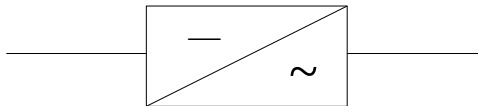


# ONDULEUR

## I. PRINCIPE DES ONDULEURS AUTONOMES

On appelle onduleur, un convertisseur statique continu-alternatif qui permet d'obtenir une tension alternative de valeur efficace fixe ou réglable à partir d'une source de tension continue.



L'onduleur est autonome si sa fréquence de fonctionnement est indépendante de la sortie.

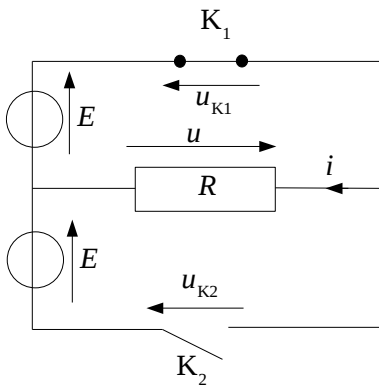
Les onduleurs sont utilisés:

- ✓ pour réaliser des variateurs de vitesse des moteurs synchrones ou asynchrones;
- ✓ dans des alimentations de secours.

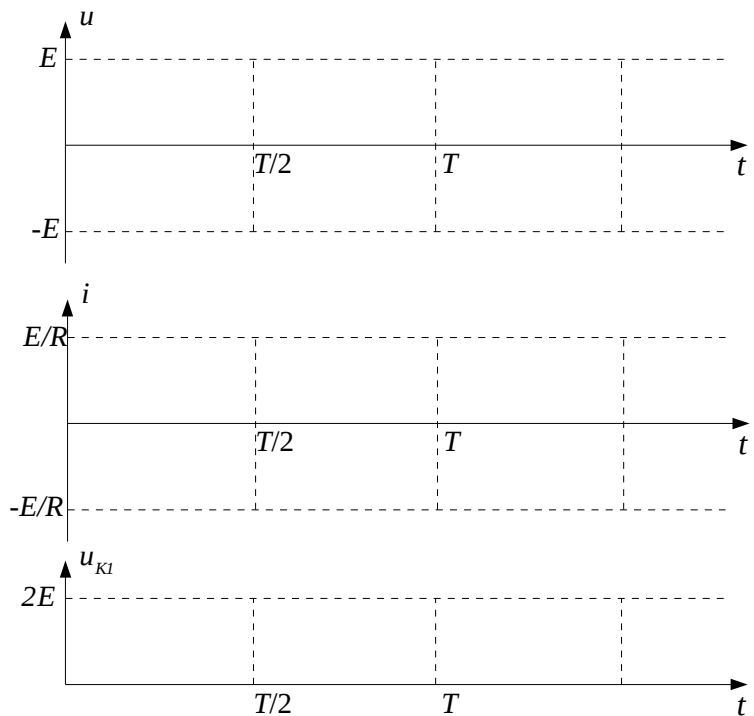
## II. ONDULEUR DE TENSION MONOPHASÉE À 2 INTERRUPTEURS

### 1. Débit sur charge résistive

#### a. Schéma du montage



#### b. Oscillogrammes



interrupteur	$T/2$	$T$		
fermé				
ouvert				

### c. Interprétation

De 0 à  $\frac{T}{2}$

$K_1$  est fermé  $\Rightarrow u_{K1} = 0$

Loi des mailles:  $E + u_{K1} - u = 0 \Rightarrow u = E$

Loi d'ohm:  $u = R.i \Rightarrow i = \frac{u}{R}$

On en déduit:  $i = \frac{E}{R}$

De  $\frac{T}{2}$  à  $T$

$K_2$  est fermé  $\Rightarrow u_{K2} = 0$

Loi des mailles:  $E + u_{K2} + u = 0 \Rightarrow u = -E$

Loi d'ohm:  $u = R.i \Rightarrow i = \frac{u}{R}$

en déduit:  $i = \frac{-E}{R}$

La tension  $u$  et le courant  $i$ , alternatifs et rectangulaire, ont même période; celle ci est imposée par l'ouverture et la fermeture des interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ .

