

# Commande d'un moteur à courant continu

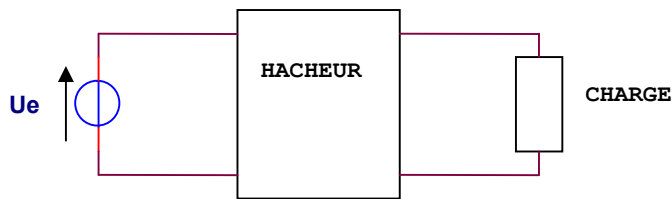
## 1. Généralités

Le hacheur est un dispositif classé dans la catégorie des convertisseurs statiques d'énergie **continu - continu**. Il a pour rôle de transférer l'énergie d'une source de tension continue à une charge prévue pour être aussi alimentée en continu.

Il permet de faire varier l'énergie transmise à la charge avec un rendement aussi élevé que possible.

Le hacheur est très souvent utilisé en traction électrique à courant continu (motrices de train, tramway, locomotives de mines, voitures électriques). Il est également très employé dans les alimentations à découpage (conversion secteur EDF vers basse tension continue, chargeurs)

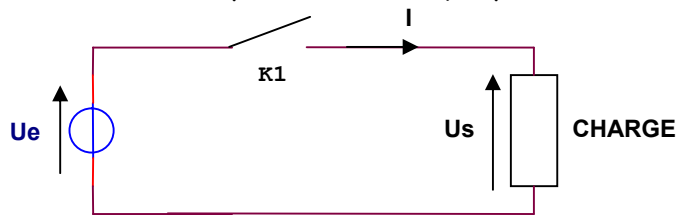
## 2. Principe du hacheur



Le circuit peut être modélisé :

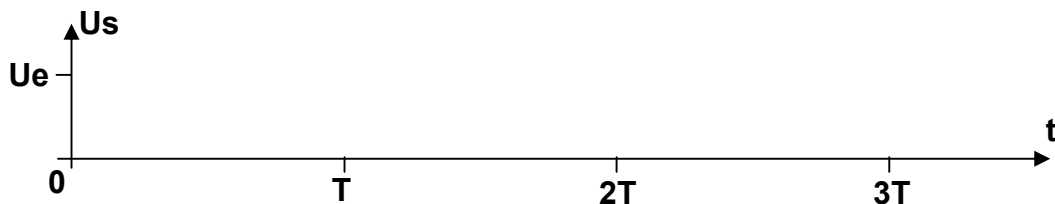
- Le modèle de la charge est un élément résistif de résistance R.
- Le modèle du hacheur est un interrupteur électronique parfait : H.

Modèle du circuit :



- Lorsque K1 est fermé, le courant I circule .....  $U_s = \dots\dots\dots$
- Lorsque K1 est ouvert, aucun courant ne circule, .....  $U_s = \dots\dots\dots$

L'interrupteur K1 est fermé périodiquement pendant une durée  $T_h$ . La tension  $U_s$  aux bornes de la charge peut être représentée en fonction du temps :

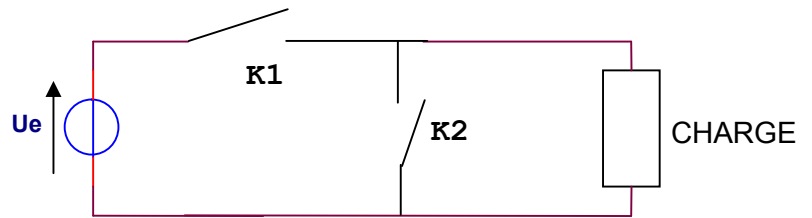


La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge s'écrit : .....

T est constante. Si  $T_h$  peut varier, alors la tension moyenne aux bornes de la charge varie. L'énergie délivrée à la charge est ainsi variable.

