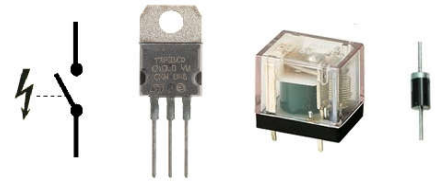


- ✓ Diodes
- ✓ Relais électromagnétiques
- ✓ Transistors bipolaires
- ✓ Transistors à effet de champ MOSFET

Synthèse



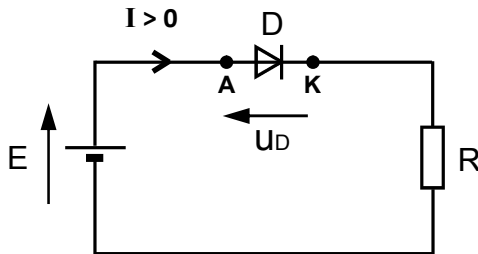
## 1. Les composants en commutation.

### 11 La diode à jonction.

Une **diode à jonction** est un dipôle à base de semi-conducteurs qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens : c'est un **conducteur unidirectionnel**.



- **Polarisée en direct**, la diode se comporte comme un interrupteur fermé : elle est **passante**.



E est une tension positive (ex : +12 V)

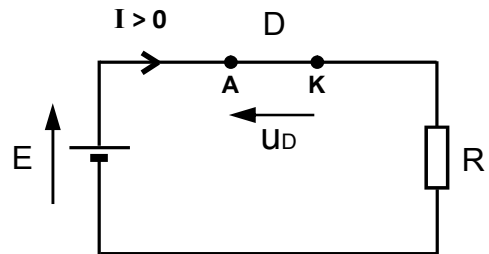
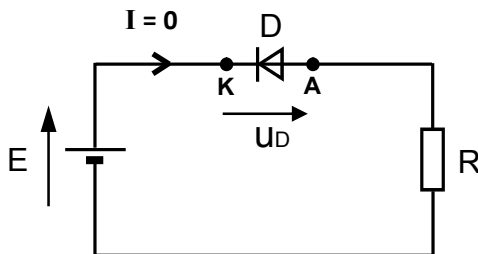


Schéma équivalent

- **Polarisée en inverse**, la diode se comporte comme un interrupteur ouvert : elle est **bloquée**.



E est une tension positive (ex : E = +12 V)

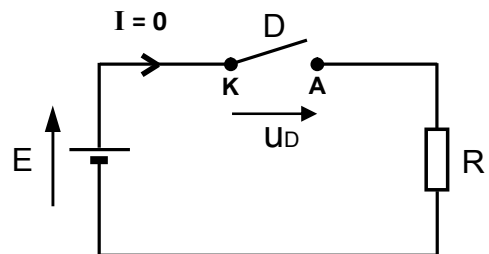
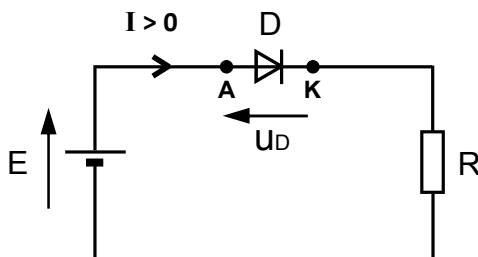


Schéma équivalent

- **Remarque** : Lorsqu'on assimile une **diode passante** à un **interrupteur fermé**, on considère que cette **diode est idéale**. Dans la réalité, une **diode réelle** se comporte comme une **source de tension** en série avec une **résistance**.



E est une tension positive (ex : +12 V)