### d. Conclusion

$K_1$  et  $K_2$  sont commandés à l'ouverture, ainsi qu'à la fermeture; lorsqu'ils sont ouverts, ils doivent supporter une tension positive. On peut envisager l'utilisation de deux transistors  $T_1$  et  $T_2$  travaillant en commutation.

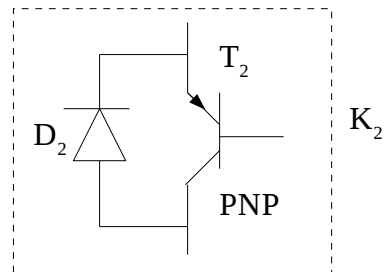
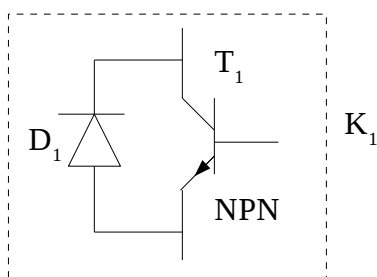
## 2. Débit sur charge inductive

### a. Structure des interrupteurs

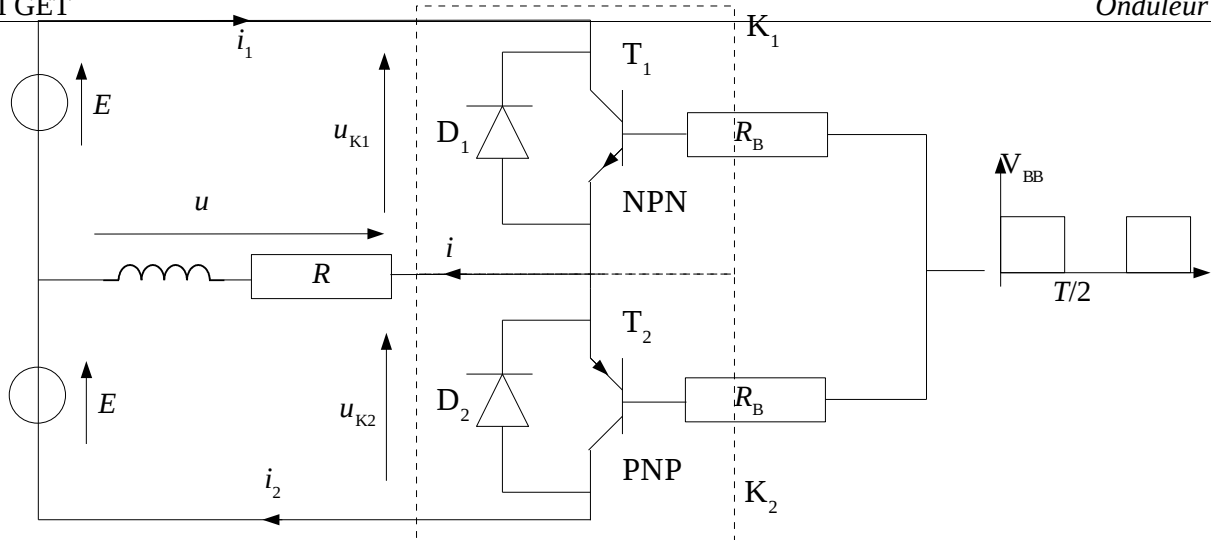
Dans le cas d'une charge inductive, l'annulation du courant  $i$  et celle de la tension  $u$  ne sont pas simultanée (loi de Lenz).

*Rappel:* Le courant à travers une inductance ne peut subir de discontinuité. Lorsque  $K_2$  est ouvert et  $K_1$  fermé ( $u = E$ ), l'intensité du courant peut être positive ou négative. Or un transistor ( $K_1$ ) ne laisse passer le courant que s'il est positif.

Afin de permettre la circulation du courant dans les deux sens, on place une diode en formant un montage dit antiparallèle.



### b. Schéma du montage.



**c. Observation des oscillogrammes**

Voir feuille en annexe

**d. Analyse de fonctionnement**

**a.  $0 < t < \frac{T}{2}$**

$K_2$  ouvert et  $K_1$  fermé  $\Rightarrow u_{K1} = 0$  et  $u = E$

$0 < t < t_1$  .....

