

## TP - 5

# Conversion de puissance : DC-DC

Objectif du TP : Étudier le convertisseur d'énergie électrique continu-continu (Hacheur). Ce convertisseur sera utilisé pour commander un moteur à courant continu.

### Liste du matériel

- Maquette hacheur 2 quadrants (PED020200) ;
- Banc de machine à courant continu (ELD037480) ;
- Oscilloscope, Multimètre/Fréquencemètre ;
- Alimentation réglable 0-30V(x2) ;
- Bobine d'induction ;
- Rhéostat 5A.

## 5.1 Présentation

Nous allons utiliser les maquettes Didalab PED020200 (2 quadrants) de caractéristiques :

- Tension d'alimentation nominale : 30 V
- Intensité nominale de courant de sortie : 5 A
- Fréquence maximale de hachage : 2 kHz
- Commande linéaire de rapport cyclique par une tension continue  $U_a \in [0, 10V]$ .

Le hacheur contient de deux circuits principaux : circuit de commande et circuit de puissance.

## 5.2 Circuit de commande

Le circuit de commande du hacheur est formé d'un générateur de rampe à base d'amplificateurs opérationnels et d'un comparateur.

- Alimenter la maquette par une tension symétrique  $\pm 15V$ .
- Relier les bornes (a) à (c) et (b) à (d).
- Relever les chronogrammes des tensions  $U_a$ ,  $U_b$  et  $U_e$ . Comparer avec les courbes théoriques.
- Tracer la courbe  $\alpha = f(U_a)$ . Conclure.
- Mesurer la plage de fréquences de la tension  $U_b(t)$ .

### Remarque : Circuit d'isolation galvanique

Ce circuit est formé par un optocoupleur, il permet d'isoler électriquement les deux blocs du circuit ce qui permet d'éviter les court-circuits de masse et protéger le circuit de commande.

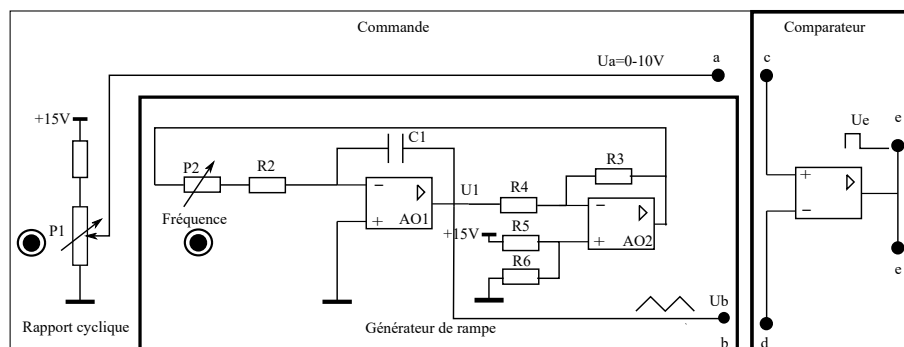


FIGURE 5.1 – Circuit de commande du hacheur 2 quadrants.

## 5.3 Circuit de puissance

### 5.3.1 Introduction

Le circuit de puissance du hacheur 2 quadrants contient de deux interrupteurs commandés à base de transistors MOSFET.