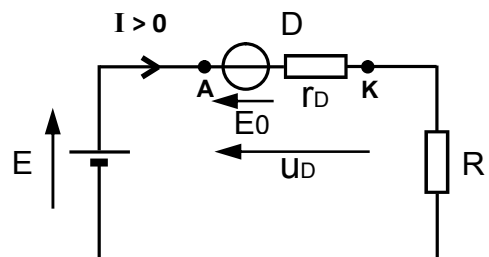


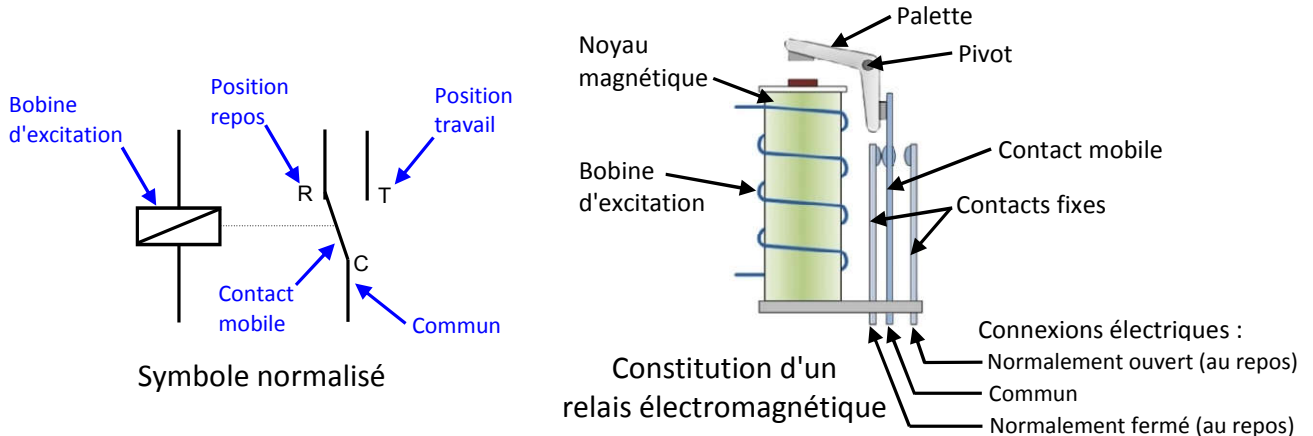
Schéma équivalent

- $E_0$  : tension de seuil (0,6 V pour une diode au silicium)
- $r_D$  : résistance dynamique

## 12 Le relais électromagnétique.

### 121 Constitution. Principe de fonctionnement.

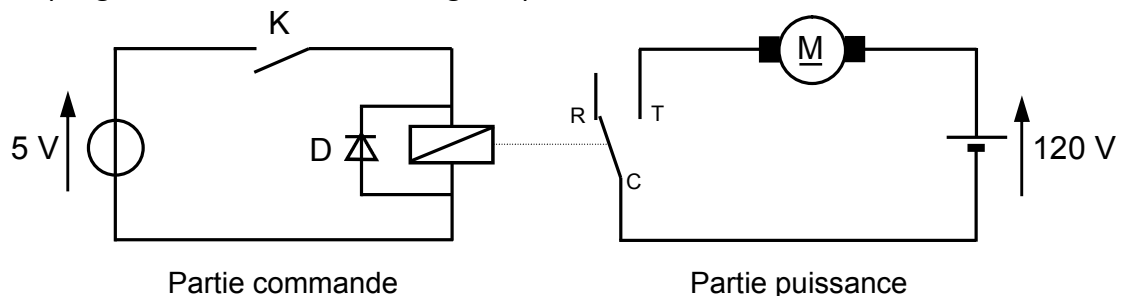
- Un **relais électromagnétique** est un dispositif qui permet, à partir d'une information électrique de faible intensité (provenant de la partie commande), d'actionner un ou plusieurs contacts qui appartiennent à la partie puissance.



- Lorsque la bobine d'excitation est alimentée, celle-ci produit un champ magnétique qui fait passer le contact mobile initialement en position repos (R), en position travail (T). Lorsque la bobine d'excitation n'est plus alimentée, le contact mobile revient en position repos (R).

### 122 Exemple d'utilisation.

Le schéma électrique ci-dessous représente un exemple de commande d'un moteur électrique grâce à un relais électromagnétique.



Remarque : La diode D est une diode de roue libre : elle permet d'évacuer sous forme d'un courant induit, l'énergie électromagnétique emmagasinée dans la bobine, lorsque l'on ouvre l'interrupteur K.

### 123 Intérêts du relais électromagnétique.

#### 1231 Gain en puissance.

Un relais électromagnétique apporte un **gain en puissance** important. Une bobine alimentée sous quelques volts et traversée par une dizaine de milliampères peut commuter quelques dizaines de watts à quelques kilowatts.

#### 1232 Isolation galvanique.

Un relais électromagnétique permet de réaliser une **isolation galvanique** entre la partie commande et la partie puissance (pas de liaison électrique entre ces deux parties). Une isolation galvanique permet de protéger la partie commande et l'utilisateur contre un risque électrique éventuel provenant de la partie puissance.