$i < 0$ , le transistor délivre uniquement un courant positif.

$T_1$  bloqué,  
la diode  $D_1$  conduit.

La diode est appelée « diode de récupération ». **C'est une phase de récupération**

$p = u.i < 0$ : il y a transfert d'énergie de la charge vers la source de tension.

$t_1 \leq t \leq \frac{T}{2}$  .....

$i > 0$ ,

$T_1$  devient saturé  
et la diode se bloque.

Puissance:  $p = u.i = E.i > 0$ : transfert d'énergie de la source vers la charge.

**b.  $\frac{T}{2} < t < T$**

$K_1$  ouvert et  $K_2$  fermé  $\Rightarrow u_{K2} = 0$  et  $u = -E$

$\frac{T}{2} < t < t_2$  .....

$i > 0 \Rightarrow i_2 < 0$  et  $i_{D2} > 0$ , la diode  $D_2$  est passante ( $T_2$  bloqué): **phase de récupération**

Puissance:  $p = u.i = -E.i < 0$ : transfert d'énergie de la charge vers la source.

$t_2 \leq t < T$  -----

$i < 0 \Rightarrow i_2 > 0, i_{D2} < 0$ : la diode  $D_2$  se bloque et  $T_2$  est saturé.

Puissance:  $p = u.i = -E.i > 0$ : transfert d'énergie de la source vers la charge.

### e. Grandeurs caractéristiques

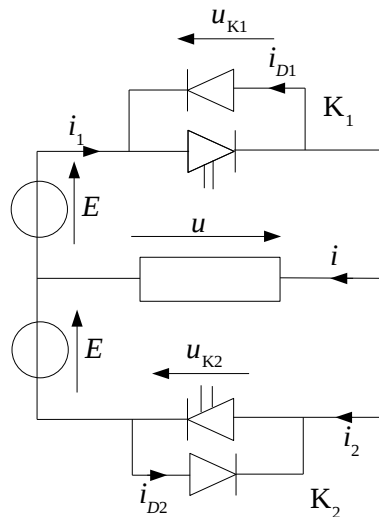
- ✓ La période  $u$  est imposée par la commande des interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ ;
- ✓ la valeur efficace  $U = E$

Remarques:

- ✓ Les sources de tension doivent être réversible en courant.
- ✓ Le montage à deux interrupteurs impose une commande symétrique.

