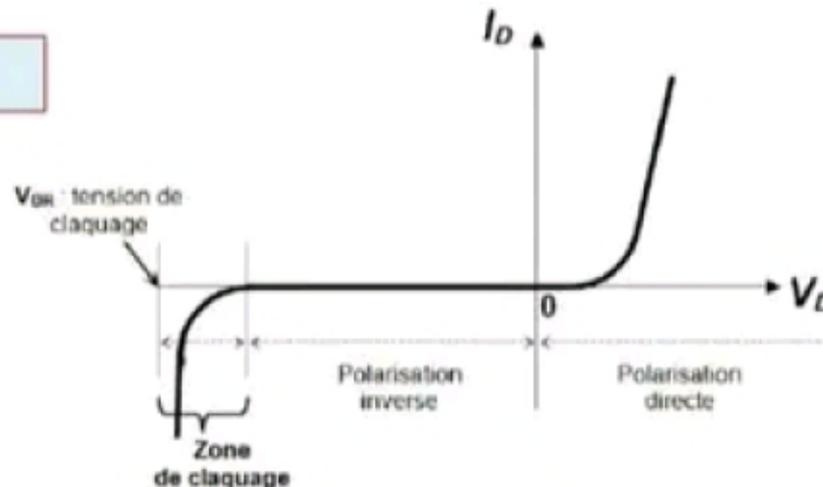
Modèle	Caractéristique	Schéma équivalent	Utilisation
<b>Réelle</b>			Peu pratique à utiliser. Ne s'utilise que pour déterminer graphiquement le point de fonctionnement d'un montage.
<b>Semi-réelle</b>		<p><u>Diode passante :</u>  <math>V_D = V_{seuil} + R_D \cdot I_D</math>  <math>R_D</math> : Résistance dynamique</p>	Pour l'étude dynamique de petits signaux.
<b>Classique</b>		<p><u>Diode passante :</u>  <math>V_D = V_{seuil}</math></p> <p><math>V_{seuil}</math> : tension de seuil de la diode (<math>\approx 0.6 V</math>)</p>	Utilisé afin de calculer de façon simple les courants et tensions dans une maille.
<b>Idéale</b>		<p><u>Diode bloquée :</u>  <math>I_D = 0</math></p> <p><u>Diode passante :</u>  <math>V_D = 0</math></p>	Modèle le plus simple à utiliser. La diode est considérée comme idéale : Si $V_D < 0$ : diode bloquée : $I_D = 0$ . Si $V_D = 0$ : diode passante : $I_D \neq 0$ .



## 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.

### BR (BReakdown)

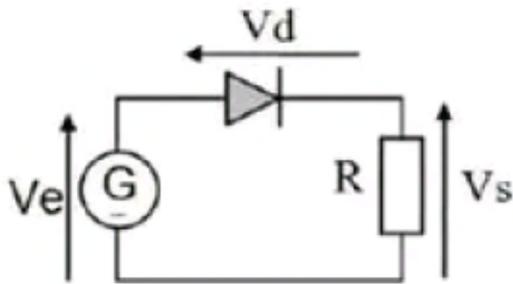


## TECHNIQUES

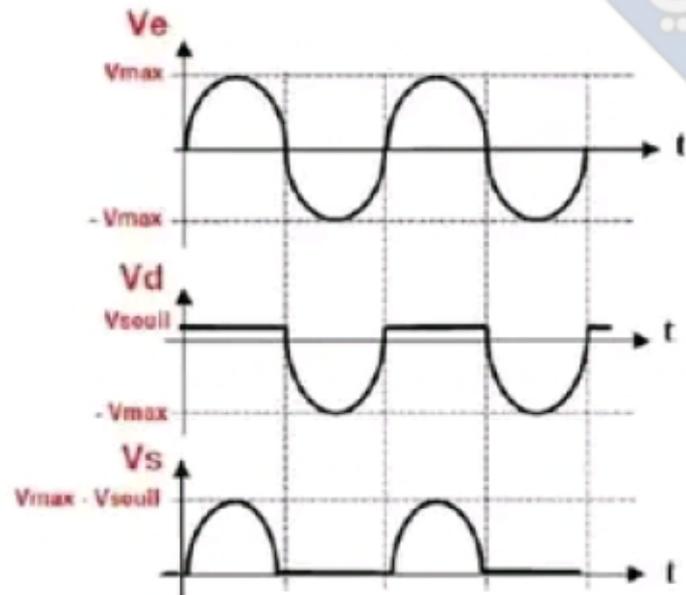
	Dénomination	Notation documentation constructeur	Valeur typique
$V_{Seuil}$	Tension de seuil de la diode	$V_F$ (F pour Forward : direct)	$\approx 0.6 V$
$I_{Dmax}$	Courant direct maximum que peut supporter la diode.	$I_F$ (F pour Forward : direct) $I_F$ : valeur continue maximale supportable par la jonction. $I_{FM}$ : valeur crête maximale supportable par la jonction. $I_{FRM}$ : valeur pointe maximale répétitive supportable par la jonction. $I_{FSM}$ : valeur maximale de surcharge accidentelle non répétitive supportable par la jonction. $I_{FAV}$ : valeur moyenne maximale supportable par la jonction.	
$V_{Rmax}$	Tension inverse maximale que peut supporter la diode.	$V_R$ (R pour Reverse : inverse) $V_R$ : valeur continue maximale supportable par la jonction. $V_{RM}$ : valeur crête maximale supportable par la jonction. $V_{RRM}$ : valeur pointe maximale répétitive supportable par la jonction. $V_{RSM}$ : valeur maximale de surcharge accidentelle non répétitive supportable par la jonction.	
$t_{rr}$	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.	$t_{dr}$	

