



e-Learning for Electrical Engineering

STRUCTURE

Thématique : *Électronique de puissance*

↪ **Chapitre :** *Onduleurs*

↪ **Section :**

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

Dans ce cours, on introduit les structures d'onduleurs les plus utilisées. On détermine à quelle association de semi-conducteurs doivent correspondre les interrupteurs et comment ils commutent. On indique ensuite la (ou les) relation(s) qui existent entre les états possibles des interrupteurs et la (ou les) tension(s) de sortie.

- *pré requis : aucun*
- *niveau : 1 - introduction, premier cycle*
- *durée estimée : 1/2 heure*
- *auteur(s) : Francis Labrique (UCL)*
- *réalisation : Sophie Labrique*



Avec le soutien financier de la Commission Européenne. Le présent document n'engage que son(s) auteur(s). La Commission ne saurait être tenue responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans ce document.

1. Structures considérées

On ne considère que les onduleurs en pont alimentant

- soit une charge monophasée
- soit une charge triphasée équilibrée en triangle ou en étoile à neutre isolé.

Dans ces onduleurs, chaque borne d'accès de la charge est reliée à deux interrupteurs à semiconducteurs, l'un permettant de la connecter à la borne positive de la source continue, l'autre à la borne négative de cette source (figure 1).

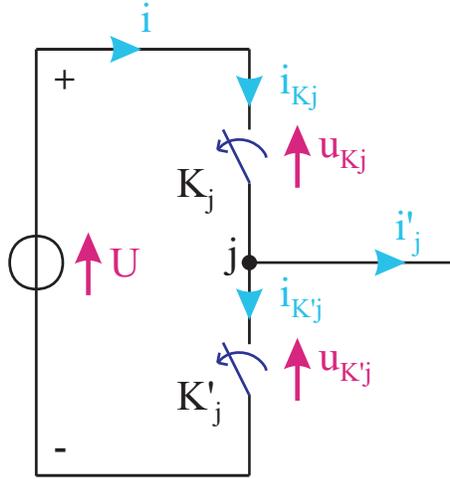


Figure 1.

Les interrupteurs K_j et K'_j forment un bras de l'onduleur.

- Un onduleur monophasé en pont comporte deux bras (figure 2)

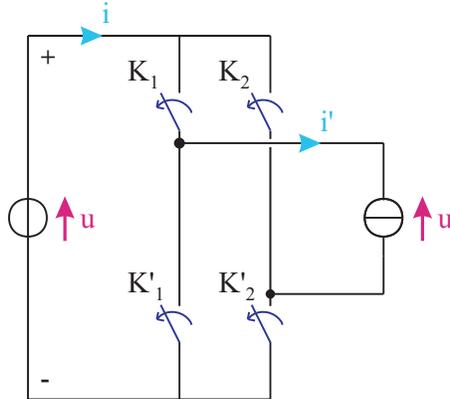


Figure 2.

- Un onduleur triphasé en pont comporte trois bras (figure 3)

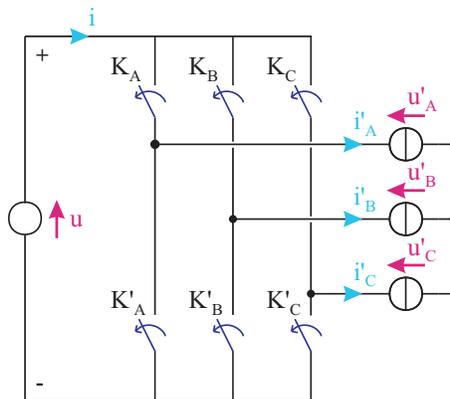


Figure 3.

2. Choix des interrupteurs

– Au niveau des interrupteurs du bras j : pour permettre au courant i_j de circuler, il faut qu'au moins un des deux interrupteurs K_j et K'_j soit à l'état ON.

– Pour éviter de court-circuiter la source U , ils ne peuvent être ON simultanément.