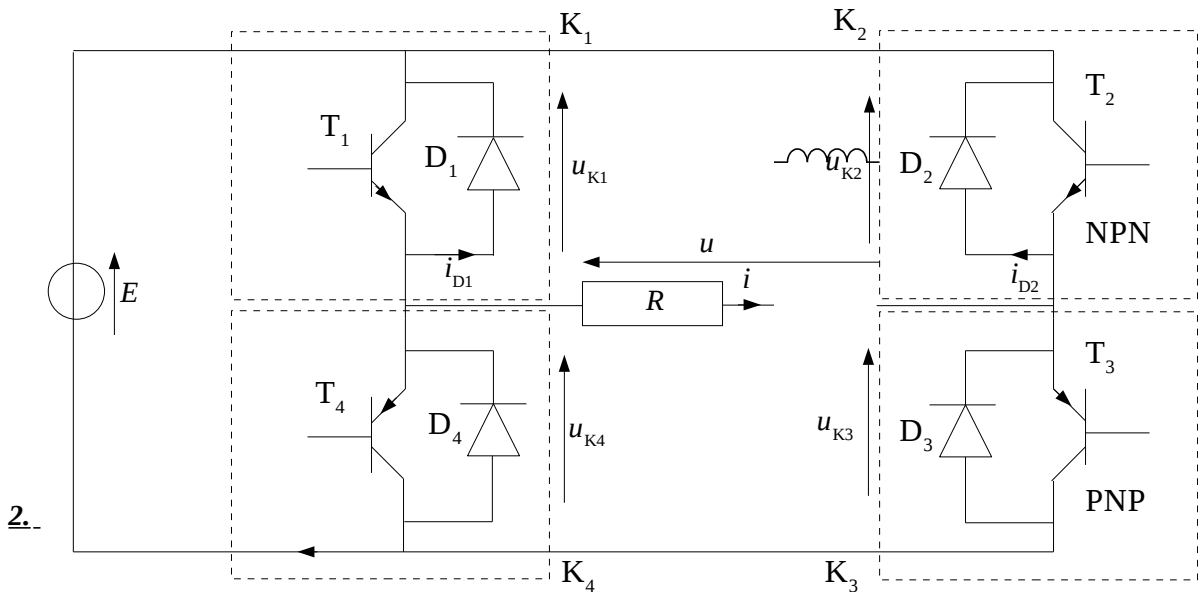
### f. Modélisation

La commande et la nature des interrupteurs ne figurent pas sur ce schéma



### III. ONDULEUR DE TENSION MONOPHASÉE EN PONT.

#### 1. schéma du montage



#### Observation des oscillogrammes.

Dans le cas où la charge est la même que précédemment et où la source de tension à la même valeur de  $E$ , les oscillogrammes de  $u$  et de  $i$  sont identiques.

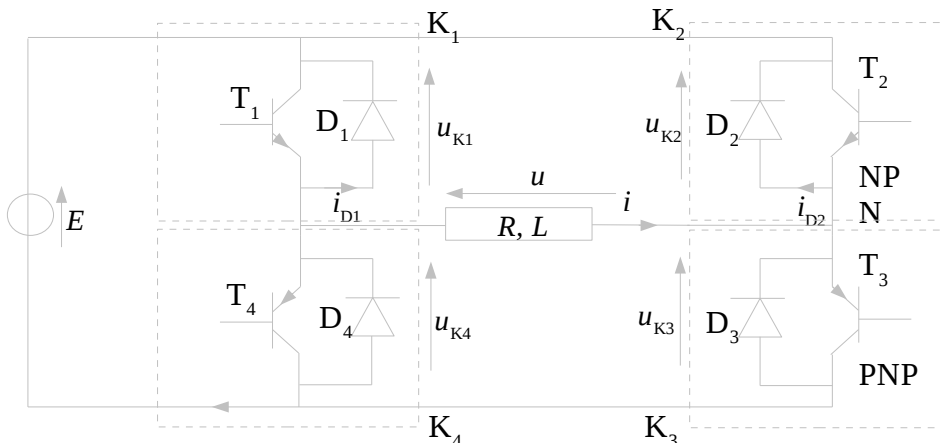
#### 3. Analyse de fonctionnement

$$a. 0 \leq t \leq \frac{T}{2}$$

La commande impose que  $K_2$  et  $K_4$  soient ouverts et  $K_1$  et  $K_3$  fermés.  $u = E > 0$ .

de  $0 < t < t_1$

$i > 0$ .

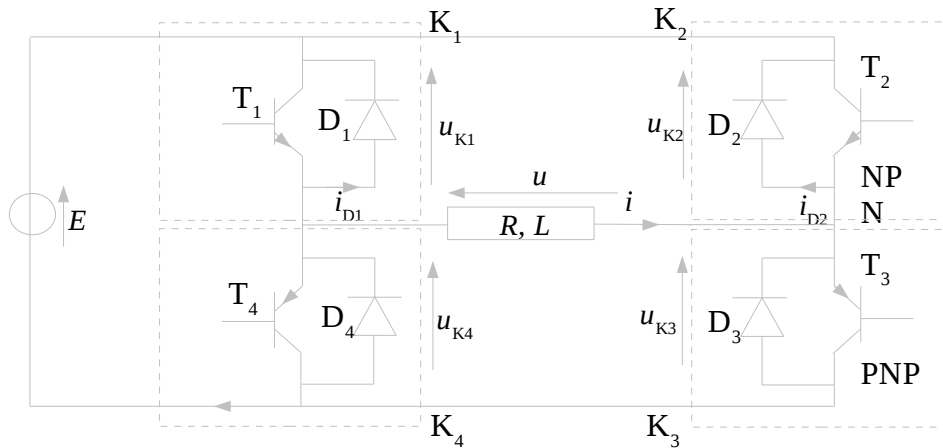


Le courant  $i$  est négatif, ce qui impose la conduction de  $D_1$  et  $D_3$ . Ces diodes restent passantes tant que l'intensité du courant qui les traverse ( $i_{D1} = i_{D3} = -i$ ) reste positive.

