

1 - Introduction

L'objet est un rappel sur les diodes, les symboles, les caractéristiques.

Diodes, diodes Zener avec les caractéristiques.

Calculs sur les circuits avec des diodes et des diodes Zener.

Extension avec transistors en mode de commutation.

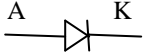
Calculs simples sur des circuits avec transistors en commutation.

2 - Diode Définition

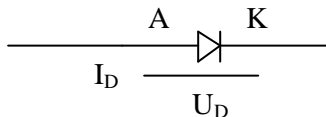
1. Généralités

La diode est un dipôle particulier TOUJOURS RECEPTEUR, qui a la propriété de laisser circuler le courant dans un sens et pas dans l'autre.

Le courant peut passer si l'anode est polarisée positivement par rapport à la cathode.

Symbole  Le symbole indique le sens passant de la diode.

Si le courant passe, il est appelé **courant direct**, et il détermine, aux bornes de la diode, une tension positive (+) sur l'anode, et une tension négative (-) sur la cathode.



On remarque bien que la diode est un **récepteur**.

Dans le sens inverse, (K = + et A = -) la diode est **bloquée**, le courant est **NUL**.

2. Seuil de la diode

Pratiquement, on considère que, si le seuil de 0,6V en direct n'est pas atteint, la diode n'est pas conductrice, bien que la polarisation soit favorable.

Si la tension de seuil est fixée à $U_0 = 0,6V$, on considère que :

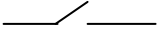
- Si la tension amenée aux bornes de la diode $< 0,6V$, le courant est **nul**.
- Si la tension amenée aux bornes de la diode $> 0,6V$, le courant est **non nul**.

La diode est **PASSANTE EN DIRECT**

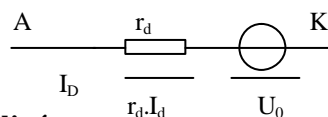
- Si la tension polarisant la diode est **inverse**, le courant est nul : c'est le **BLOCAGE EN INVERSE**.

2 - Modèle de la diode

Pour calculer la tension aux bornes de la diode ainsi que le courant, il faut définir les **modèles** équivalents à la diode. La diode prendra 3 modèles suivant les cas. Pour choisir le **modèle convenable**, il faut **débrancher momentanément** la diode et calculer la tension aux bornes laissées libres (A et K).

- a) A est positif et K est négatif → polarisation directe
- Si $U_{AK} < U_0$ → diode bloquée → modèle = circuit ouvert 
 - si $U_{AK} \geq U_0$ → diode passante en direct →

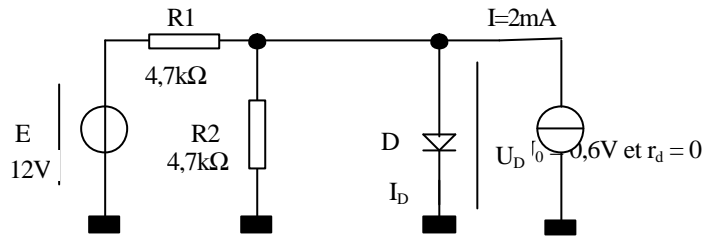
modèle =



r_d , de quelques ohms, est **souvent négligé**.

$$U_D = U_0 + r_d \cdot I_D$$

Application : soit le montage suivant, en partie modélisé



a) **Débrancher la diode** D puis le générateur de I pour calculer E_{TH}

$$E_{TH} = \frac{E}{2} = 6V \quad \text{et} \quad R_{TH} = \frac{R_1}{2} = \frac{4,7}{2} = 2,35k\Omega$$

Rétablissons I dans E_{TH} pour calculer polarisation de la diode

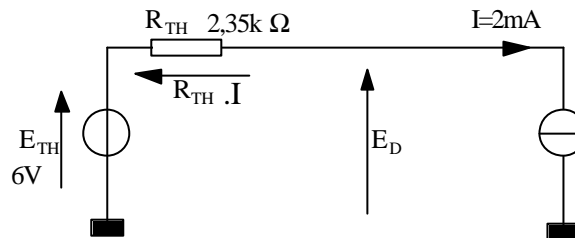
$$E_D = E_{TH} + R_{TH} \cdot I = 6 + 2,35 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 10,7V.$$

b) **Rebranchons la diode**. La polarisation est en direct. $E_D > U_0$, la diode est **PASSANTE EN DIRECT**.

$$I_D = \frac{E_D - U_0}{R_{TH} + r_d} = \frac{10,7 - 0,6}{2,35 \cdot 10^3} = 4,3 \cdot 10^{-3} A \quad \text{soit} \quad 4,3 \text{ mA}. \quad U_D = U_0 + r_d \cdot I_D = U_0 = 0,6V$$

Même exercice avec le courant I inversé.