## 13 Les transistors bipolaires.

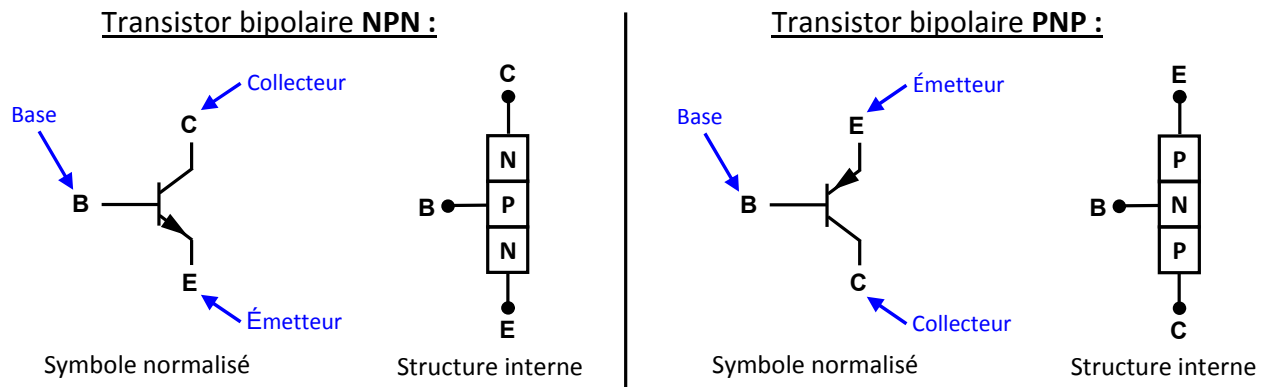
### 131 Présentation.

Un **transistor bipolaire** est un transistor **commandé en courant**.

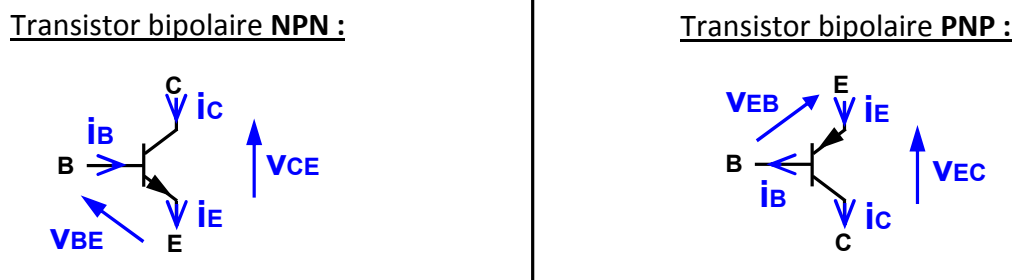
Il existe deux types de transistors bipolaires :

- les **transistors bipolaires NPN**
- les **transistors bipolaires PNP**.

### 132 Symbole normalisé et structure interne des transistors bipolaires.



### 133 Définition des grandeurs électriques caractéristiques.



Les tensions et les courants repérés ci-dessus sont fléchés positifs pour les deux types de transistors (NPN et PNP) :

- $i_B$  : courant de base
- $i_C$  : courant de collecteur
- $i_E$  : courant d'émetteur
- $V_{CE}$  : tension collecteur émetteur pour un transistor NPN ( $V_{EC}$  pour un transistor PNP)
- $V_{BE}$  : tension base émetteur pour un transistor NPN ( $V_{EB}$  pour un transistor PNP)

La loi des nœuds s'applique au niveau de ces deux transistors :

$$i_E = i_B + i_C$$

### 134 Régimes de fonctionnement.

#### 1341 Fonctionnement en régime linéaire.

En **régime linéaire**, le transistor est **passant** : il réalise une **amplification** du courant d'entrée  $i_B$ .

$$i_C = \beta \cdot i_B$$

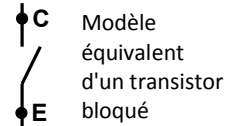
$\beta$  est appelé **gain en courant** du transistor ou **coefficient d'amplification en courant** ( $\beta$  est parfois noté  $h_{FE}$ ).

### 1342 Fonctionnement en régime de commutation.

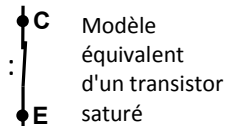
En **régime de commutation**, le transistor se comporte comme un **interrupteur** (entre C et E) commandé par le courant de base.

