

# CONVERSION STATIQUE D'ÉNERGIE

## OBJECTIFS

- Posséder des connaissances générales sur les convertisseurs statiques (classement par familles).
- Etudier en détail deux convertisseurs (continu-continu et continu-alternatif).
- Connaître le comportement des interrupteurs commandés ou non commandés.
- Connaître quelques applications industrielles des convertisseurs statiques.
- Calculer des valeurs en sortie des convertisseurs (tension moyenne, tensions efficaces...).

## I- LES CONVERTISSEURS STATIQUES – GÉNÉRALITÉS

### 1- Définition

Un convertisseur statique est un système permettant d'adapter la source d'énergie électrique à un récepteur donné.

Exemples :

- Une alimentation stabilisée transforme la tension alternative sinusoïdale du réseau EDF en tension continue (famille des redresseurs).
- Un onduleur de secours transforme la tension continue des batteries en tension alternative pour alimenter, par exemple, du matériel informatique (famille des onduleurs).

### 2- Origine des convertisseurs de puissance électrique

Les premiers convertisseurs de puissance électrique ont été réalisés avec des machines électriques couplées mécaniquement.

Une machine à courant alternatif d'une part (de type synchrone ou asynchrone) couplée au réseau permettait de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique à vitesse fixe.

Une machine à courant continu d'autre part dont l'excitation commandée permettait de disposer d'une tension continue variable en sortie.

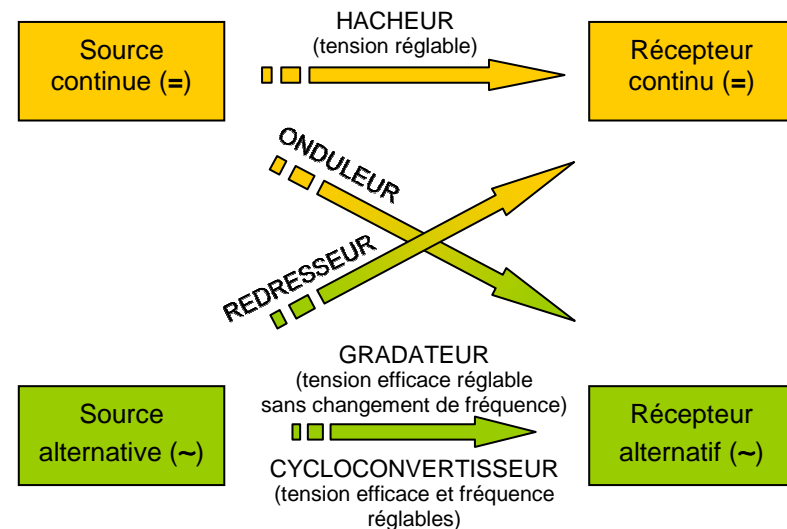
Le développement des composants de puissance au milieu du 20<sup>e</sup> siècle (électronique de puissance) a permis de développer des convertisseurs de puissance électrique sans machines tournantes.

La technologie des composants utilisés (semi-conducteurs) ne cesse d'évoluer :

- faible coût
- puissances commutées élevées
- facilité de contrôle.

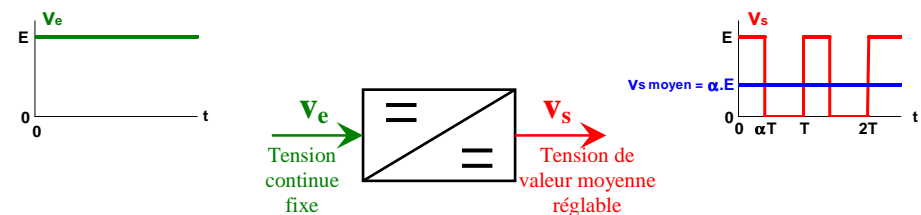
## 3- Familles de convertisseurs statiques

Suivant le type de machine à commander et suivant la nature de la source de puissance, on distingue plusieurs familles de convertisseurs statiques (schéma ci-dessous):