Le modèle juste avant de rebrancher la diode est:



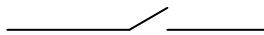
$$E_D = E_{TH} - R_{TH} \cdot I = 6 - 2,35 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1,3V \quad \rightarrow \quad E_D > U_0$$

La diode est **passante en direct**. $I_D = \frac{E_D - U_0}{R_{TH}} = \frac{1,3 - 0,6}{2,35 \cdot 10^3} = 0,3 \cdot 10^{-3} A$ soit 0,3 mA. $U_D = U_0 = 0,6V$

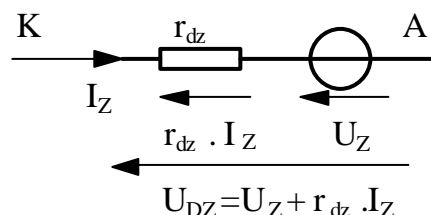
4 - Modèle de la diode Zener

On procède exactement comme pour la diode ordinaire.

- **En direct** la diode Zener se comporte exactement comme une diode ordinaire. Elle présente le même U_0 et la même résistance dynamique r_d . On prend les mêmes modèles que la diode ordinaire.
- **En inverse** la diode Zener peut prendre 2 modèles.

- $U_{AK} < U_Z$ \rightarrow circuit ouvert  $I_Z = 0$ et $U_{DZ} = U_{AK}$
- $U_{AK} > U_Z$ \rightarrow diode **passante en inverse**

Modèle de la diode Zener passante en inverse:

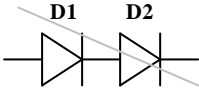
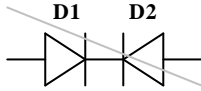
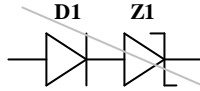
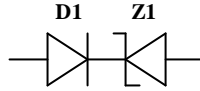


Voir l'algorithme pour une méthode complète de calcul.

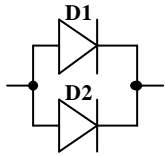
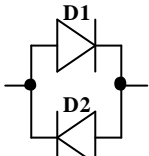
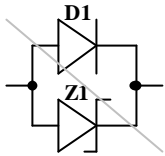
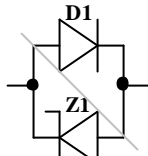
5 - Couplage de diodes et de diodes Zener

Comme tous les dipôles, les diodes peuvent être couplées en série, parallèle.

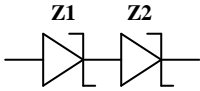
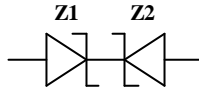
• Couplage série de diodes

Diodes seules		Diodes mixtes	
 <p>Le montage additif de diodes seules se comporte comme une seule diode avec U_0 de $2 \cdot 0,6$ V soit 1,2V. Ce couplage n'a aucun intérêt pratique.</p>	 <p>Le montage en opposition de diodes seules est bloqué dans les deux sens. Il ne présente aucun intérêt pratique.</p>	 <p>Le montage série additif diode + Zener est équivalent à 2 diodes ordinaires en direct, et bloqué en inverse du fait de D1. Il ne présente aucun intérêt pratique.</p>	 <p>Le montage en opposition diode + Zener est bloqué en inverse pour D1. Il est passant en direct pour D1 avec tension aux bornes du groupement égale à $U_0 + U_{Z1}$</p>

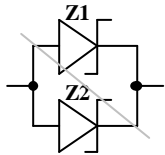
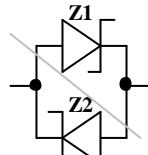
• Couplage parallèle de diodes