Le circuit précédent est minimaliste et ne peut s'appliquer qu'à des charges **résistives**. Dans le domaine industriel, les charges sont le plus souvent inductives (commutateurs, moteurs). Dans ce cas, lorsque l'interrupteur K1 s'ouvre, une surtension apparaît à ses bornes. Cette surtension peut le détruire.

La solution consiste à ajouter un second interrupteur qui absorbe cette surtension en la court-circuitant.



Les interrupteurs K1 et K2 sont actionnés **périodiquement** de façon complémentaire :

- Phase 1 : K1 est fermé et K2 est ouvert.
- Phase 2 : K1 est ouvert et K2 est fermé.

La répétition de ces 2 phases est périodique.

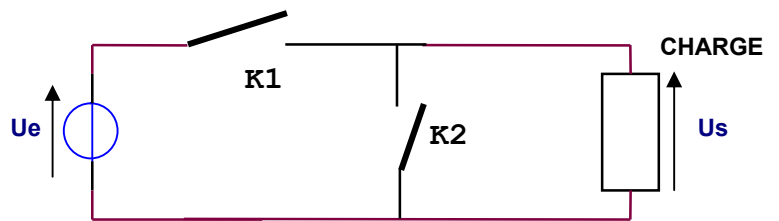
**Que se passe-t-il lorsque K2 est fermé ?**

Remarque : Le courant dans une bobine ne peut être interrompu instantanément.

Phase 1 : K1 est fermé et K2 est ouvert.

Le courant I1 circule .....

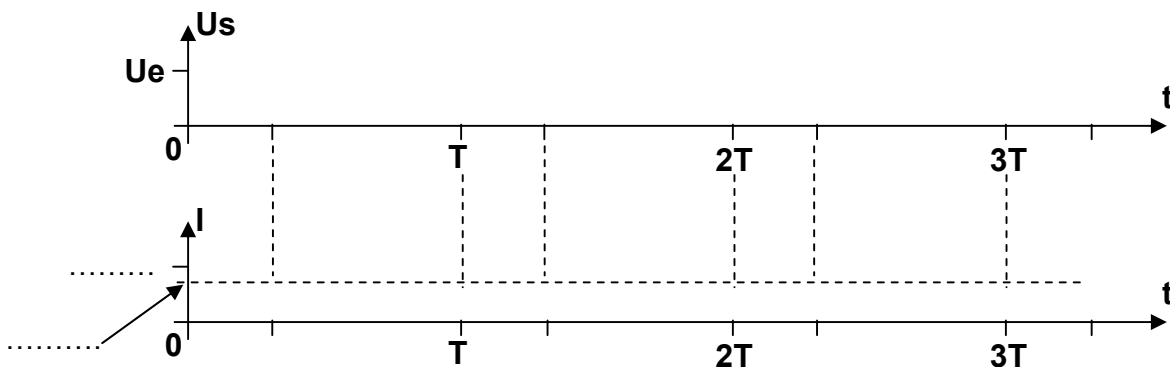
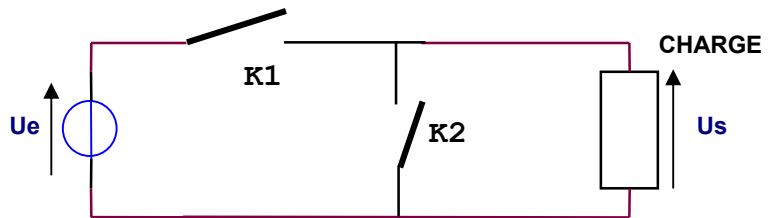
La tension Us est égale à .....



Phase 2 : K1 est ouvert et K2 est fermé.

Le courant I2 circule .....

La tension Us est égale à .....