Pendant cet intervalle de temps, la puissance instantanée  $p = u.i = E.i < 0$ : il y a transfert d'énergie de la charge vers la source de tension.

De  $t_1 < t < \frac{T}{2}$  -----

$i > 0$ .



A l'instant  $t_1$ , le courant  $i$  s'annule et devient positif, ce qui impose la conduction de  $T_1$  et  $T_3$ .

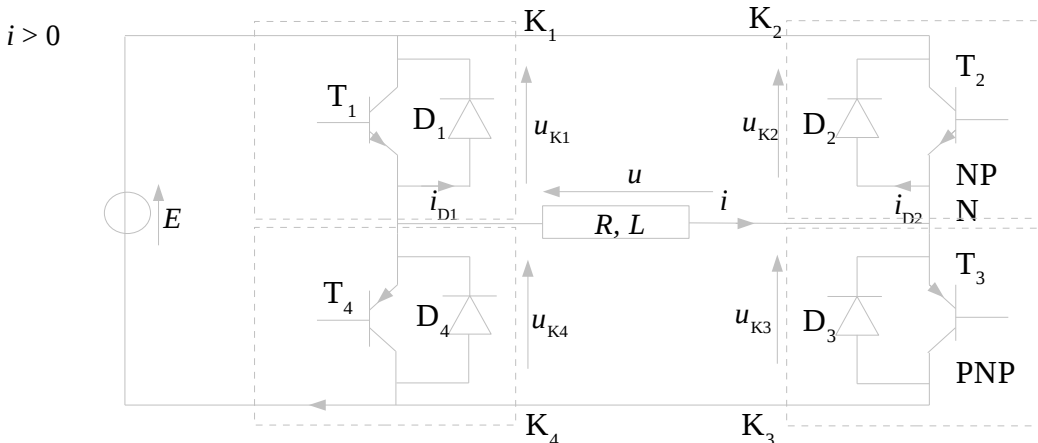
Il y a commutation de  $D_1$  vers  $T_1$  et de  $D_3$  vers  $T_3$ .

Pendant cet intervalle de temps, la puissance instantanée  $p = u.i = E.i > 0$ : il y a transfert d'énergie de la source de tension vers la charge.

b.  $\frac{T}{2} \leq t \leq T$

La commande impose que  $K_1$  et  $K_3$  soient ouverts et  $K_2, K_4$  fermés:  $u = -E < 0$

$\frac{T}{2} \leq t \leq t_2$



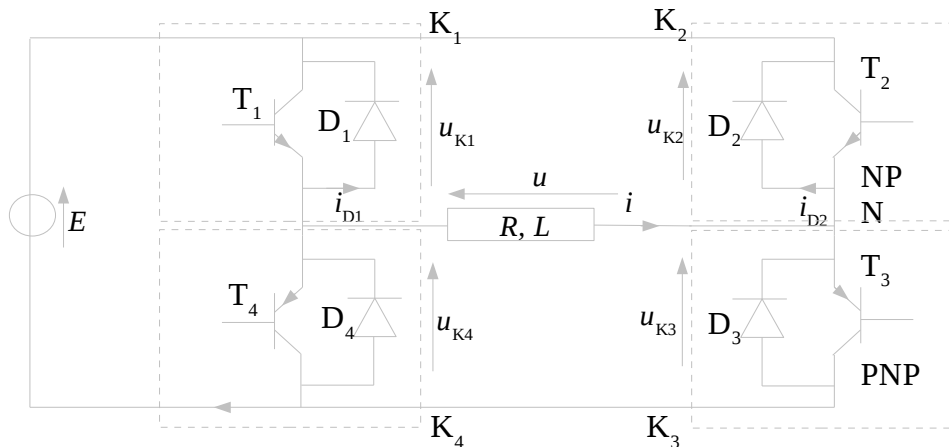
Le courant  $i$  est positif, ce qui impose la conduction de  $D_2$  et  $D_4$ .

Ces diodes restent passantes tant que l'intensité du courant qui les traverse ( $i_{D2} = i_{D4} = i$ ) reste positive.

Pendant cet intervalle de temps, la puissance instantanée  $p = u \cdot i = -E \cdot i < 0$ : il y a transfert d'énergie de la charge vers la source de tension.

