

## CONVERTISSEURS DIRECTS

**Thématique :** *Électronique de puissance*

↪ **Chapitre :** *Généralités*

↪ **Section :** *Structures de conversion*

**Type ressource :**     *Exposé*         *Laboratoire virtuel / Exercice*         *Qcm*

*Dans ce cours, on définit ce qu'est un convertisseur direct : c'est un convertisseur où les interrupteurs à semiconducteurs agissent directement en fonction de leur état (ON ou OFF) sur les connexions entre le générateur et le récepteur qu'il alimente.*

*On montre ensuite via trois exemples comment, en agissant sur les connexions entre le générateur et le récepteur :*

- *transformer une tension alternative en une tension continue*
- *transformer une tension continue en une tension alternative.*

- *pré requis : aucun*
- *niveau : premier et deuxième cycles*
- *durée estimée : 15 minutes*
- *auteur(s) : Francis Labrique (UCL)*
- *réalisation : Sophie Labrique*



## 1. STRUCTURE ET COMMANDE

Dans un convertisseur direct les interrupteurs à semiconducteurs relient les bornes de sortie du générateur aux bornes d'entrée du récepteur (figure 1).

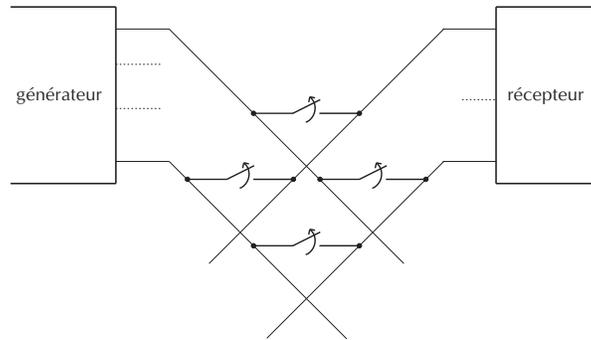


Figure 1.

En fonction de leur état (ON ou OFF), ces interrupteurs établissent ou suppriment des connexions entre ces bornes.

La ou les tensions, le ou les courants et la puissance fournis par le générateur au récepteur dépendent de la manière dont les connexions que les interrupteurs à semiconducteurs établissent ou suppriment évoluent en fonction du temps.

Les commutations des semiconducteurs (passage de l'état ON à l'état OFF ou de l'état OFF à l'état ON) résultent

- soit de l'évolution du courant qui les traverse ou de la tension à leurs bornes
- soit des commandes qui leur sont appliquées

en fonction du type de semiconducteurs (diode, transistor, thyristor).

S'il y a des semiconducteurs commandés, on peut agir (via les signaux de commande qu'on leur envoie) sur l'évolution des connexions entre le générateur et le récepteur (figure 2). Mais il faut veiller à ce que les connexions qu'on établit ou qu'on ouvre soient compatibles avec les lois de Kirchhoff et la continuité de l'énergie dans les éléments L et C présents dans le générateur et le récepteur.

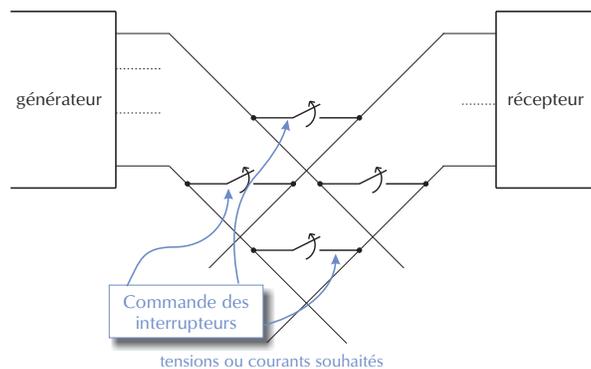


Figure 2.

### EXEMPLE DE FONCTIONS À RÉALISER : LE REDRESSEUR

On veut alimenter un récepteur R-L sous une tension continue à partir d'une source de tension alternative triphasée connectée en étoile (figure 3).