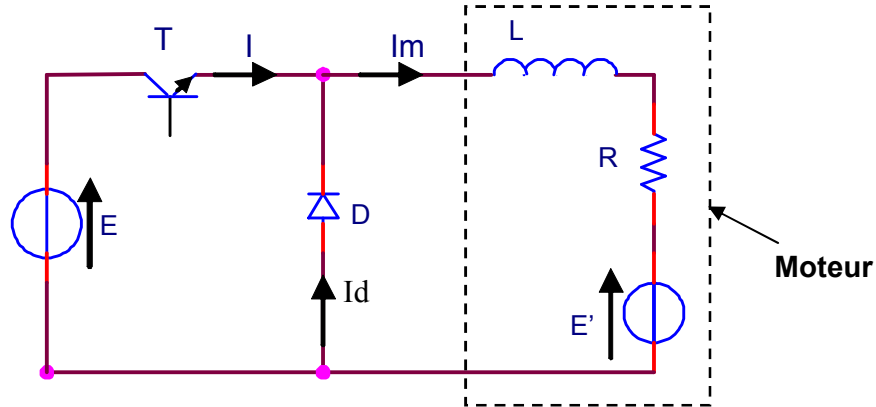
En conséquence, .....

### 3 - Structure pratique du hacheur série

Dans la pratique, les interrupteurs K1 et K2 sont réalisés à l'aide de composants électroniques : diodes, transistors (bipolaires ou MOS), thyristors.

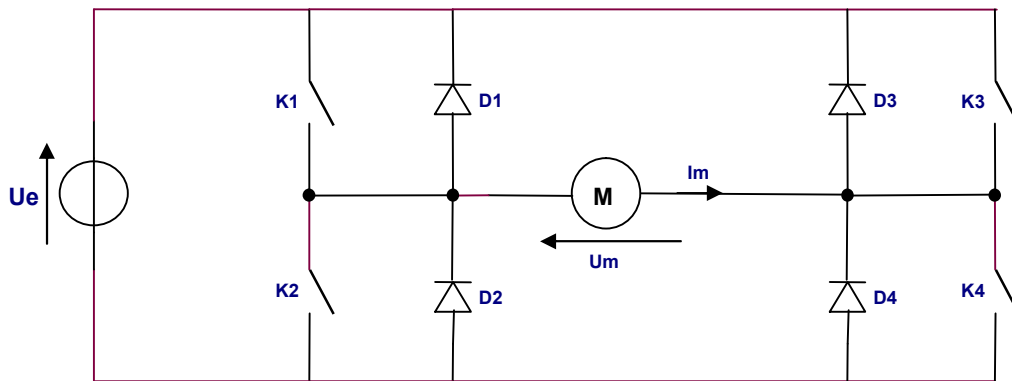
K1 est le plus souvent un ..... tandis que K2 est une .....

La charge est ici constituée d'un moteur à courant continu. La structure du **hacheur série** est alors la suivante :



La diode D assure la protection du transistor T et participe au lissage du courant dans le moteur. Elle est appelée .....

### 4- Hacheur en pont ou hacheur quatre quadrants



Etude du fonctionnement :

Etat des commutateurs				Um (V)	Im (A)	état du moteur	quadrant
K1	K2	K3	K4				
O	O	O	O			.....	aucun
F			F			.....	.....
O	O	O	O			.....	.....
	F	F				.....	.....
O	O	O	O			.....	.....

Le moteur peut tourner dans les deux directions, ce hacheur est réversible.

Il est dit « à **récupération d'énergie** » : lors de la phase de freinage, les diodes permettent la circulation du courant vers le générateur.

Ces possibilités permettent un fonctionnement dans les « **quatre quadrants** ».

# Commande d'un moteur à courant continu

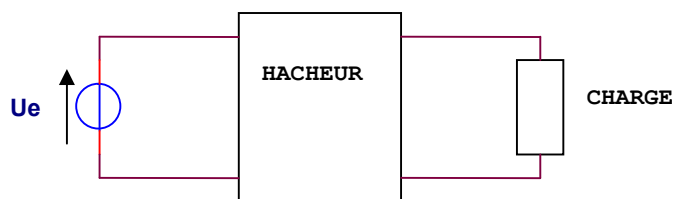
## 3. Généralités

Le hacheur est un dispositif classé dans la catégorie des convertisseurs statiques d'énergie **continu - continu**. Il a pour rôle de transférer l'énergie d'une source de tension continue à une charge prévue pour être aussi alimentée en continu.

