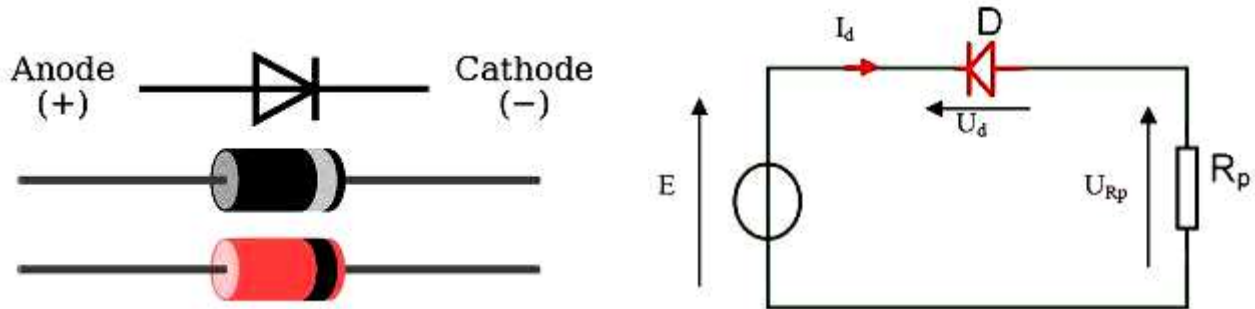


LES DIODES



Objectifs du cours :

Ce cours traitera essentiellement les points suivants :

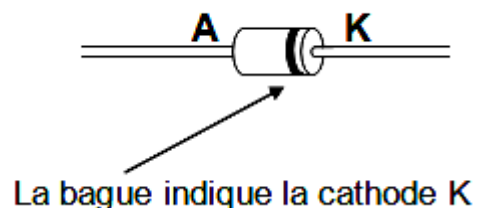
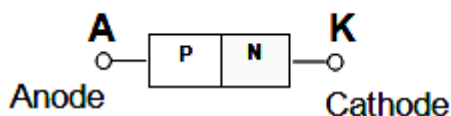
- présentation et symbolisation de la diode
- fonctionnement et caractéristiques
- exemples d'utilisation
- la diode SCHOTTKY
- la diode ZENER
- la diode DEL
- exercices d'application

PRÉSENTATION

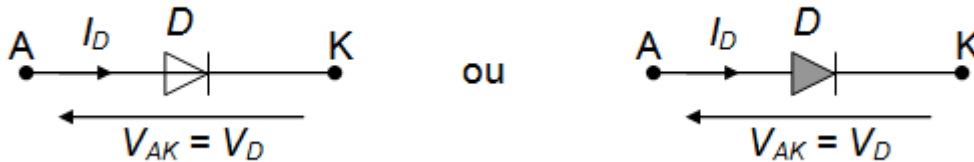
La diode est un dipôle à semi-conducteur (jonction PN). Les 2 bornes sont repérées **anode « A »** et **cathode « K »**.

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



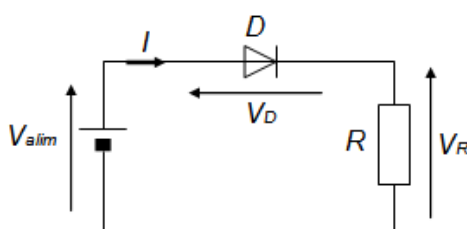
FONCTIONNEMENT

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**

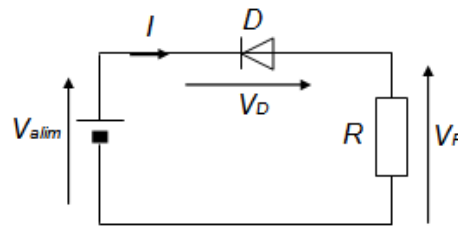


La diode D est **passante.**

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.