De  $t_2 < t < T$

$i < 0$ .



A l'instant  $t_2$ , le courant  $i$  s'annule et devient négatif, ce qui impose la conduction de  $T_2$  et  $T_4$ .

Il y a commutation de  $D_2$  vers  $T_2$  et de  $D_4$  vers  $T_4$ .

## IV. ONDULEUR À COMMANDE DÉCALÉE

### 1. Schéma de montage

Le schéma est le même que précédemment, la commande des interrupteurs est décalée.

### 2. Observations des oscillogrammes.

Voir feuille en annexe

### 3. Analyse de fonctionnement

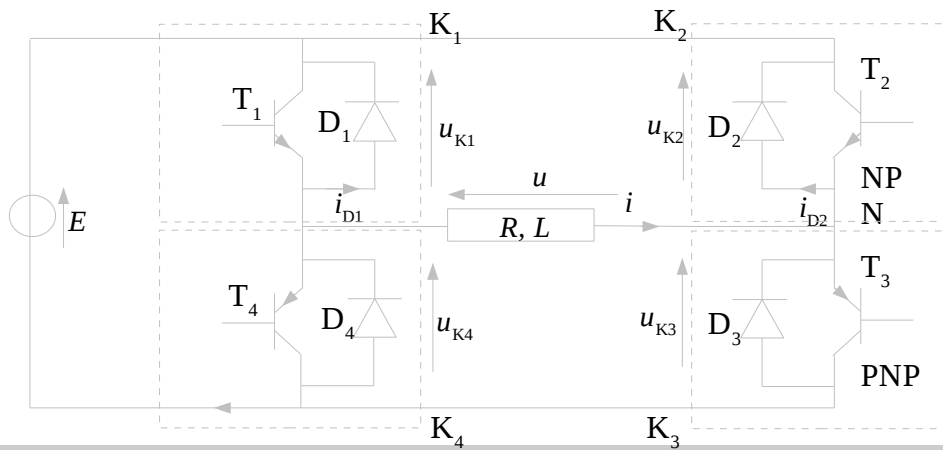
a. De  $0 < t < \tau$

la commande impose  $K_1, K_2$  ouverts et  $K_3, K_4$  fermés :  $u = 0$  et  $i < 0$

Puisque  $i < 0 \Rightarrow$  conduction de  $T_4$  et  $D_3$ .

Pendant cet intervalle de temps, la puissance vaut  $p = u \cdot i = 0W$

**C'est la phase de roue libre** ( $u = 0$ )



b. De  $\tau < t < \frac{T}{2}$

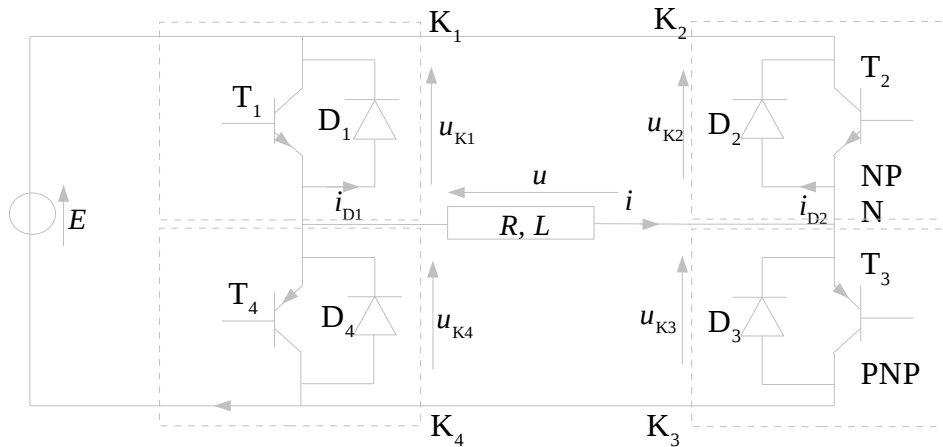
la commande impose K<sub>2</sub>, K<sub>4</sub> ouverts et K<sub>1</sub>, K<sub>3</sub> fermés :  $u = E$

b.1. De  $\tau < t < t_1$

$i < 0$ .