Il permet de faire varier l'énergie transmise à la charge avec un rendement aussi élevé que possible.

Le hacheur est très souvent utilisé en traction électrique à courant continu (motrices de train, tramway, locomotives de mines, voitures électriques). Il est également très employé dans les alimentations à découpage (conversion secteur EDF vers basse tension continue, chargeurs)

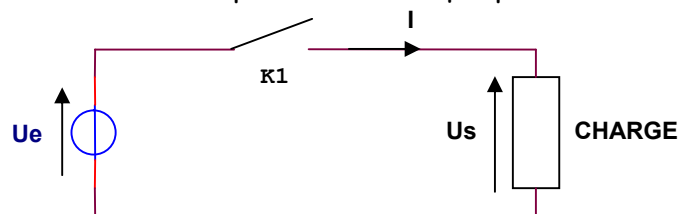
## 4. Principe du hacheur



Le circuit peut être modélisé :

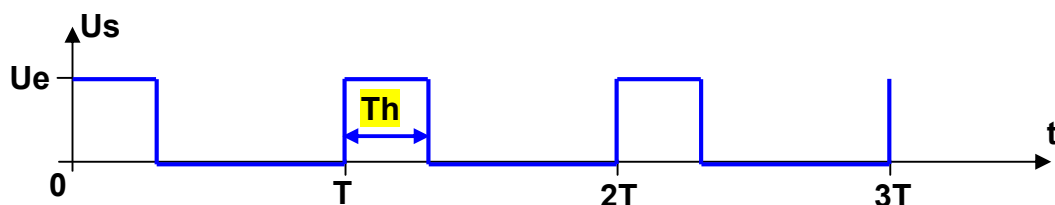
- Le modèle de la charge est un élément résistif de résistance R.
- Le modèle du hacheur est un interrupteur électronique parfait : H.

Modèle du circuit :



- Lorsque K1 est fermé, le courant I circule **de la source vers la charge,  $U_s = U_e$**
- Lorsque K1 est ouvert, aucun courant ne circule,  **$U_s = 0V$**

L'interrupteur K1 est fermé périodiquement pendant une durée  $T_h$ . La tension  $U_s$  aux bornes de la charge peut être représentée en fonction du temps :

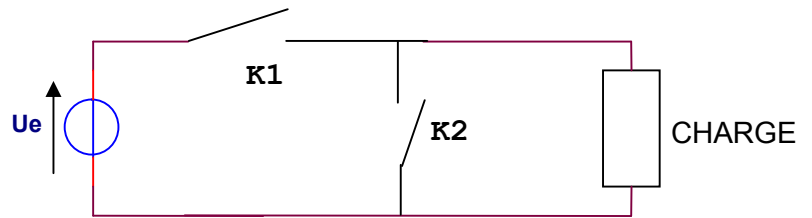


La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge s'écrit :  $\langle U_s \rangle = \frac{T_h}{T} \times U_e$

T est constante. Si  $T_h$  peut varier, alors la tension moyenne aux bornes de la charge varie. L'énergie délivrée à la charge est ainsi variable.

Le circuit précédent est minimaliste et ne peut s'appliquer qu'à des charges **résistives**. Dans le domaine industriel, les charges sont le plus souvent inductives (commutateurs, moteurs). Dans ce cas, lorsque l'interrupteur K1 s'ouvre, une surtension apparaît à ses bornes. Cette surtension peut le détruire.

La solution consiste à ajouter un second interrupteur qui absorbe cette surtension en la court-circuitant.