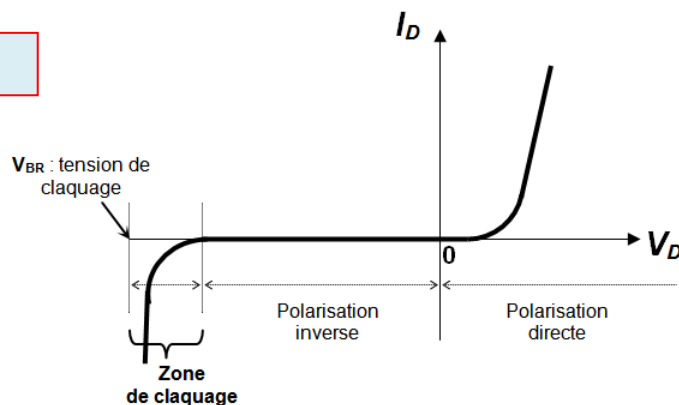
La caractéristique **Idéale** s'utilise plutôt pour analyser un fonctionnement.

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

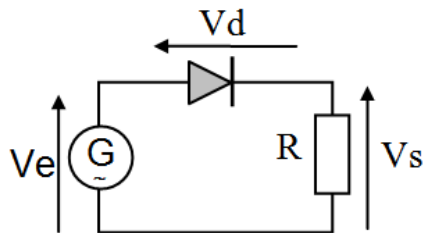


TECHNIQUES

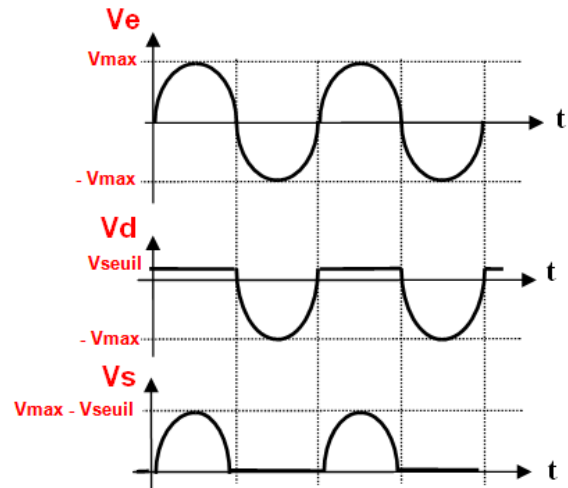
	Dénomination	Notation documentation constructeur	Valeur typique
V_{Seuil}	Tension de seuil de la diode	V_F (F pour Forward : direct)	≈ 0.6 V
I_{Dmax}	Courant direct maximum que peut supporter la diode.	I_F (F pour Forward : direct) I_F : valeur continue maximale supportable par la jonction. I_{FM} : 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

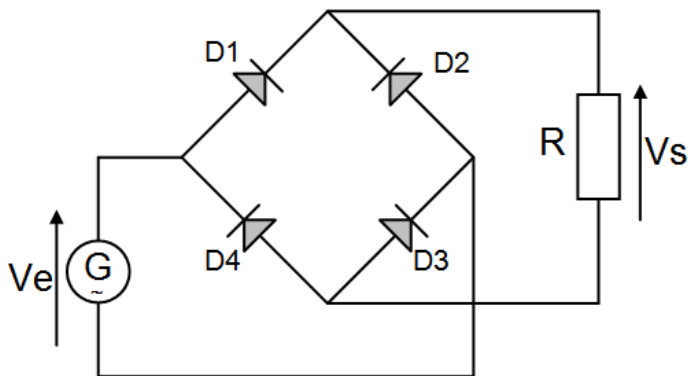
MONTAGE REDRESSEUR SIMPLE ALTERNANCE



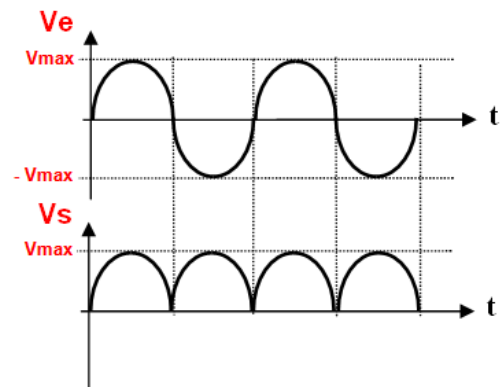
Utilisation de la caractéristique « classique » de la diode.