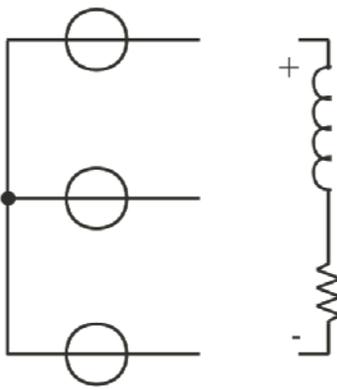


Figure 3.

On relie la borne de la charge au point neutre de la source.

On connecte la borne + de la charge aux trois bornes de la source à l'aide de trois interrupteurs à semiconducteur (figure 4).

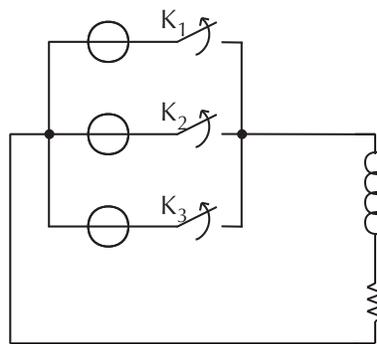


Figure 4.

En fermant

- $K_1$  durant l'intervalle où la tension  $e_1$  est la plus positive
- $K_2$  durant l'intervalle où la tension  $e_2$  est la plus positive
- $K_3$  durant l'intervalle où la tension  $e_3$  est la plus positive

on obtient une tension qui n'est qu'approximativement continue car elle "ondule" autour de sa valeur moyenne (figure 5).

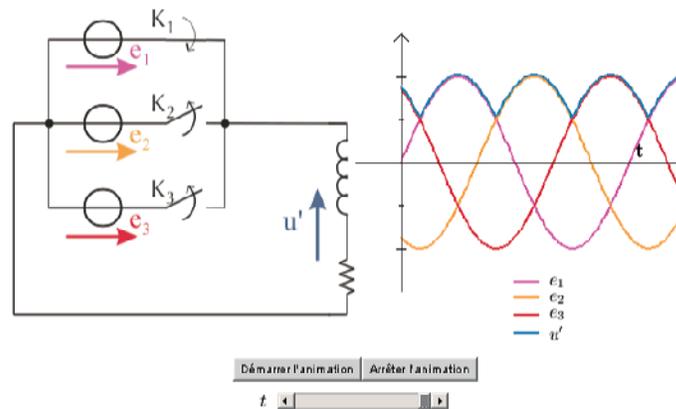


Figure 5.

Le courant absorbé est d'autant plus proche d'un courant constant que l'inductance du récepteur est grande, car cette inductance s'oppose aux variations du courant.

Si nécessaire, pour rendre la tension aux bornes de R quasi constante, on peut réaliser un filtre en ajoutant un condensateur C (figure 6).

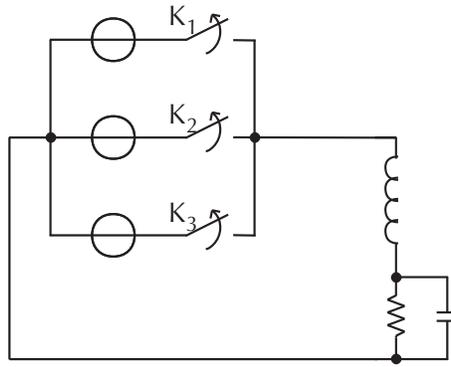


Figure 6.

### 3. EXEMPLE DE FONCTIONS À RÉALISER : L'ONDULEUR

On veut alimenter un récepteur R-L monophasé à courant alternatif à partir d'une source de tension continue (figure 7)

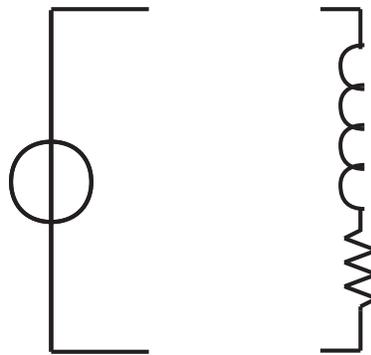


Figure 7.