## EXEMPLES D'UTILISATION

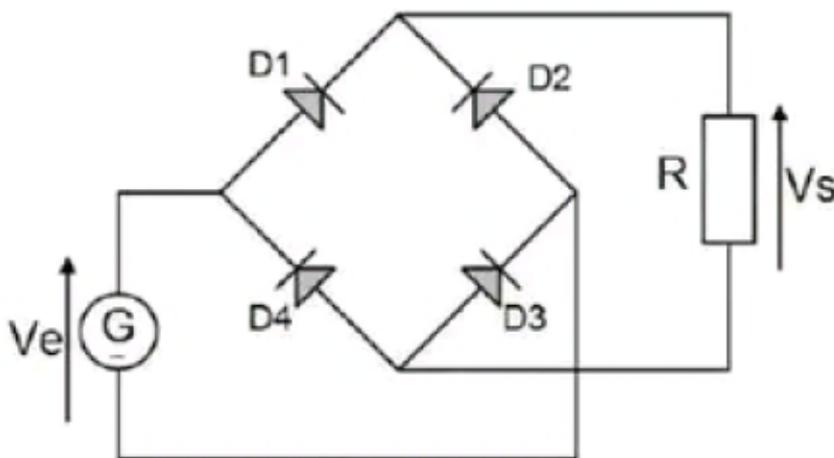
### MONTAGE REDRESSEUR SIMPLE ALTERNANCE



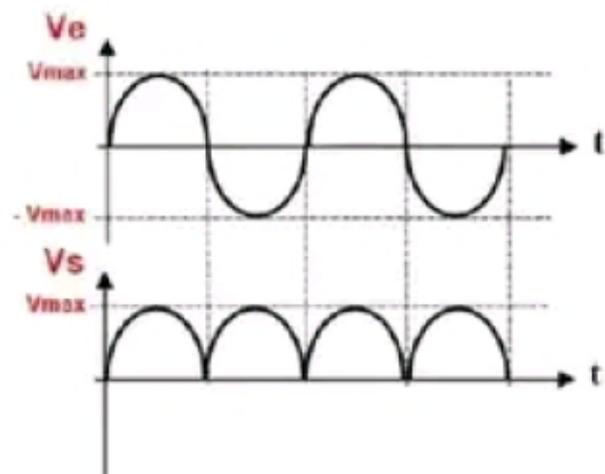
Utilisation de la caractéristique « classique » de la diode.



### MONTAGE REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE



Les diodes D1 à D4 sont considérées comme idéales.