MONTAGE REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE



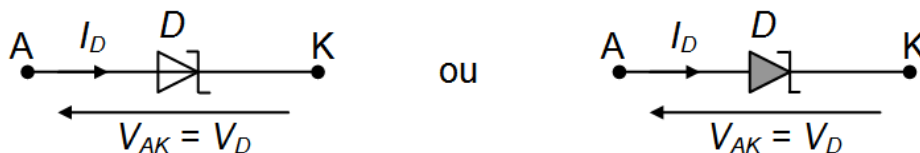
Les diodes D1 à D4 sont considérées comme idéales.



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

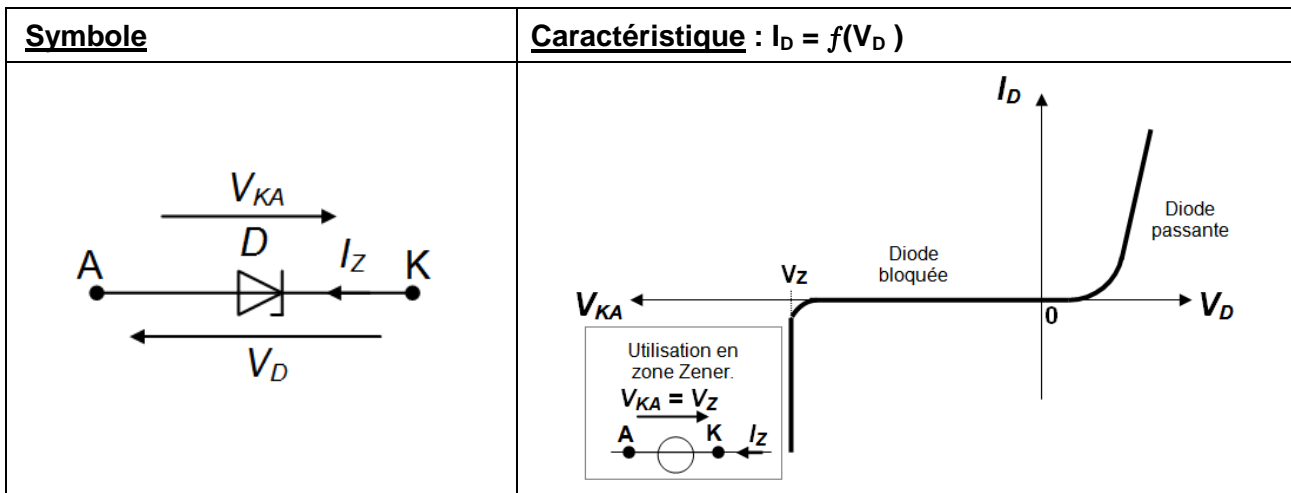
Dans le sens direct (V_D et I_D positifs) cette diode présente la même caractéristique qu'une autre diode.

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 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 :

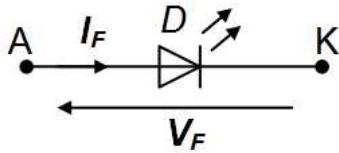
Les diodes ZENER sont appréciées pour leur tension V_Z stable. On les trouve souvent associées à des fonctions de :

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

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 :

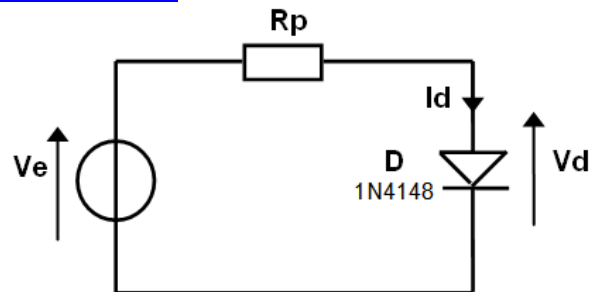
Pour les exercices ci-après, on considèrera que les diodes sont parfaites.

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 .