Diodes seules		Diodes mixtes	
 <p>Le montage direct se comporte comme une seule diode. Il a la capacité de <u>supporter un courant un peu supérieur</u> à une seule diode.</p>	 <p>Le montage tête-bêche est passant dans les deux sens. Il détermine un U_0 dans les deux sens. Il est souvent utilisé en alternatif pour écrêter à + et - 0,6V</p>	 <p>Le montage direct mixte diode + Zener est équivalent à 2 diodes en direct, et Z1 seul en inverse. Il ne présente aucun intérêt pratique.</p>	 <p>Le montage mixte tête-bêche est équivalent au même montage à 2 diodes ordinaires. Il ne présente aucun intérêt pratique.</p>

• Couplage série de diodes Zener

 <p>Le montage additif se comporte comme une seule diode Zener avec U_0 de $2 \cdot 0,6$ V soit 1,2V. En inverse, on obtient une diode Zener caractérisée par $U_Z = U_{Z1} + U_{Z2}$.</p>	 <p>Le montage en opposition peut être passant dans les deux sens. Pour chaque courant, une diode est en direct alors que l'autre est en inverse. Quand Z1 est passante en direct on relève $U_{DZ} = 0,6 + U_{Z2}$. Lorsque c'est Z2 qui est passante en direct, on relève $U_{DZ} = 0,6 + U_{Z1}$. Cela permet d'avoir une diode Zener « asymétrique » avec des U_Z différents, ou symétrique avec des U_Z égaux. L'usage le plus fréquent reste l'alternatif.</p>
--	--

• Couplage parallèle de diodes Zener

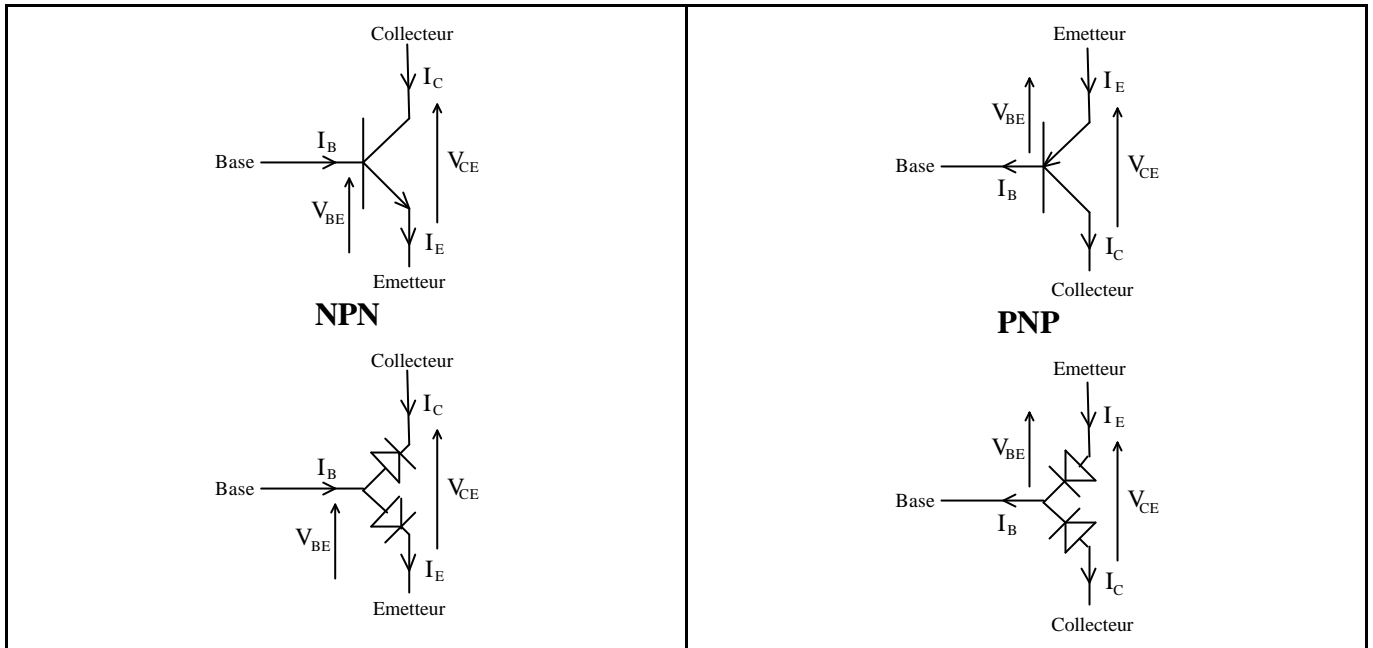
 <p>Le montage direct se comporte comme une seule diode Zener. Si $U_{Z1} \neq U_{Z2}$ alors une seule des diodes Zener peut fonctionner: celle dont le U_Z est le</p>	 <p>Le montage tête-bêche est passant dans les deux sens. Il détermine un U_0 dans les deux sens. Il est équivalent au même couplage parallèle de deux diodes ordinaires. Il ne présente aucun intérêt</p>
---	---