Puisque  $i < 0 \Rightarrow$  conduction de D<sub>1</sub> et D<sub>3</sub>

Pendant cet intervalle de temps, la puissance vaut  $p = u.i = E.i < 0$ : transfert d'énergie de la charge vers la source: **c'est la phase de récupération.**



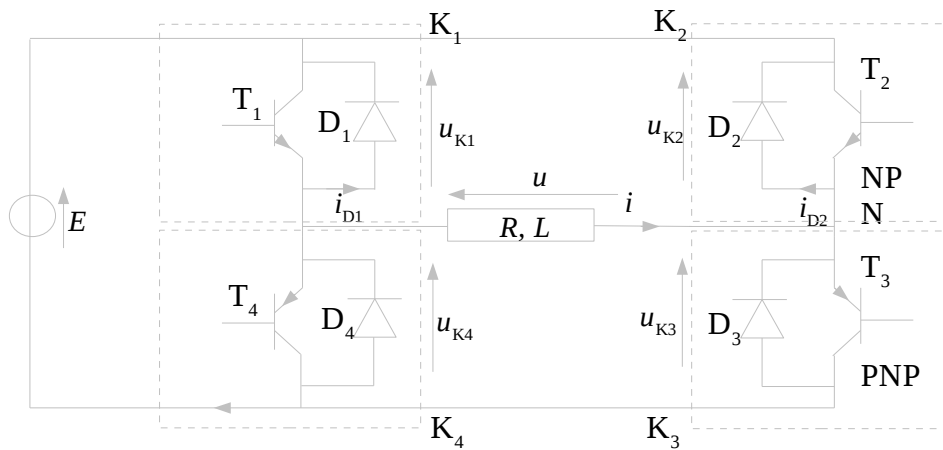
b.2. De  $t_1 < t < \frac{T}{2}$

$i > 0$

Puisque  $i > 0 \Rightarrow$  conduction de T<sub>1</sub> et T<sub>3</sub>.

Pendant cet intervalle de temps, la puissance vaut  $p = u.i = E.i > 0$ : transfert d'énergie de la source vers la charge : **c'est la phase d'alimentation.**





c. De  $\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} + \tau$

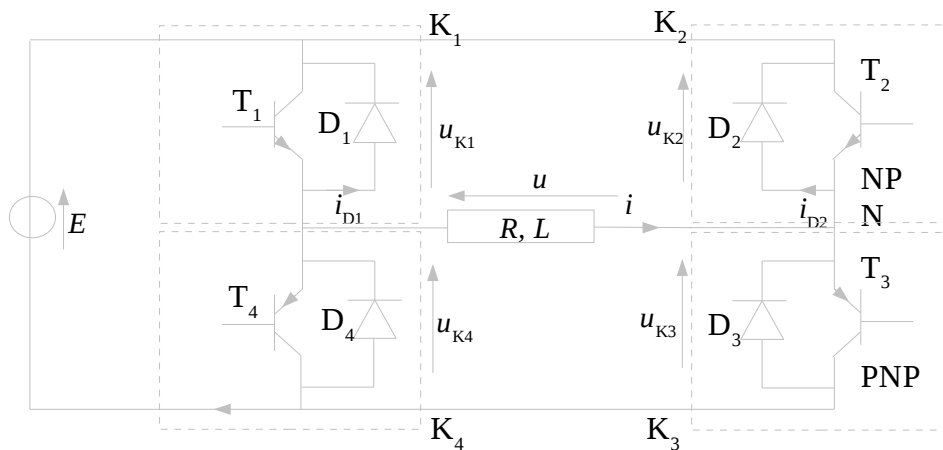
$i > 0$

La commande impose  $K_3, K_4$  ouverts et  $K_1, K_2$  fermés :  $u = 0$  et  $i > 0$ .

Puisque  $i > 0 \Rightarrow$  conduction de  $T_1$  et  $D_2$ .

