

Les dispositifs de commutation

1. Les dispositifs de commutation électroniques des signaux

Les dispositifs électroniques de commutation des signaux fonctionnent en mode « tout ou rien » (mode binaire).

Les deux états possibles du composant sont souvent appelés :

- état **conducteur** ou **non conducteur**,
- état **passant** ou **bloqué**,

ou bien encore :

- état **fermé** ou **ouvert**

Nous verrons par la suite que certains de ces termes traduisant l'état binaire du composant sont plus appropriés à certains d'entre eux.

Les dispositifs électroniques de commutation sont les suivants :

- la diode (à jonction)
- le relais
- le transistor (bipolaire) en mode commutation
- le transistor (à effet de champ) en mode commutation
- les thyristors
- les triacs

Dans tous les cas, **un dispositif électronique de commutation peut être assimilé à un interrupteur** (plus ou moins évolué) **ouvert** ou **fermé**.

2. La diode à jonction

2.1 Analogie hydraulique

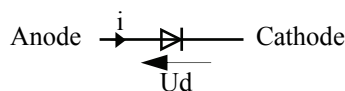
Une diode est un composant qui ne laisse passer le courant que dans un sens à l'image d'un clapet anti retour monté sur un réseau d'assainissement ou d'une porte qui ne s'ouvre que dans un sens (pas une porte de saloon)

2.2 Constitution

L'élément de base est une jonction PN dont la diode hérite de toutes ses propriétés.

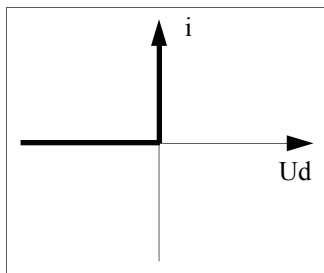
Pour permettre son insertion dans les équipements, cette jonction est « **habillée** », c'est à dire qu'elle est insérée dans un boîtier pour se présenter sous forme de composant maniable.

2.3 Symbole



2.4 Caractéristique de transfert courant tension idéale

La diode se comporte « idéalement » comme un interrupteur ouvert ou fermé. Sa caractéristique de transfert idéale est donc la suivante :



Diode idéale :

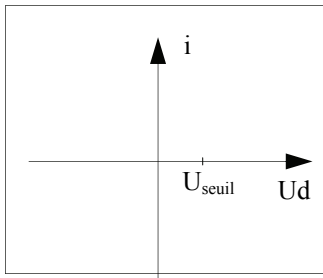
- **Dans le sens passant**, la diode idéale est parfaitement conductrice, sa résistance directe (statique ou dynamique) est nulle, la chute de tension à ces bornes qu'elle produit est nulle aussi.

=> on peut dire que dans le sens passant, une diode idéale est **équivalente à un interrupteur fermé**.

Dans le sens inverse, la diode idéale est parfaitement isolante, sa résistance inverse est infinie, le courant qui la traverse est nul.

=> on peut dire que dans le sens inverse, une diode idéale est **équivalente à un interrupteur ouvert**.

2.5 Caractéristique de transfert courant tension réelle



Quand la tension aux bornes de diode est négative (ou inverse) le courant peut être négligé et la caractéristique située à gauche du zéro est confondue avec l'axe des tensions : la diode est pratiquement idéale.

Quand la tension aux bornes de diode est positive (ou directe), le courant peut être négligé tant que U_d est inférieure à U_{seuil} et, pour U_d supérieure à U_{seuil} , la portion de courbe peut être assimilée à une droite.

Remarque importante : la chute de tension aux bornes de la diode (sens direct) lorsque cette dernière est passante [$U_d \approx U_{seuil}$] est à peu près égale à 0.6V (diode silicium). Dans la plupart des usages industriels, cette chute de tension peut être négligée devant la tension principale; la diode est alors assimilée à une diode idéale.

2.6 Condition de blocage et de conduction d'une diode

La diode se met à conduire lorsque la ddp U_d tend à devenir supérieure à V_{seuil}

$$V_d \geq V_{seuil} \quad (\text{condition de mise en conduction})$$

La diode se bloque lorsque le courant « direct » I_d la traversant tend à devenir négative

$$I_d \leq 0 \quad (\text{condition de blocage})$$

2.7 Limites d'utilisation

Ces limites sont fixées par le fabricant.

Tension inverse de pointe répétitive (V_{RRM}) : valeur maximale instantanée de la ddp inverse. (Actuellement, pour certaines diodes, la valeur peut atteindre 2000V)

Tension inverse de service (V_{RM}) : c'est la valeur précédente divisée par un coefficient de sécurité K auquel on donne souvent la valeur 2.