Les états des deux interrupteurs de chaque bras doivent donc être **complémentaires**, l'un étant ON l'autre OFF (figure 4)

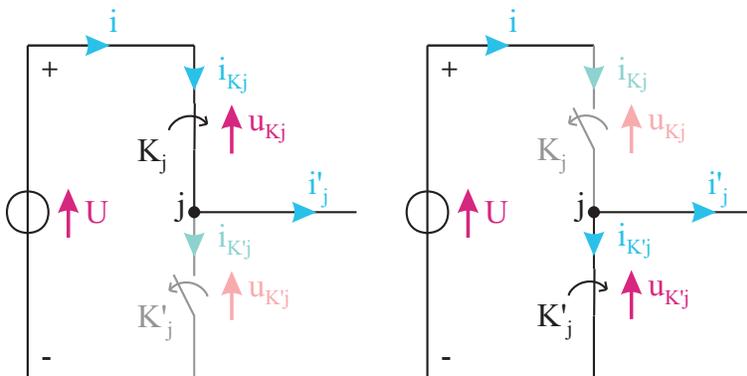


Figure 4.

Lorsque l'interrupteur K_j est ON, il est traversé par le courant i_j . Comme ce courant est un courant alternatif, il est parfois positif, parfois négatif : l'interrupteur K_j doit donc être réversible en courant.

Lorsque l'interrupteur K_j est OFF, l'interrupteur K'_j est ON : la tension aux bornes de K_j est donc égale à U . Cette tension est une tension continue, donc toujours positive.

L'interrupteur K_j est un interrupteur 3 segments formé de la mise en parallèle inverse d'un transistor et d'une diode (figure 5).

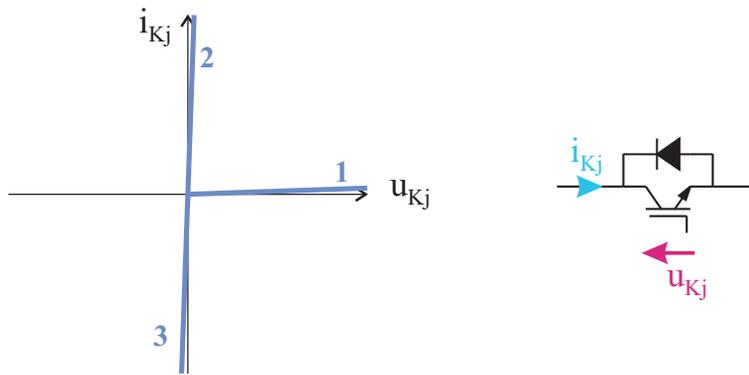


Figure 5.

- la branche 1 correspond à l'état bloquant du transistor et de la diode
- la branche 2 correspond à la conduction du transistor
- la branche 3 correspond à la conduction de la diode.

Lorsque le transistor est conducteur (branche 2) la diode est soumise à une tension négative très faible égale à la chute de tension $(V_{CE})_{sat}$ du transistor à l'état passant.

Lorsque la diode est conductrice (branche 3) le transistor est soumis à une très faible tension négative égale à la chute de tension V_{DON} à l'état passant de la diode : lorsqu'on est sur la branche 3 on peut commander l'état ON du transistor de manière à permettre un passage automatique à la branche 2 si le courant i_j cesse d'être négatif pour devenir positif.

L'interrupteur K'_j présente les mêmes caractéristique que l'interrupteur K_j ; il est donc aussi formé de la mise en parallèle inverse d'une diode et d'un transistor

3. Commutations

Les états des interrupteurs K_j et K'_j doivent être complémentaires. Pour permettre la circulation du courant i_j sans court-circuiter la source U , on doit avoir

- soit K_j ON et K'_j OFF
- soit K_j OFF et K'_j ON.

Pour passer de K_j ON et K'_j OFF à K_j OFF et K'_j ON, deux cas doivent être considérés

- soit le courant i_j est positif
- soit le courant i_j est négatif

Passage de K_j ON, K'_j OFF à K_j OFF, K'_j ON pour $i_j > 0$.

Si i_j est positif,

- lorsque K_j est ON, c'est le transistor T_j qui est conducteur figure 6).

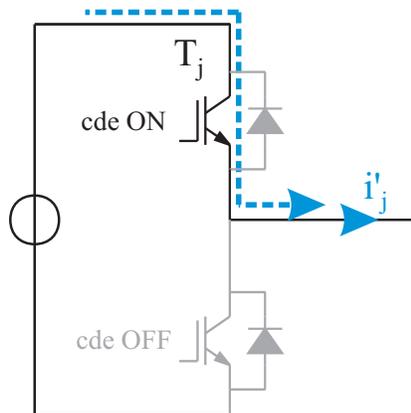


Figure 6.

– lorsque K'_j est ON, c'est la diode D'_j qui est conductrice (figure 7).