## LA DIODE SHOTTKY

**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** :



## LA DIODE ZENER

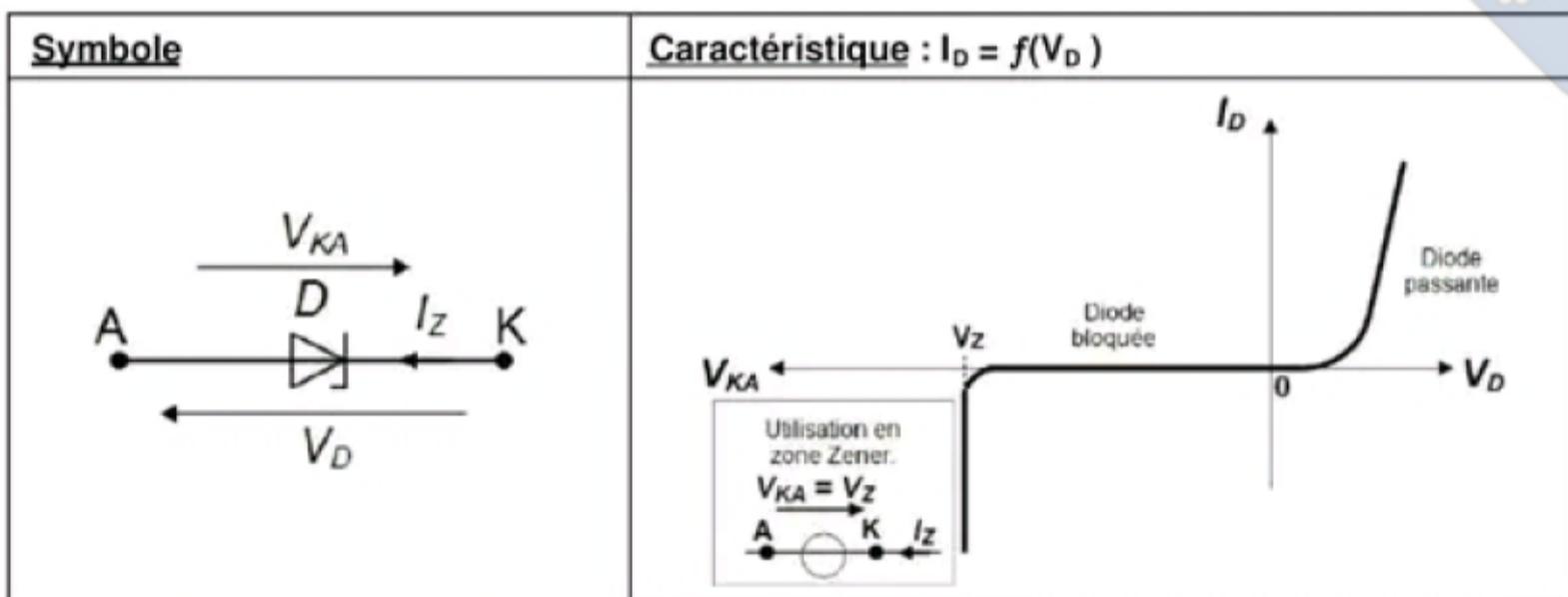
Dans le sens direct ( $V_D$  et  $I_D$  positifs) cette diode présente la même caractéristique qu'une autre diode.

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 :

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

### Remarques :

La valeur de  $V_Z$  tension de Zéner est fortement dépendante de la température de la diode. On note le coefficient  $\Delta V_Z$  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 :

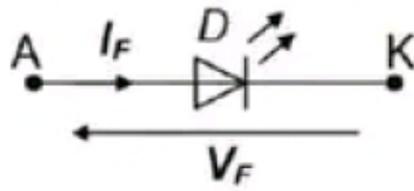
Les diodes ZENER sont appréciées pour leur tension  $V_Z$  stable. On les trouve souvent associées à des fonctions de :

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

## LA DIODE 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 :**



La patte la plus courte indique la cathode



Le méplat indique la cathode

Les valeurs caractéristiques sont :

$I_F$  : courant de polarisation direct de la diode.

$V_F$  : tension de polarisation directe de la diode.

} voir données constructeur

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

## EXERCICES D'APPLICATION

**Remarque :**

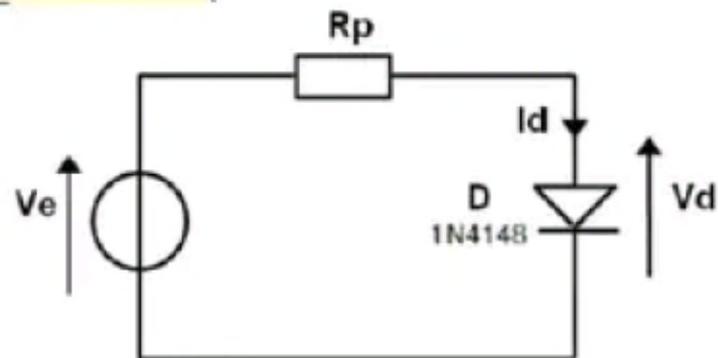
Pour les exercices ci-après, on considèrera que les diodes sont parfaites.

### EXERCICE N°1

Soit le schéma ci-contre.