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

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

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

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

$$I_d = 4,4 \text{ mA}$$

EXERCICE N°2

Soit le schéma ci-contre.

Question :

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

$$I_f = 10 \text{ mA}$$

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

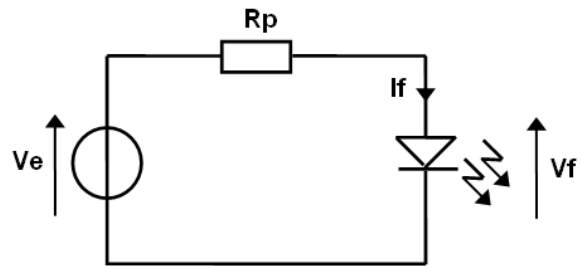
Déterminer la valeur de la résistance R_p permettant de polariser correctement la DEL.

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

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

$$UR_p = R_p \times I_f$$

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



EXERCICE N°3

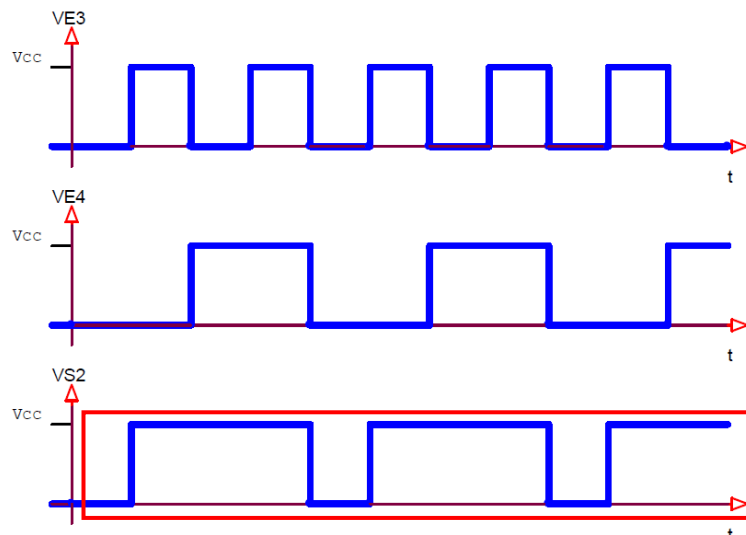
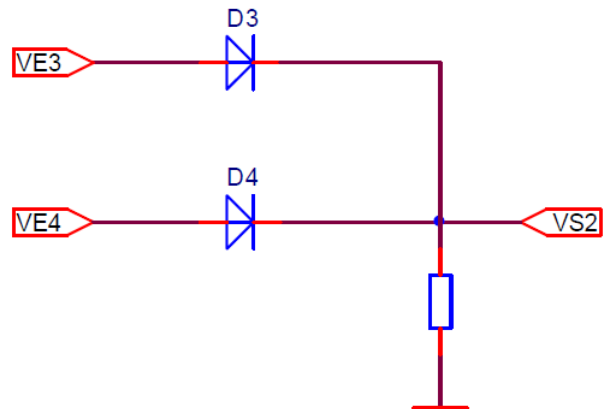
Soit le schéma ci-contre.

Question 1 :

Compléter le chronogramme (VS_2) ci-dessous.

Remarque :

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



Question 2 :

Donner le nom de la fonction logique réalisée.

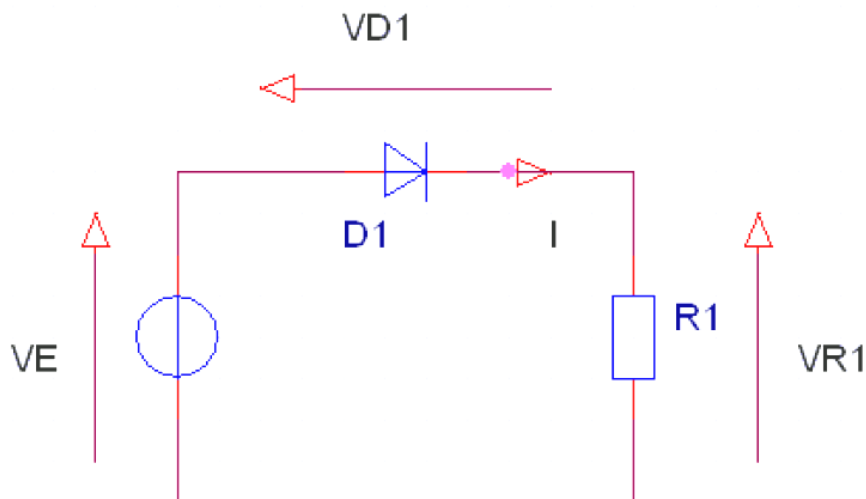
C'est une fonction OU.