plus faible. Cela ne présente aucun intérêt pratique.

pratique.

6 - Transistors bipolaires

Symboles et « équivalences » des deux modèles de transistors. Les polarités des tensions et les sens des courants sont ceux du « fonctionnement normal » de transistors passants.



En fonctionnement la jonction Base Emetteur se comporte comme une diode. C'est elle que l'on commence à analyser:

- Si $I_B = 0$ alors le transistor est bloqué $\rightarrow I_C = 0$
- Si $I_B \neq 0$ alors le transistor peut être conducteur: $I_C \neq 0$ si la maille de collecteur le permet

Définitions

Transistor bloqué:

$I_B = 0$ et $I_C = 0$. V_{CE} = tension d'alimentation du collecteur.

Transistor saturé:

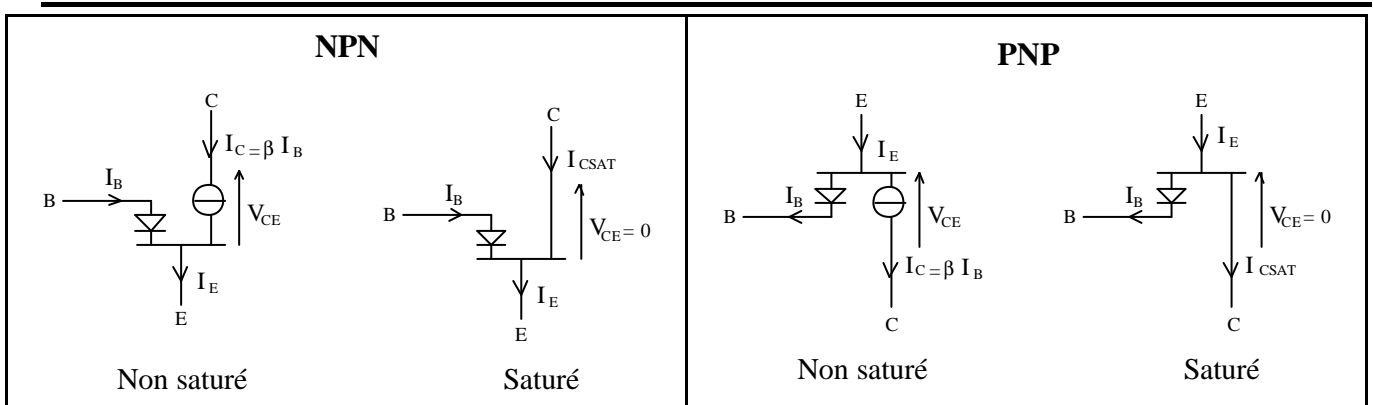
Espace collecteur émetteur équivalent à un circuit fermé: $I_C \neq 0$, $I_B \neq 0$ et $V_{CE} = 0$

Courant collecteur

Au blocage, le courant collecteur est nul. Quand le courant collecteur n'est pas nul, il prend deux expressions possibles suivant qu'il est ou non saturé. A saturation, il est équivalent à un circuit fermé: $V_{CE} = 0$. Hors saturation, le courant collecteur $I_C = \beta I_B$. Pour connaître le courant collecteur, il faut:

1. Calculer I_B . Si $I_B = 0$ alors $I_C = 0$ c'est le blocage.
2. Calculer βI_B .
3. Calculer I_{CSAT} courant de saturation de la maille de collecteur.
4. **Choisir** $I_C =$ **le plus petit des deux** courants calculés.

Modélisation



Voir l'algorithme pour une méthode complète de calcul.