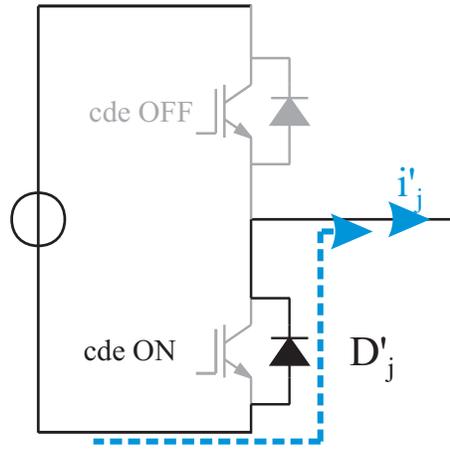


Figure 7.

La commutation de K_j ON (T_j conducteur) à K'_j ON (D'_j conductrice) s'opère en commandant le blocage de T_j (figure 8).

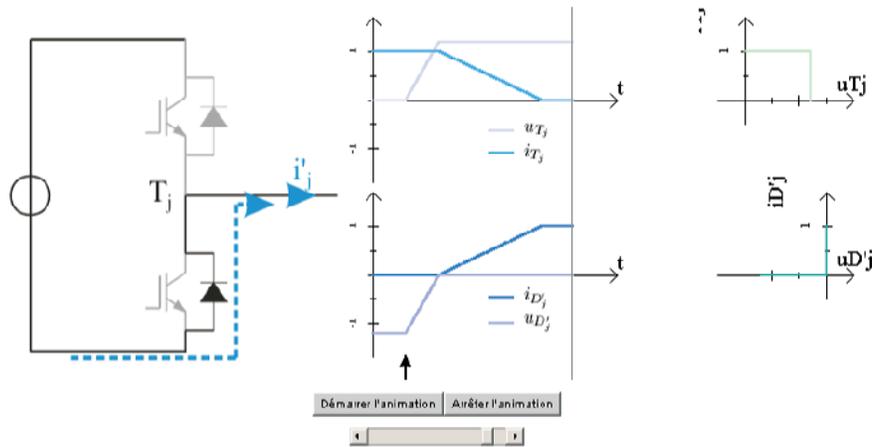


Figure 8.

Lorsque T_j est OFF, on peut commander l'état ON de T'_j pour que K'_j reste fermé même si le courant i_j cesse d'être positif et devient négatif

Passage de K_j ON, K'_j OFF à K_j OFF, K'_j ON pour $i_j < 0$.

Si i_j est négatif,

– lorsque K_j est ON, c'est la diode D_j qui est conductrice (figure 9)

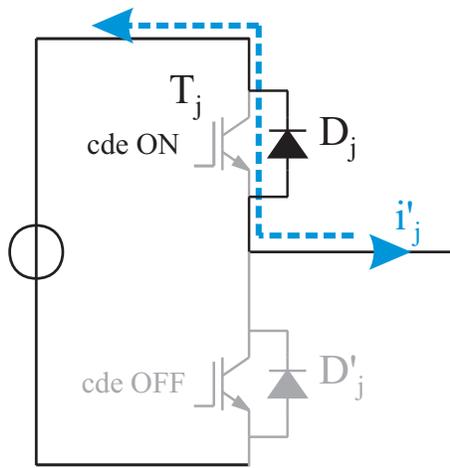


Figure 9.

– lorsque K'_j est ON, c'est le transistor T'_j qui est conducteur (figure 10).

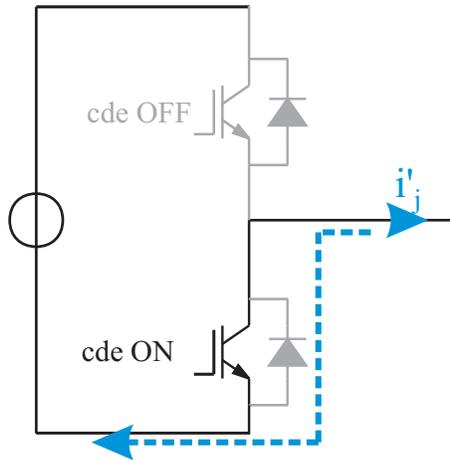


Figure 10.

La commutation de K_j ON (D_j conductrice) à K'_j ON (T'_j conducteur) s'opère en commandant l'amorçage de T'_j après avoir préalablement bloqué T_j pour éviter d'avoir une conduction simultanée de T_j et T'_j et donc un court-circuit de la source U (figure 11).