**Question :**

On donne  $V_e = +5V$ ,  $R_p = 1K\Omega$  et  $V_{Seuil} = 0,6 V$ .  
Déterminer la valeur du courant  $I_d$ .



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

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

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

$$I_d = \frac{U_{Rp}}{R} = \frac{4,4}{1000}$$

$$I_d = 4,4 mA$$



## EXERCICE N°2

Soit le schéma ci-contre.

Question :

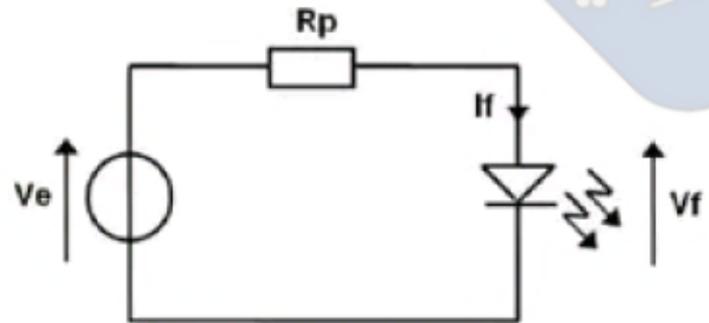
Sachant que les valeurs  $I_f$  et  $V_f$  standards des DELs rouges  $\varnothing 5\text{ mm}$  sont :

$I_f = 10\text{ mA}$

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

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

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



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

$U_{Rp} = R_p \times I_f$

$R_p = \frac{U_{Rp}}{I_f} = \frac{3,4}{10 \times 10^{-3}} = \frac{3,4 \times 10^3}{10} = 340\ \Omega$

## EXERCICE N°3

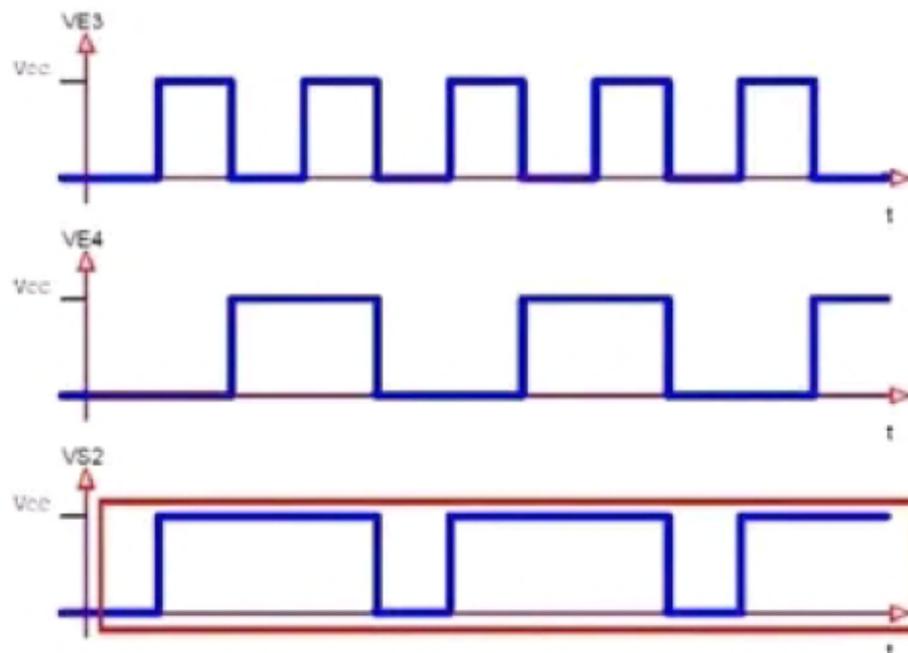
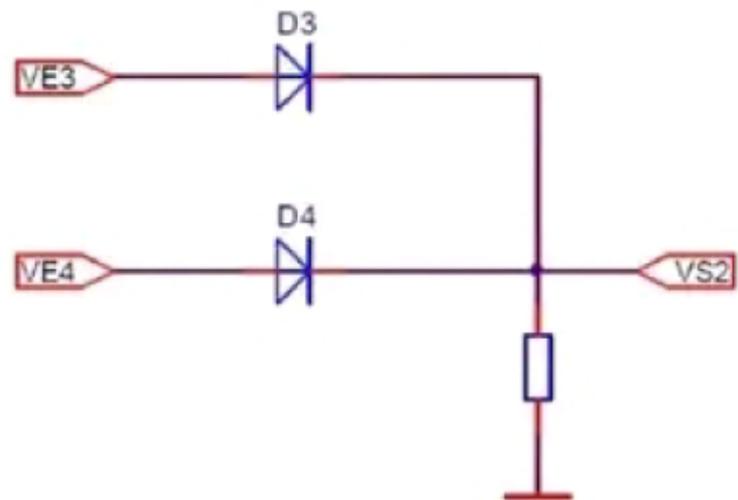
Soit le schéma ci-contre.