On relie chaque borne du récepteur à la borne + du récepteur et à la borne - du récepteur par deux interrupteur (figure 8).

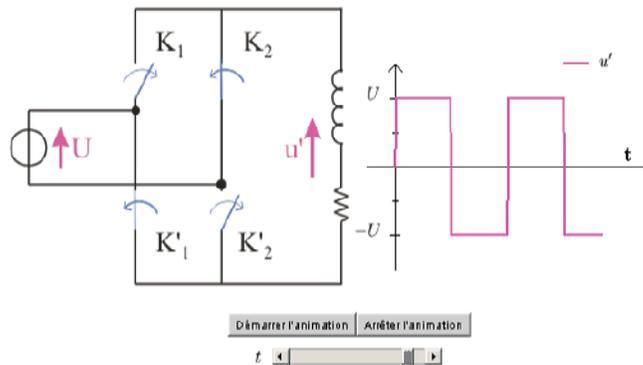


Figure 8.

En fermant  $K_1$  et  $K'_2$  on applique une tension  $+U$  au récepteur.  
 En fermant  $K'_1$  et  $K_2$  on applique une tension  $-U$  au récepteur.  
 En commutant de  $K_1$  et  $K'_2$  ON à  $K'_1$  et  $K_2$  ON et ainsi de suite, on applique au récepteur une tension qui vaut  $+U$ , puis  $-U$  puis à nouveau  $+U$ ...  
 Si on effectue les commutations périodiquement de manière à avoir  $+U$  durant une demi-période puis  $-U$  durant l'autre demi-période, on crée aux bornes du récepteur une tension alternative (figure 9).

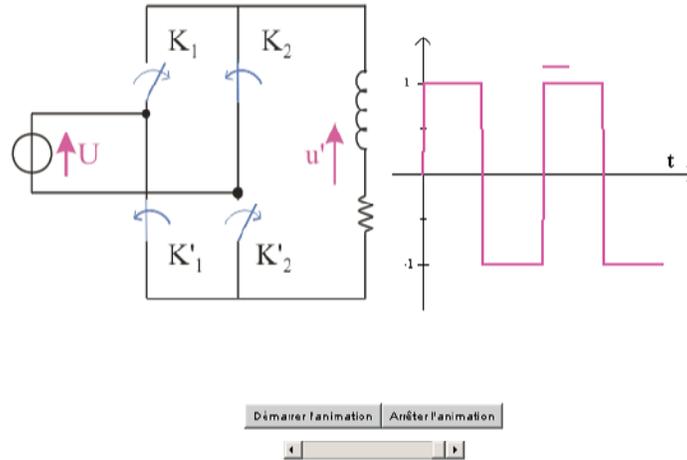


Figure 9.

Cette tension comporte une composante sinusoïdale de fréquence  $f = 1/T$  et des harmoniques de fréquence  $3f, 5f, \dots$

Le courant absorbé se rapproche davantage d'un courant sinusoïdal car l'impédance que  $L$  oppose aux harmoniques croît avec leur rang.

Si nécessaire on peut utiliser un filtre pour rendre la tension aux bornes de  $R$  plus sinusoïdale (figure 10).

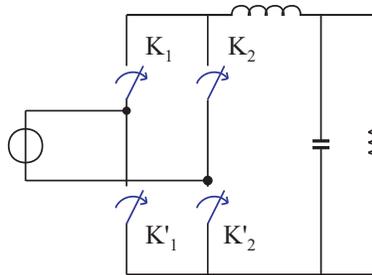


Figure 10.

#### 4. EXEMPLE DE FONCTIONS À RÉALISER : LE HACHEUR

On veut alimenter une charge R-L sous une tension continue réglable à partir d'une source de tension continue de valeur fixe (figure 11) .