Courant inverse (I_R) : c'est la valeur instantanée maximale qui, pour la ddp V_{RRM} , correspond à la température maximale de jonction (température maxi avant destruction de la jonction). Ce courant peut atteindre quelques mA.

Courant direct moyen maximal (I_{FRM}) : c'est le maximum admissible pour la valeur moyenne du courant direct. Cette valeur est calculé sur une période avec un redressement monophasé simple alternance sur charge résistive.

(Actuellement, pour certaines diodes, la valeur peut atteindre 2000A)

Courant direct moyen de service (I_F) : c'est la valeur précédente divisée par un coefficient de sécurité (2).

Température maximale de jonction : pour une diode au silicium, elle est de 200°C. Si les maxima précédents sont respectés, la température maximale l'est également avec les deux réserves suivantes :

- la température ambiante ne doit pas excéder 25°C
- la diode doit être montée sur un radiateur ventilé.

Si ces deux dernières conditions ne sont pas réalisées, il faudra réduire I_F pour limiter l'échauffement.

Exemple : Rechercher sur une documentation constructeur ces valeurs.

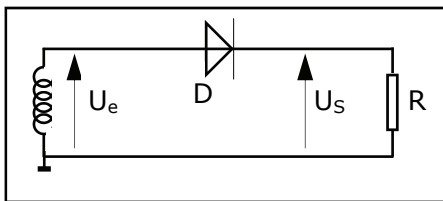
2.8 Application – Fonction « redressement »

La fonction redressement consiste à transformer une tension bidirectionnelle en une tension unidirectionnelle.

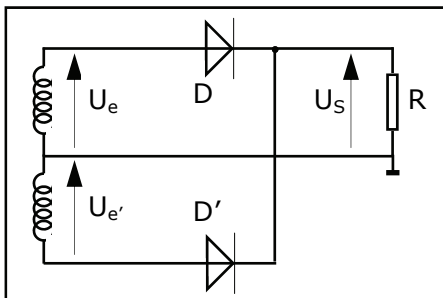
Remarque sur les tracés : les tracés des signaux en sortie U_s sont effectués en considérant que les entrées U_e et U_e' sont des sinusoïdes de valeur moyenne nulle et d'amplitude A .

A. REDRESSEMENT SUR CHARGE RESISTIVE

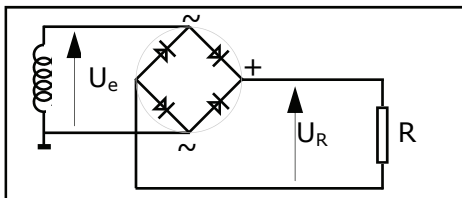
Redressement mono-alternance



Redressement double-alternance avec transformateur à point milieu

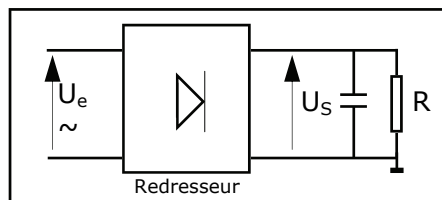


Redressement double-alternance en pont de Gretz

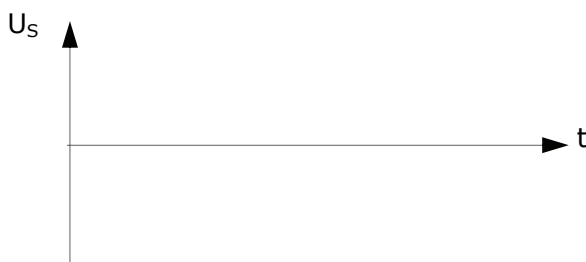


B. REDRESSEMENT SUR CHARGE CAPACITIVE

Mono-alternance



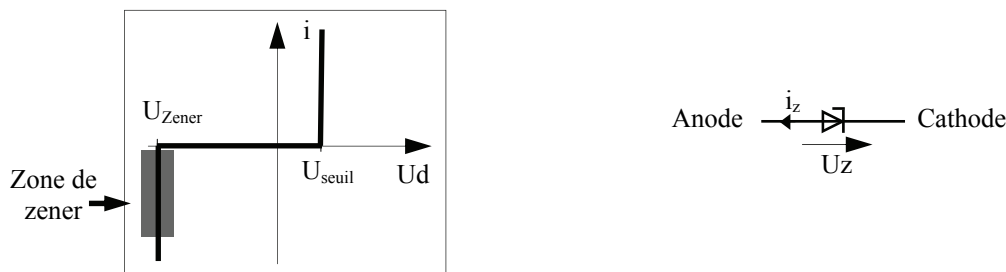
Double-alternance



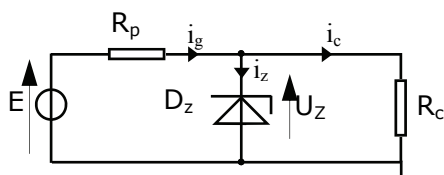
2.9 Diodes à usages spécifiques :