Les interrupteurs K1 et K2 sont actionnés **périodiquement** de façon complémentaire :

- Phase 1 : K1 est fermé et K2 est ouvert.
- Phase 2 : K1 est ouvert et K2 est fermé.

La répétition de ces 2 phases est périodique.

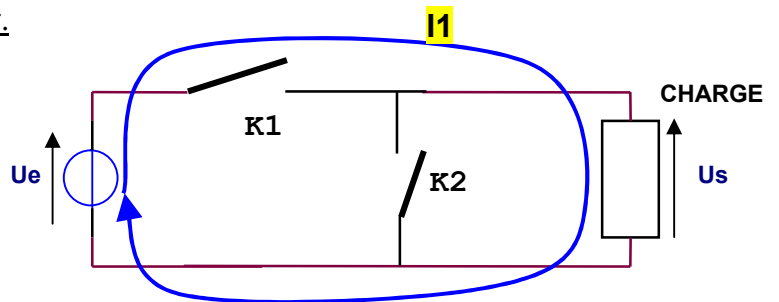
**Que se passe-t-il lorsque K2 est fermé ?**

Remarque : Le courant dans une bobine ne peut être interrompu instantanément.

Phase 1 : K1 est fermé et K2 est ouvert.

Le courant  $I_1$  circule de la source de tension vers la charge.

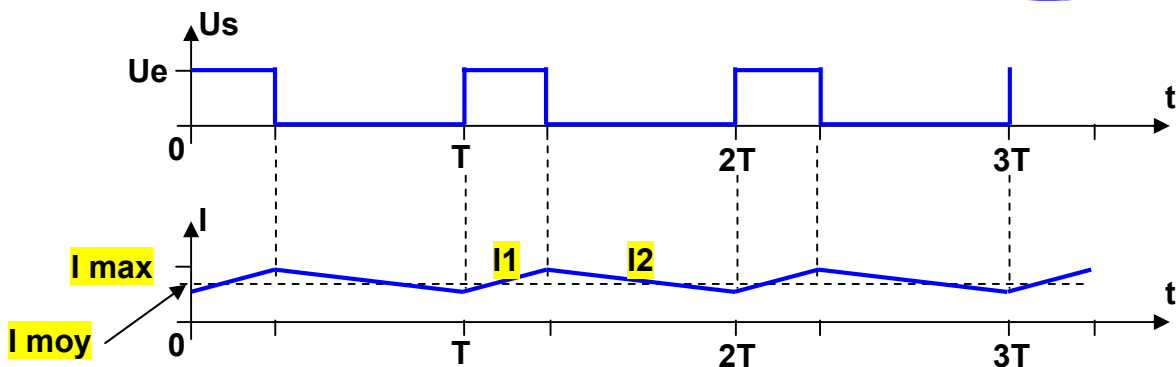
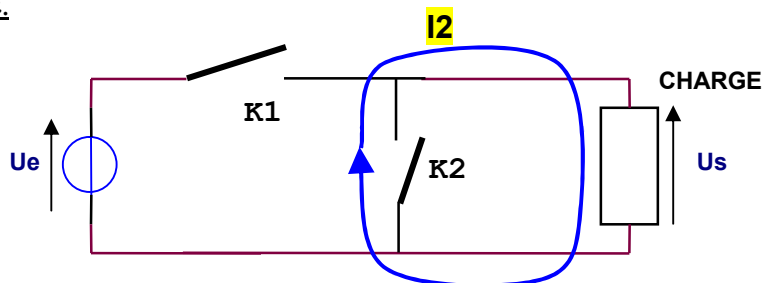
La tension  $U_s$  est égale à  $U_e$ .



Phase 2 : K1 est ouvert et K2 est fermé.

Le courant  $I_2$  circule dans la charge à travers K2.

La tension  $U_s$  est égale à  $0V$ .