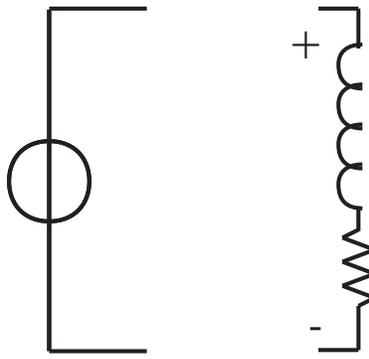


Figure 11.

Pour obtenir aux bornes de la charge une tension pouvant varier de zéro à la tension du générateur, on peut

- relier la borne - du générateur à la borne - du récepteur
- relier l'autre borne du récepteur aux bornes + et - du générateur via deux interrupteurs à semiconducteurs (figure 12).

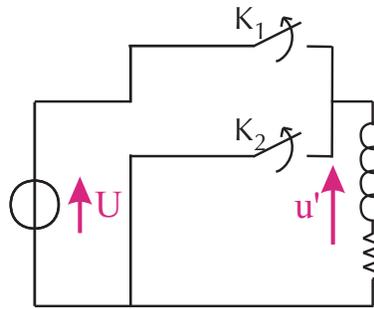


Figure 12.

Si on ferme  $K_1$ , la tension aux bornes du récepteur vaut  $U$ .

Si on ferme  $K_2$ , la tension aux bornes du récepteur vaut zéro.

En minimisant  $K_1$  et  $K_2$  d'une commande périodique et en fermant  $K_1$  pendant une fraction  $\alpha$  de la période  $T$ , on obtient aux bornes du récepteur une tension en créneau dont la valeur moyenne (la composante continue) vaut  $\alpha U$ . En faisant varier  $\alpha$  de zéro à 1, cette composante varie de zéro à  $U$  (figure 13).

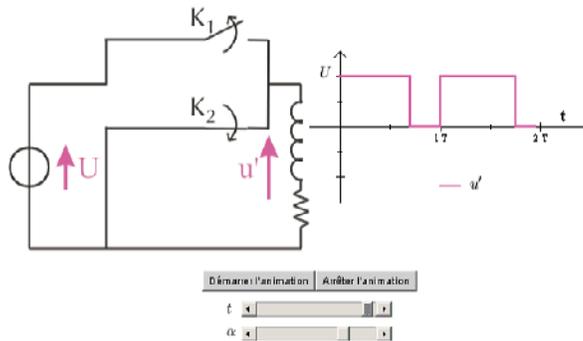


Figure 13.

L'inductance  $L$  de la charge limite la fluctuation du courant due au caractère pulsé de la tension appliquée à la charge.

Le courant absorbé est d'autant plus proche d'un courant constant que l'inductance  $L$  est grande et/ou que la fréquence de fonctionnement  $f = 1/T$  est grande.

## 5. LES PROBLÈMES À RÉSOUDRE

En fonction des caractéristiques du générateur et du récepteur, il faut déterminer

- le(s) quadrant(s) du plan  $u-i$  dans le(s)quel(s) les interrupteurs doivent
  - pouvoir être à l'état ON
  - pouvoir être à l'état OFF
- les changements d'état qu'on peut (doit) commander de manière à pouvoir choisir pour chaque interrupteur le semiconducteur ou l'assemblage de semiconducteurs adéquat.

Il faut également veiller à assurer les changements d'état commandés de manière à

- respecter la continuité des courants dans les inductances
- respecter la continuité des tensions aux bornes des condensateurs
- ne pas mettre en court-circuit les sources de tension
- ne pas mettre en circuit ouvert les sources de courant

qu'on trouve dans le générateur et le récepteur.

Pour cela, il faut commander de manière adéquate les interrupteurs et, le cas échéant, adapter les caractéristiques du générateur ou du récepteur en ajoutant des inductances en série avec leurs bornes d'accès ou des condensateurs en parallèle avec ces bornes.