A. Diode Zener

Ces diodes sont aussi appelées diodes de régulation et d'écrêtage. Elles servent à obtenir à leurs bornes une d.d.p constante (régulée) en utilisant la zone dite d'avalanche (ou de Zener) de leur caractéristique. On utilise ce type de diode pour créer des sources de tension constante



Exemple de source de tension constante (utilisant une diode Zener) :



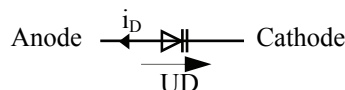
Remarque : Pour fonctionner en diode de régulation, la diode zener doit être branché « en sens inverse » de la tension d'alimentation. C'est à dire dans le sens où une diode « normale » ne conduirait pas.

B. Diode à variation de capacité (VARICAP)

Lors de son utilisation, la diode varicap (terme qui est une abréviation de l'anglais variable capacity) est polarisée en inverse (sens bloqué), elle fonctionne alors comme un condensateur dont la capacité est ajustable en fonction de la tension (négative) appliquée sur la diode.

Ces diodes sont utilisées chaque fois que l'on a besoin d'avoir une variation de capacité provoqué par une variation de tension.

Elles sont principalement utilisées dans les récepteurs radio. Les oscillateurs de fréquence commandés en tension (VCO)



3. Le transistor bipolaire

3.1 Description

Un transistor comporte trois connexions : l'**émetteur** e, la **base** b et le **collecteur** c.

On distingue deux types de transistor :

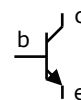
- Le transistor de type **NPN** dans lequel la base est une zone de type P.
- Le transistor de type **PNP** dans lequel la base est de type N.

Ils sont réalisés par dopage d'un semi-conducteur (germanium ou silicium) de façon à former deux jonctions P-N dont les sens passants sont opposés.

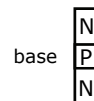
- La flèche sur le symbole indique l'émetteur et son orientation nous indique son type.

Symboles

Transistor NPN

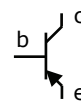


collecteur

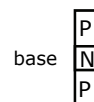


émetteur

Transistor PNP



collecteur



émetteur

3.2 Modes de fonctionnement

Le transistor est un semi-conducteur contrôlable, on distingue deux types de fonctionnement :

- un fonctionnement bloqué-saturé (tout ou rien).
- un fonctionnement en amplification de courant (fonctionnement linéaire).

En fonctionnement bloqué - saturé :

le transistor peut avoir deux états.

- Transistor bloqué
 $I_b=0 ; I_c=0$

- Transistor saturé
 I_c est constant quel que soit I_b .

En fonctionnement linéaire :

le transistor est passant :

- I_c est proportionnel à I_b , le coefficient de proportionnalité, noté β , est appelé **coefficient d'amplification** en courant.

$$I_c = \beta \cdot I_b$$

3.3 Caractéristiques de transfert

- Le **réseau de caractéristiques** est l'ensemble des courbes traduisant les relations entre les grandeurs V_{be} ; I_b ; V_{ce} ; I_c .

- Caractéristique d'entrée :

C'est la **courbe $V_{be} = f(I_b)$** lorsque V_{ce} est maintenu constant. Cette caractéristique est pratiquement celle d'une diode polarisée en direct. V_{be} est de l'ordre de 0.7 V lorsqu'un transistor au silicium conduit.

- Caractéristique de sortie :

C'est la **courbe $I_c = f(V_{ce})$** lorsque I_b est constant. Dans un transistor idéal, ces courbes sont des droites horizontales puisque I_c ne dépend que de I_b ($I_c = \beta \cdot I_b$).

- Caractéristique de transfert en courant :

C'est la **courbe $I_c = f(I_b)$** lorsque V_{ce} est constant.

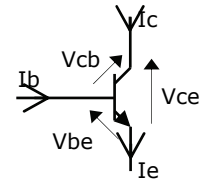
Cette caractéristique est une droite passant par l'origine qui traduit la proportionnalité entre I_c et I_b .