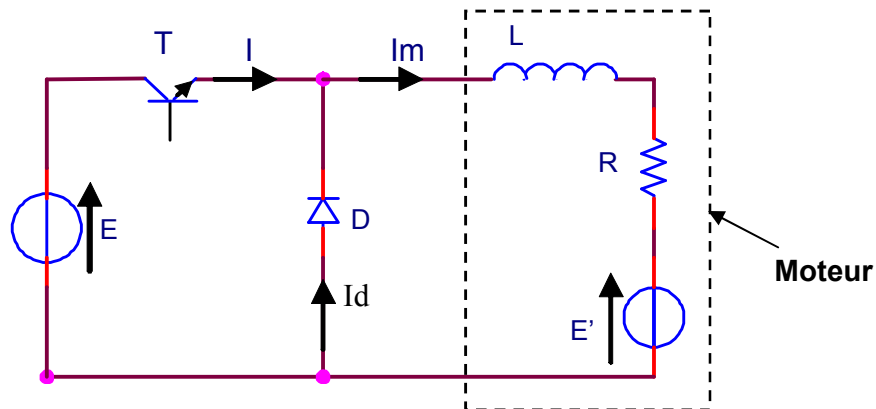
En conséquence, la charge est toujours parcourue par un courant moyen.

### 3 - Structure pratique du hacheur série

Dans la pratique, les interrupteurs K1 et K2 sont réalisés à l'aide de composants électroniques : diodes, transistors (bipolaires ou MOS), thyristors.

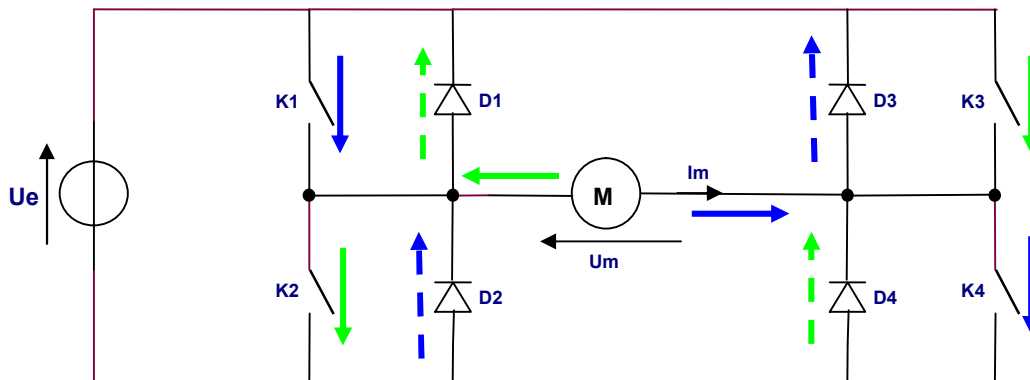
K1 est le plus souvent un **transistor** tandis que K2 est une **diode**.

La charge est ici constituée d'un moteur à courant continu. La structure du **hacheur série** est alors la suivante :



La diode D assure la protection du transistor T et participe au lissage du courant dans le moteur. Elle est appelée **diode de roue libre**.

### 4- Hacheur en pont ou hacheur quatre quadrants



Etude du fonctionnement :

Etat des commutateurs				Um (V)	Im (A)	état du moteur	quadrant
K1	K2	K3	K4				
O	O	O	O	Um = 0	Im = 0	arrêt	aucun
F			F	Um ≈ Ue	Im > 0	tourne sens +	I ↑
O	O	O	O	Um > 0	Im > 0	phase de freinage : D2 et D3 conduisent	II ↑
	F	F		Um ≈ - Ue	Im < 0	tourne sens -	III ↑
O	O	O	O	Um < 0	Im < 0	phase de freinage : D1 et D4 conduisent	IV ↑

Le moteur peut tourner dans les deux directions, ce hacheur est réversible.

Il est dit « à **récupération d'énergie** » : lors de la phase de freinage, les diodes permettent la circulation du courant vers le générateur.

Ces possibilités permettent un fonctionnement dans les « **quatre quadrants** ».