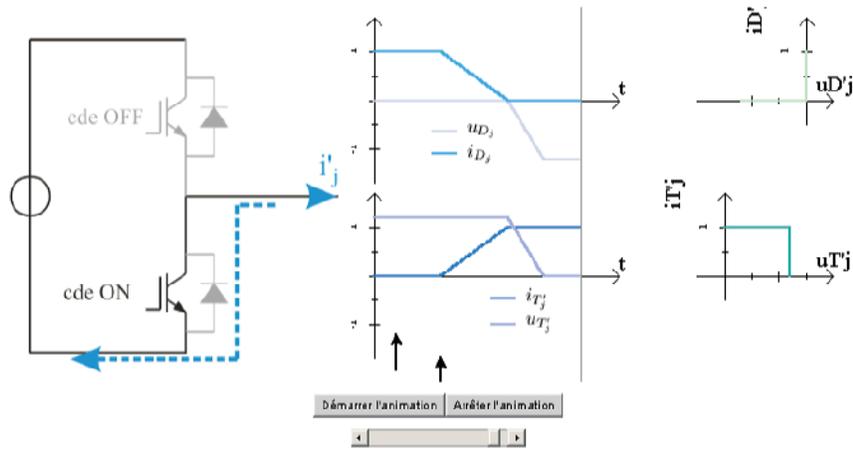


Figure 11.

Conclusion

Pour passer de K_j ON, K'_j OFF à K_j OFF, K'_j ON, on commande le blocage de T_j , puis après un délai t_d l'amorçage de T'_j :

- si $i_j > 0$, c'est la commande au blocage de T_j qui provoque la commutation
- si $i_j < 0$, c'est la commande à l'amorçage de T'_j qui provoque la commutation.

Le délai t_d

- doit être suffisant que pour permettre à T_j de se bloquer s'il était conducteur
- ne doit pas être trop grand car il fixe l'écart qui peut exister (si $i_j < 0$) entre l'instant où on démarre le processus de commutation par blocage de T_j et l'instant où la commutation commence réellement.

4. Configurations possibles des états des interrupteurs

Si on prend comme potentiel de référence le point milieu de la source U , le potentiel P_j de la borne j peut prendre deux valeurs (figure 12) :

$$K_j ON, K'_j OFF \rightarrow P_j = U/2$$

$$K_j OFF, K'_j ON \rightarrow P_j = -U/2$$

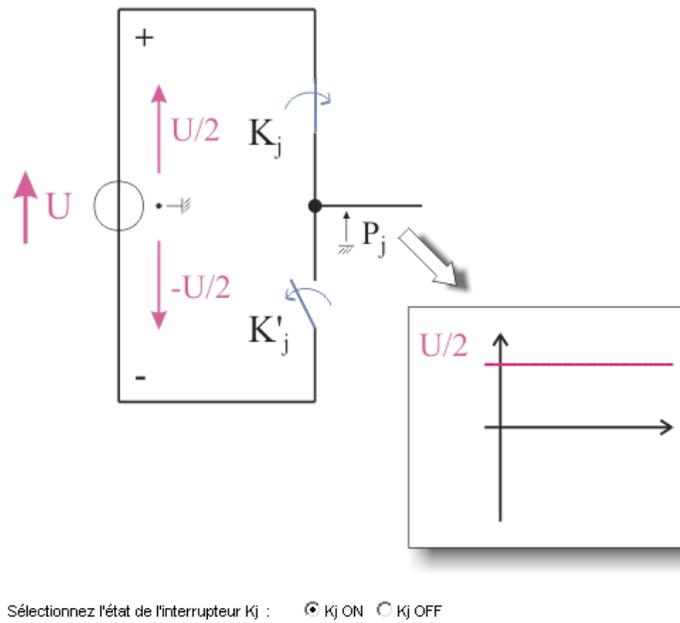


Figure 12.