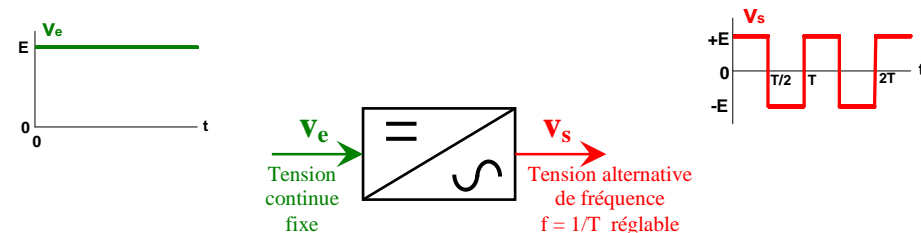


## 4- Symbole et exemples de signaux issus des convertisseurs

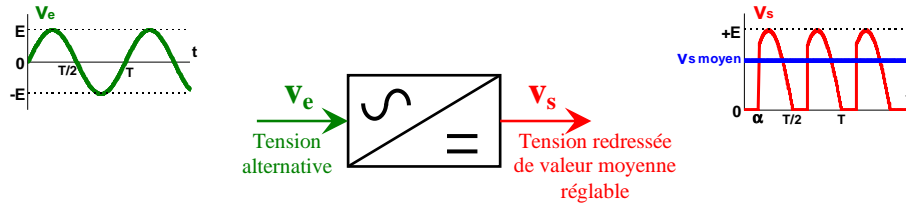
- **Hacheur** : continu → continu (rapport cyclique  $\alpha$  réglable)



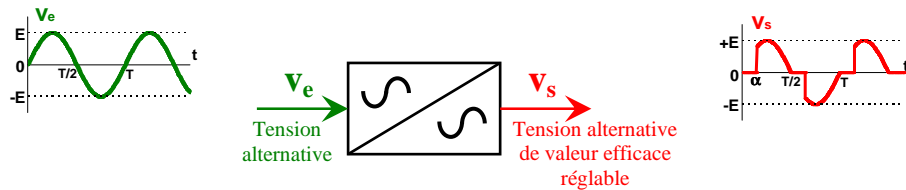
- **Onduleur** : continu → alternatif (valeur moyenne = 0)



■ **Redresseur** : alternatif → continu (valeur moyenne éventuellement réglable)



■ **Gradateur** : alternatif → alternatif (valeur efficace réglable)



## 5- Réversibilité des convertisseurs

Une notion importante en électronique de puissance comme en électrotechnique est la notion de réversibilité.

**Définition** : Un convertisseur statique d'énergie est dit **réversible** lorsque **l'énergie** peut **transiter dans les deux sens** (source → récepteur ou récepteur → source) de manière naturelle ou commandée.

**Exemple** : Lors du freinage d'une voiture électrique, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (moteur → génératrice) qui sert à recharger les accumulateurs à travers le redresseur réversible (redresseur commandé).

## II- LES INTERRUPTEURS DE L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

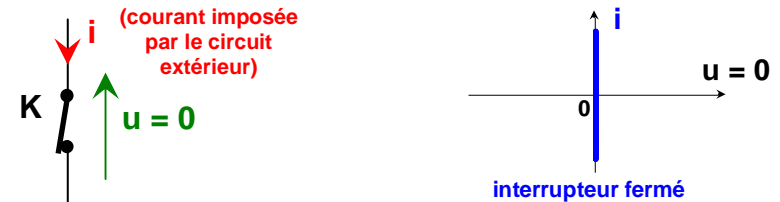
### 1- Les interrupteurs parfaits

Un interrupteur parfait possède deux états : "Ouvert (OFF)" et "Fermé (ON)"

■ **Interrupteur ouvert** (position OFF :  $i = 0$ )

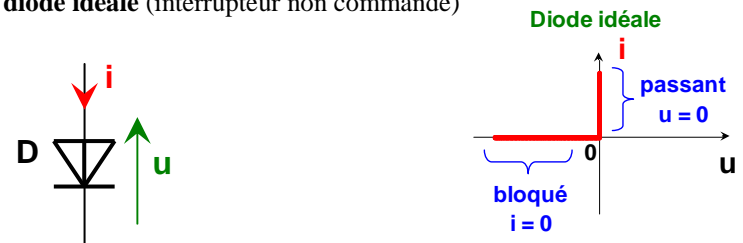


■ **Interrupteur fermé** (position ON :  $u = 0$ )



### 2- Les interrupteurs à semi-conducteurs

■ **La diode idéale** (interrupteur non commandé)