Règles de fonctionnement :

- Si  $i_B = 0 \Rightarrow i_C = 0 \Rightarrow$  Le transistor est **bloqué**,  
il se comporte comme un **interrupteur ouvert** :



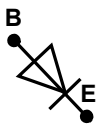
- Si  $i_B > 0 \Rightarrow i_C = i_{C_{sat}} \Rightarrow$  Le transistor est **saturé**,  
il se comporte comme un **interrupteur fermé** :



### 1343 Remarque concernant le fonctionnement des transistors bipolaires.

La **jonction BE** d'un transistor bipolaire **NPN** se comporte comme une **diode** :

- si la **jonction BE conduit** alors le **transistor conduit** ( $i_C > 0$ )
- si la **jonction BE est bloquée** alors le **transistor est bloqué** ( $i_C = 0$ ).



La **jonction EB** d'un transistor bipolaire **PNP** se comporte comme une diode :

- si la **jonction EB conduit** alors le **transistor conduit** ( $i_C > 0$ )
- si la **jonction EB est bloquée** alors le **transistor est bloqué** ( $i_C = 0$ ).



## 14 Les transistors à effet de champ MOSFET à enrichissement.

### 141 Présentation.

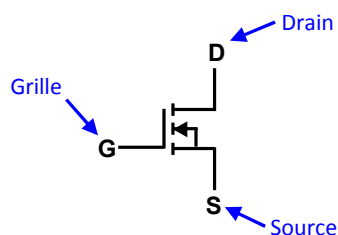
Un transistor à effet de champ **MOSFET à enrichissement** est un transistor **commandé en tension**.

### 142 Symbole normalisé des transistors MOSFET à enrichissement.

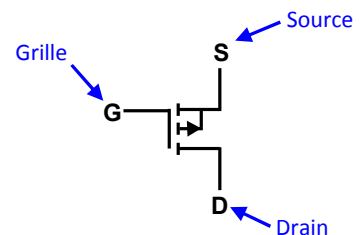
Il existe deux types de transistors MOSFET à enrichissement :

- les transistors **MOSFET à enrichissement canal N**
- les transistors **MOSFET à enrichissement canal P**.

Transistor MOSFET canal N :

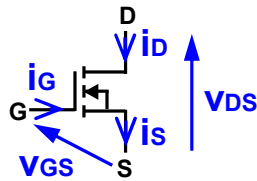


Transistor MOSFET canal P :

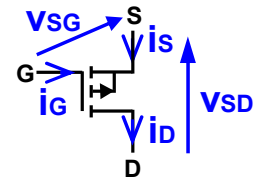


### 143 Définition des grandeurs électriques caractéristiques.

Transistor MOSFET **canal N** :



Transistor MOSFET **canal P** :



Les tensions et les courants repérés ci-dessus sont fléchés positifs pour les deux types de transistors MOSFET (canal N et canal P) :

- $V_{GS}$  : tension grille source pour un transistor canal N ( $V_{SG}$  pour un transistor canal P)
- $V_{DS}$  : tension drain source pour un transistor canal N ( $V_{SD}$  pour un transistor canal P)
- $i_G$  : courant de grille, **sachant que  $i_G$  est égal à 0** pour un transistor à effet de champ
- $i_D$  : courant de drain
- $i_S$  : courant de source.

$i_G = 0 \Rightarrow i_D = i_S$

 car loi des nœuds

Remarque : La **tension  $V_{GS}$**  d'un transistor **MOSFET canal P** est donc **négative**.

### 144 Fonctionnement en régime de commutation.

En **régime de commutation**, le transistor se comporte comme un **interrupteur** (entre D et S) **commandé par la tension  $V_{GS}$** .

La valeur de la tension  $V_{GS}$  qui détermine si un transistor **conduit** ou est **bloqué**, est appelée **tension de seuil**. Elle est notée  **$V_T$**  ou  **$V_{GS(th)}$**  dans les documentations techniques.

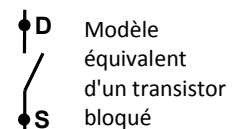
La tension de seuil dépend du transistor utilisé (il faut consulter sa documentation technique).

Remarque : La tension de seuil  $V_T$  d'un transistor canal N est positive (car  $V_{GS}$  est positive).

La tension de seuil  $V_T$  d'un transistor canal P est négative (car  $V_{GS}$  est négative).

Règles de fonctionnement (MOSFET canal N ou canal P) :

- Si  $|V_{GS}| < |V_T| \Rightarrow$  Le transistor est **bloqué**,  
il se comporte comme un **interrupteur ouvert** :



- Si  $|V_{GS}| > |V_T| \Rightarrow$  Le transistor **conduit**,  
il se comporte comme un **interrupteur fermé** :