Pendant cet intervalle de temps, la puissance vaut  $p = u.i = 0W$

**C'est la phase de roue libre** ( $u = 0$ )



d. De  $\frac{T}{2} + \tau < t < T$

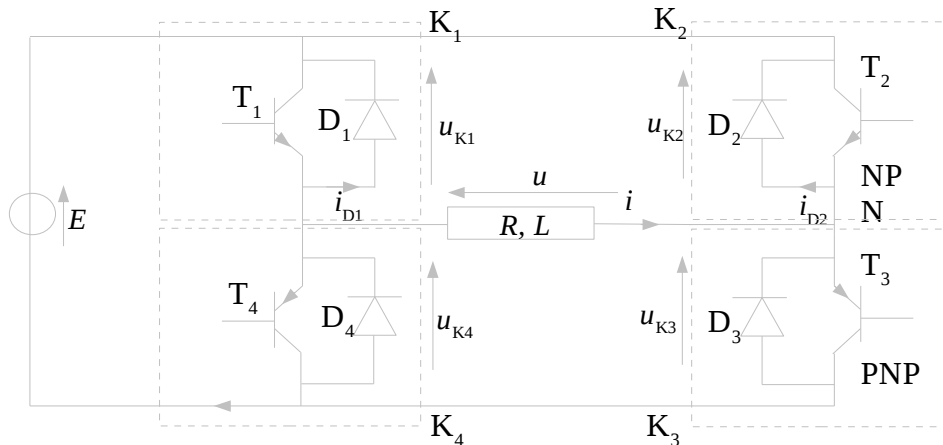
La commande impose  $K_1, K_3$  ouverts et  $K_2, K_4$  fermés :  $u = -E$

d.1. De  $\frac{T}{2} + \tau \dots \leq t \leq t_2$

$i > 0$

Le courant  $i > 0$  impose la conduction de  $D_2$  et  $D_4$ .

Pendant cet intervalle de temps, la puissance instantanée  $p = u.i = -E.i < 0$  : transfert d'énergie de la charge vers la source; **phase de récupération**



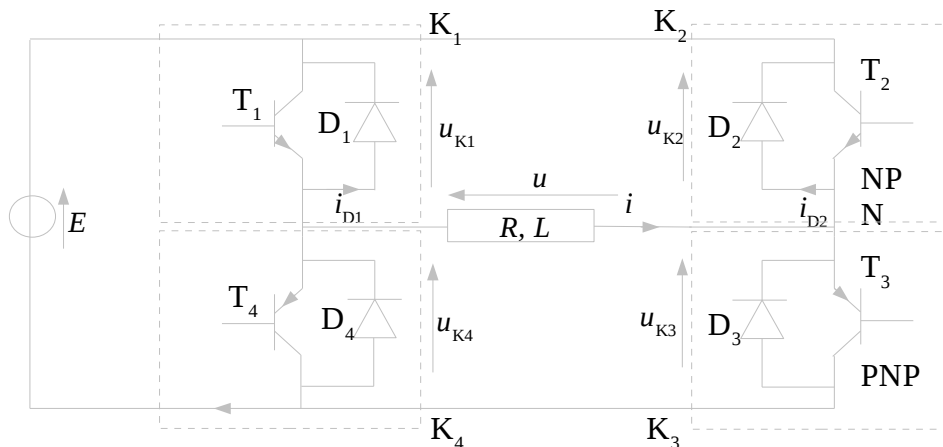
d.2. De  $t_2 < t < T$

$i < 0$

Puisque  $i < 0 \Rightarrow$  conduction de  $T_2$  et  $T_4$ .

Pendant cet intervalle de temps,  $p = u \cdot i > 0$ : transfert d'énergie de la source vers la charge:

**phase d'alimentation.**



**4. Grandeurs**

**caractéristiques du montage.**

a. Période

La période est imposée par la commande forcée des interrupteurs

b. Valeur efficace

Par définition:  $U = \sqrt{\langle u^2 \rangle}$

$$U^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} u^2 dt = \frac{2}{T} \int_{\tau}^{\frac{T}{2}} E^2 dt = \frac{2}{T} E^2 [t]_{\tau}^{\frac{T}{2}} = \frac{2}{T} E^2 \left( \frac{T}{2} - \tau \right) = E^2 \left( 1 - \frac{2\tau}{T} \right)$$

$$U = E \sqrt{1 - \frac{2\tau}{T}}$$

En réglant  $\tau$ , il est possible de faire varier la valeur efficace de la tension et, en particulier d'obtenir un rapport  $\frac{V}{f} = \text{constant}$