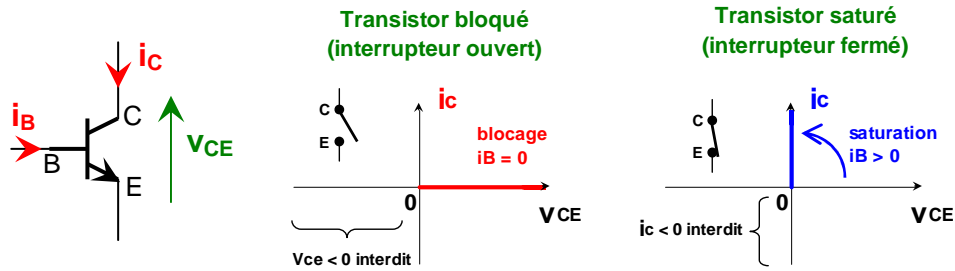


La diode passe de l'état bloqué à l'état passant lorsque  $u$  ou  $i$  change de signe (positif).  
La diode passe de l'état passant à l'état bloqué lorsque  $u$  ou  $i$  change de signe (négatif).

La commutation est spontanée car elle ne dépend que de signe du courant ou de la tension du circuit extérieur.

## ■ Le transistor bipolaire

Cet interrupteur est commandable à l'ouverture et à la fermeture, la commutation se fait par une action électrique (injection d'un courant de base  $i_B$ ).

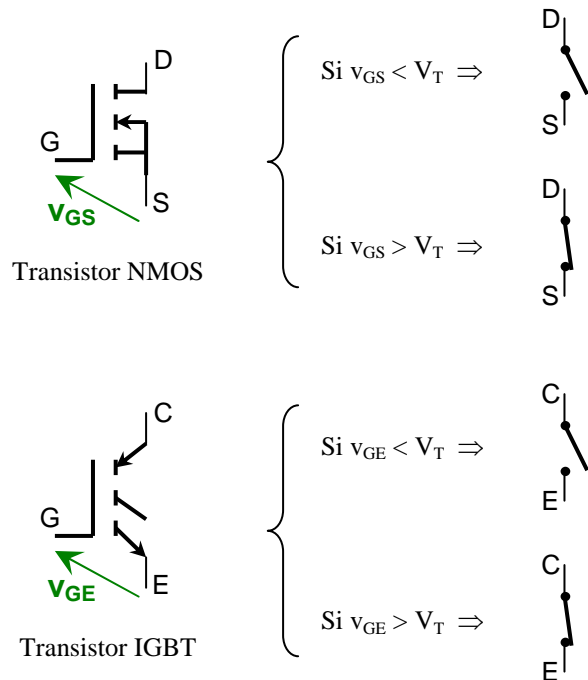


Lorsque le transistor est saturé (interrupteur fermé) le courant  $i_C$  et la tension  $V_{CE}$  ne doivent pas être négatif.

Le transistor est donc un interrupteur commandé unidirectionnel en tension et en courant.

## ■ Les transistors MOS et IGBT

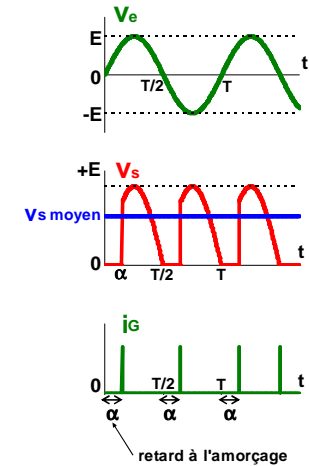
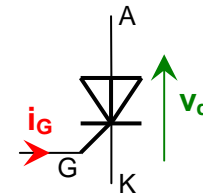
Ces transistors, plus performants, ont le même comportement que le bipolaire à la différence qu'ils se commandent avec une tension (le courant de commande est très faible).



## ■ Le thyristor

Le thyristor est une diode commandée qui ne permet donc le passage du courant que dans un sens. De plus il n'est commandable qu'à la fermeture. L'ouverture s'effectue lors de la disparition du courant direct (voir diode).

Le thyristor se comporte donc comme une diode dont la mise en conduction dans le sens passant sera autorisée par une impulsion de courant sur la gâchette (retard  $\alpha$  à l'amorçage réglable).



Prenons l'exemple du redressement commandé. On retarde de  $\alpha$  l'amorçage du thyristor pour régler la valeur moyenne (schéma ci-dessous):