Question 1 :

Compléter le chronogramme ( $V_{S2}$ ) ci-dessous.

Remarque :

$V_{cc} \geq V_{D3_{seuil}}$  et  $V_{D4_{seuil}}$



Question 2 :

Donner le nom de la fonction logique réalisée.

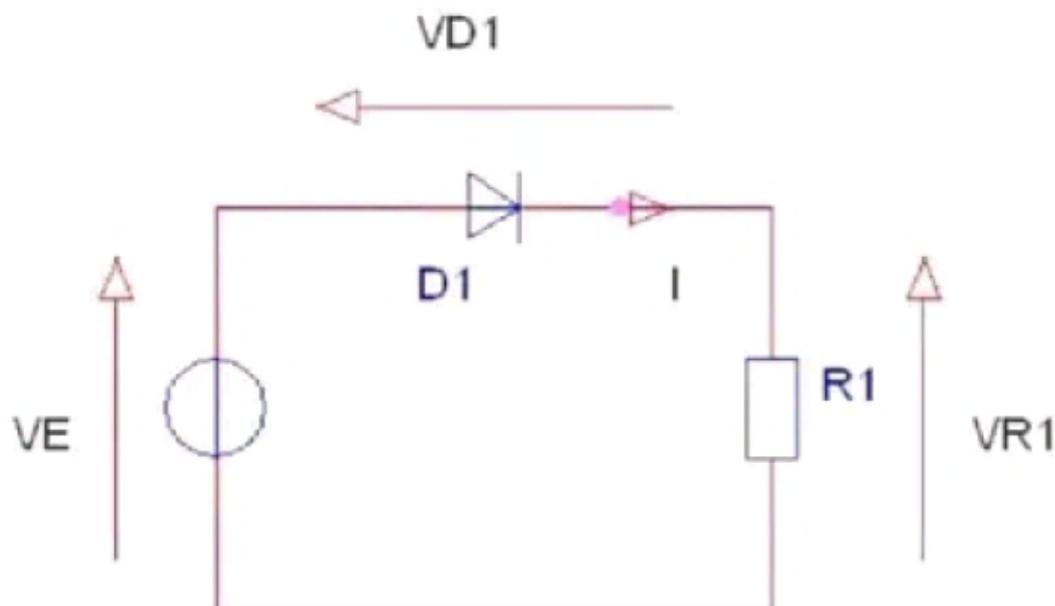
**C'est une fonction OU.**

**EXERCICE N°4**

Soit le schéma ci-dessous.

Question 1 :

Flécher sur le schéma, la tension  $VR1$  (aux bornes de  $R1$ ) et le courant  $I$  (dans le sens positif lorsqu'il existe).

Question 2 :

Sachant que  $VD1_{seuil} = 0,7 V$  :

Quelle est la valeur de  $VE$  si la diode est bloquée ?

$$VE - VD1 - (R1 \times I) = 0$$

On fait  $I = 0$

$$VE = VD1$$

La diode est bloquée si  $VD1 < 0,7 V$

La diode est passante si  $VE \geq 0,7 V$

Question 3 :

Pour  $VE = -5 V$  et  $R1 = 1k\Omega$  :

Calculer la valeur de  $I$ .

**$VE = -5 V$  donc  $< 0,7 V$  la diode  $D1$  est bloquée, donc  $I = 0$  et  $VR1 = R1 \cdot I = 1000 \times 0 = 0 V$ .**

### Question 4 :

Pour  $V_E = 1 \text{ V}$  :

Calculer les valeurs de  $I$  et  $V_{R1}$ .