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 $VD1_{seuil} = 0,7 \text{ V}$:
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 $VD1 < 0,7 \text{ V}$

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

Question 3 :

Pour $VE = -5 \text{ V}$ et $R1 = 1 \text{ k}\Omega$:
Calculer la valeur de I .

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

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.

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

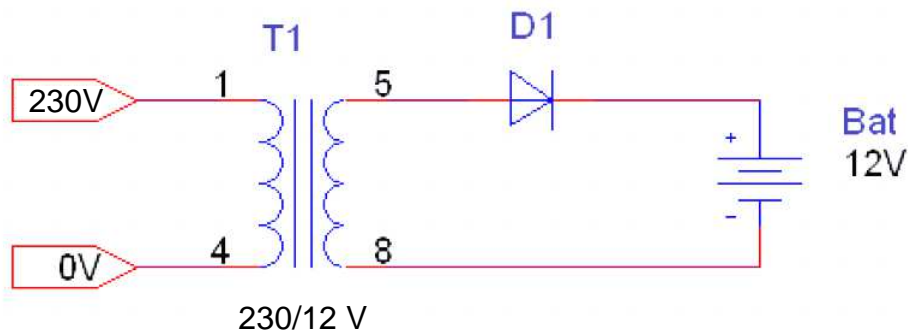
$$V_E = V_{D1_{\text{seuil}}} + (R1 \times I)$$

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

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

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} .

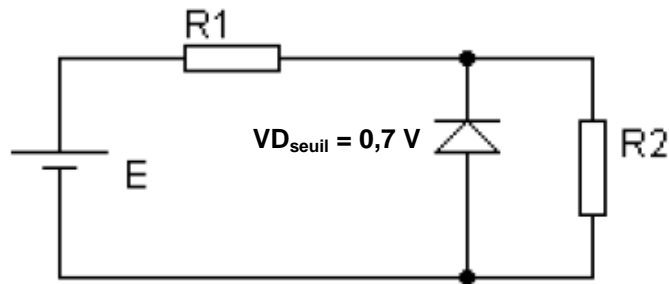
$$V_E - V_{D1} - V_{\text{Bat}} = 0$$

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

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

EXERCICE N°6

Soit le schéma ci-dessous :



Question :

Calculer VR_2 si $E = +5\text{ V}$ et $R_1 = R_2 = 1\text{ k}\Omega$.

Pour $E = +5\text{ V}$

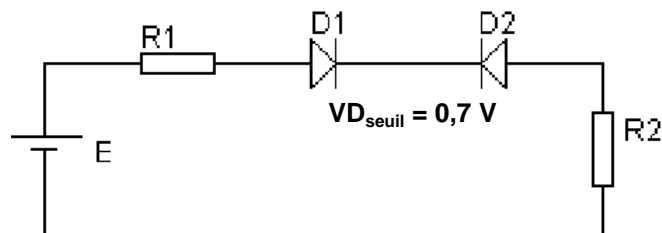
La diode n'est pas passante.

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

$$VR_2 = 1000 \times 0,0025 = \boxed{2,5\text{ V}}$$

EXERCICE N°7

Soit le schéma ci-dessous :



Question :

Calculer VR_2 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 D2 n'est pas passante. $VR_2 = 0$

Pour $E = -5\text{ V}$

La diode D1 n'est pas passante. $VR_2 = 0$