Pour un onduleur monophasé en pont, on a 4 configurations possibles et trois valeurs possibles pour la tension u aux bornes de la charge $+U$, U , 0 (figure 13)

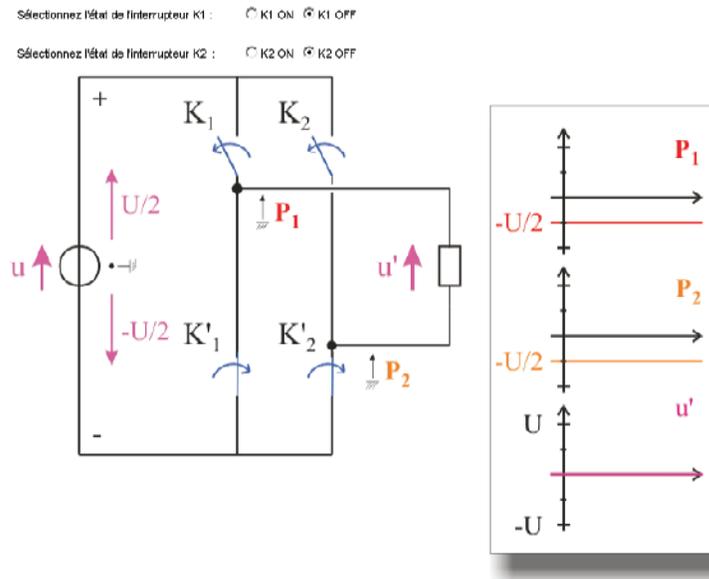


Figure 13.

Pour un onduleur triphasé en pont si la charge est équilibrée et connectée en étoile à neutre isolé (figure 14), on a

$$i'_A + i'_B + i'_C = 0 \quad (1)$$

$$u'_A + u'_B + u'_C = 0 \quad (2)$$

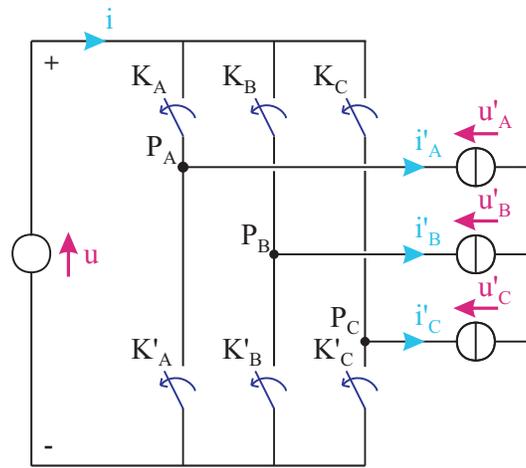


Figure 14.

Les tensions u'_A, u'_B, u'_C sont reliées aux potentiels P_A, P_B, P_C par

$$P_A - P_B = u'_A - u'_B \quad (3)$$

$$P_A - P_C = u'_A - u'_C \quad (4)$$

$$P_B - P_C = u'_B - u'_C \quad (5)$$

En faisant (3) - (4), on a :

$$2P_A - P_B - P_C = 2u'_A - (u'_B + u'_C)$$

Comme $u'_A + u'_B + u'_C = 0$, on a finalement

$$2P_A - P_B - P_C = 3u'_A$$

soit

$$u'_A = 2/3P_A - 1/3P_B - 1/3P_C$$

On obtient des relations similaires pour u'_B et u'_C .
On a 8 configurations possibles (figure 15).

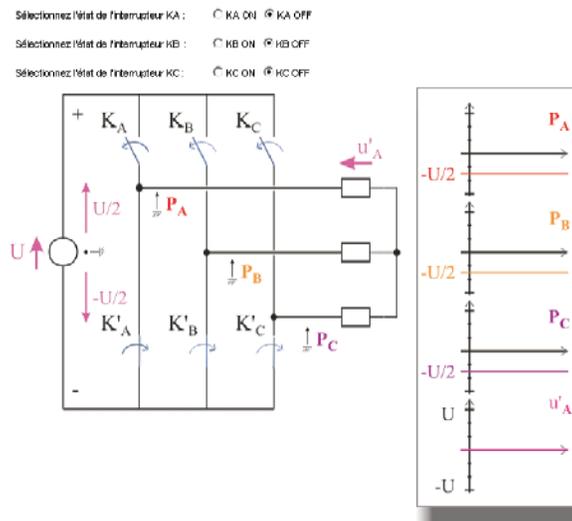


Figure 15.

On a 2 manières d'obtenir $u'_A = u'_B = u'_C = 0$

– soit K_A, K_B et K_C ON

– soit K'_A, K'_B et K'_C ON

Les différents modes de commande qu'on peut envisager consistent à faire se succéder les différentes configurations possibles des interrupteurs de manière à obtenir une ou des tensions alternatives aux bornes du récepteur (une tension alternative si elle est périodique et de valeur moyenne nulle).