Pour  $V_E = 1 \text{ V}$  donc  $\geq 0,7 \text{ V}$  la diode D1 est passante.

$$V_E - V_{D1} - (R1 \times I) = 0$$

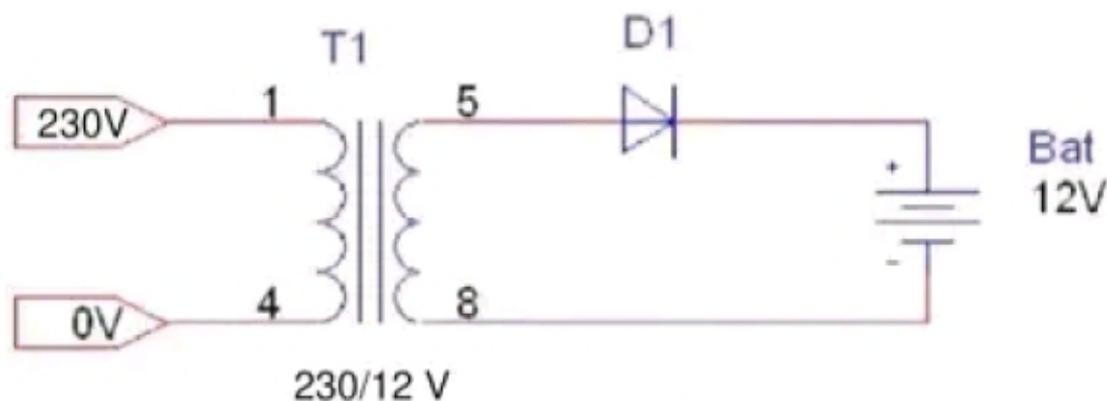
$$V_E = V_{D1_{\text{seuil}}} + (R1 \times I)$$

$$I = \frac{V_E - V_{D1_{\text{seuil}}}}{R1} = \frac{1 - 0,7}{1000} = 0,0003 \text{ A} = \boxed{0,3 \text{ mA}}$$

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

### EXERCICE N°5

Soit le schéma d'un chargeur de batterie ci-dessous :



et les caractéristiques suivantes :

$$V_{D1_{\text{seuil}}} = 0,7 \text{ V} ; V_{\text{Bat}} = 12 \text{ V}$$

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

### Question :

Calculer la tension  $V_{D1}$ .

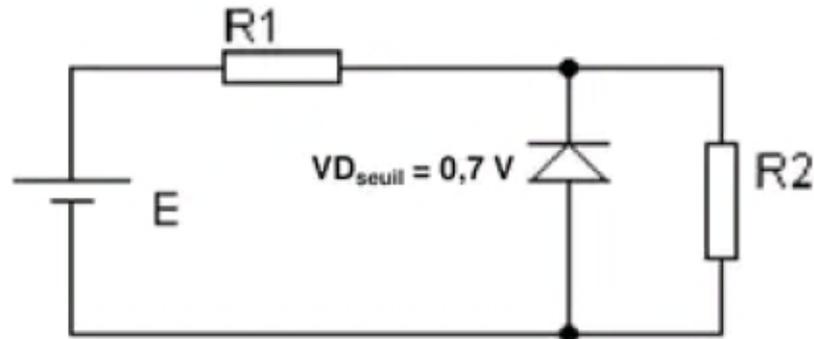
$$V_E - V_{D1} - V_{\text{Bat}} = 0$$

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

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

## EXERCICE N°6

Soit le schéma ci-dessous :



Question :

Calculer  $VR2$  si  $E = +5 V$  et  $R1 = R2 = 1 k\Omega$ .

Pour  $E = +5 V$

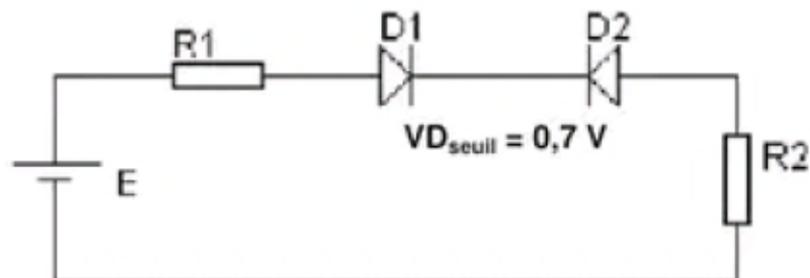
La diode n'est pas passante.

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

$$VR2 = 1000 \times 0,0025 = \boxed{2,5 V}$$

## EXERCICE N°7

Soit le schéma ci-dessous :



Question :

Calculer  $VR2$  dans les cas suivants :  $E = +5 V$  ;  $E = -5 V$  avec  $R1 = R2 = 1 k\Omega$ .

Pour  $E = +5 V$

La diode D2 n'est pas passante.  $VR2 = 0$

Pour  $E = -5 V$

La diode D1 n'est pas passante.  $VR2 = 0$