3.4 Point de fonctionnement

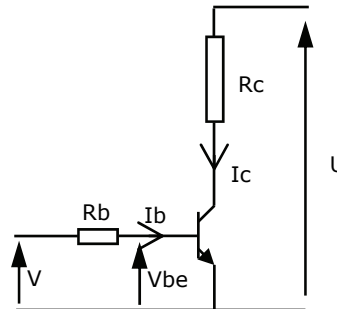
- Le **point de fonctionnement d'un transistor** est caractérisée par la donnée des quatre valeurs V_{be} , I_b , V_{ce} , I_c .

Il est représenté sur le réseau de caractéristique par les points P1, P2, P3..

Conventions de fléchage

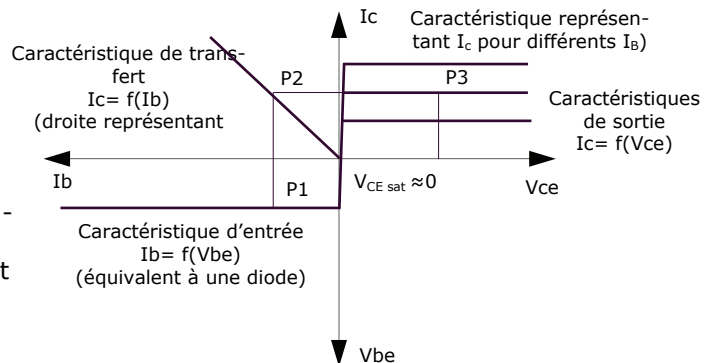


Montage émetteur commun



Réseau de caractéristiques

organisation de la représentation (courbes idéalisées)



3.5 Exemples d'application de transistor en commutation

Voir figures 1a, 1b, 2a, 2b page suivante.

3.6 Exemples d'application de transistor en amplification (de courant)

Voir figures 3, 4, 5.

Figure 3

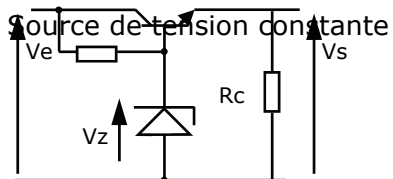
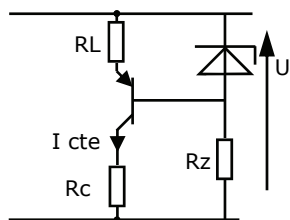


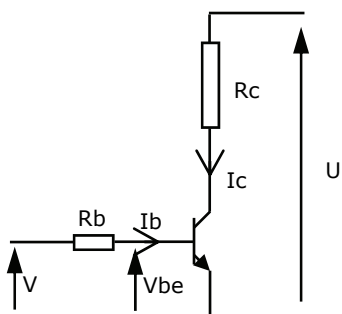
Figure 4

Source de courant constant



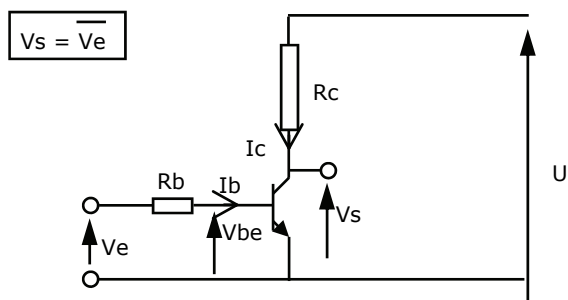
Montage émetteur commun

Figure 5



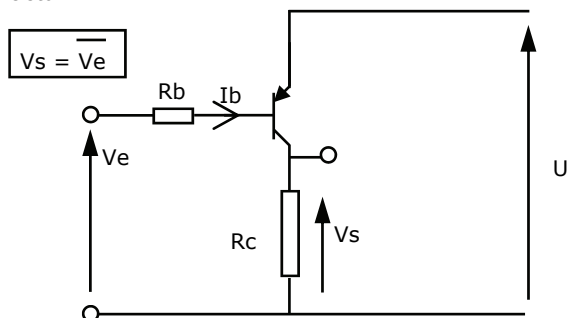
Fonction NON
Transistor NPN

Figure 1.a



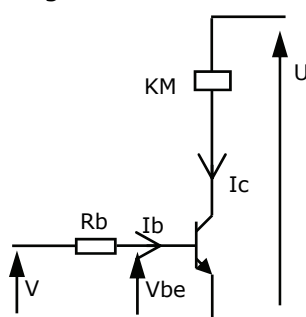
Fonction NON
Transistor PNP

Figure 1.b



Commande d'un relais
Transistor NPN

Figure 2.a



Transistor PNP

Figure 2.b