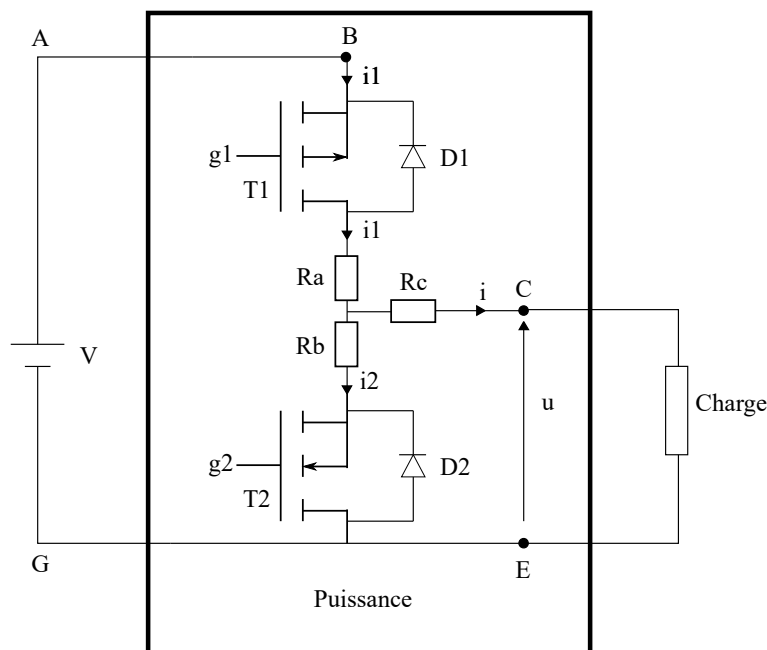


FIGURE 5.2 – Circuit de puissance du hacheur 2 quadrants.

- Les interrupteurs (T1,D1) et (T2, D2) sont réversibles en courant et commandés à l'ouverture et à la fermeture.
- La tension de commande a une période de hachage  $T = \frac{1}{f}$  et un rapport cyclique  $\alpha$ .
- Les résistances  $R_a = R_b = R_c = 0,1\Omega$  (shunt) sont placées dans pour visualiser les courants  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i$ !!

Si la charge est l'association en série d'une inductance  $L$ , une résistance  $R$  et d'une alimentation  $E_0$  (avec

$\frac{L}{R} \gg T$ ), on montre que l'ondulation du courant dans la charge est donnée par :

$$\Delta i = VT \frac{\alpha(1-\alpha)}{L}$$

et que les valeurs moyennes de la tension  $u$  et du courant  $i$  dans la charge sont données par :

$$\langle u \rangle = \alpha V \quad ; \quad \langle i \rangle = (\alpha V - E_0)/R$$

### 5.3.2 Alimentation d'une charge résistive

- La charge est un rhéostat de  $33 \Omega$ .
- Régler la fréquence du générateur de rampe sur une valeur d'environ 1 kHz.

Pour différentes valeur du rapport cyclique  $\alpha$  :

- Visualiser la tension aux bornes de la résistance  $R$ . Comparer avec les calculs théoriques.
- Indiquer les sens de circulation du courant dans la charge dans chaque phase.
- Mesurer la valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge. Ce montage est-il réversible en tension ?

### 5.3.3 Alimentation d'une charge inductive

- La charge est maintenant constituée d'un rhéostat de  $R$  en série avec une bobine d'induction ( $L, r$ ).
- On choisit :  $F \approx 400$  kHz ;  $L \approx 0,1$  H ;  $R \approx 100\Omega$ .
  - Pour différentes valeurs du rapport cyclique  $\alpha$ , visualiser les tensions aux bornes des résistances  $R$  (image du courant  $i$ ), et la tension  $u$  aux bornes de la charge. Comparer avec les calculs théoriques.
  - Mesurer la valeurs moyennes de la tension  $u$  et du courant  $i$  dans la charge. Ce montage est-il réversible en tension ? Est-il réversible en courant ?

#### 5.3.3.1 Effet de l'inductance sur l'ondulation du courant

- Dans cette partie nous allons déterminer l'effet de la valeur de  $L$  sur l'ondulation du courant dans la charge.
- On choisit :  $F \approx 400$  Hz ;  $\alpha \approx 0,5$  ;  $R \approx 100\Omega$ .
  - Pour différentes valeurs de  $L$ , mesurer l'ondulation crête à crête  $\Delta i$  du courant  $i$  et sa valeur moyenne  $\langle i \rangle$ . (on peut mesurer l'ondulation de la tension aux borne de  $R$ ).
  - Tracer la courbe  $\Delta i$  en fonction de  $L$ . Faire une modélisation et conclure.
  - Justifier l'expression "bobine de lissage".

#### 5.3.3.2 Effet de la fréquence sur l'ondulation du courant

- Dans cette partie nous allons déterminer l'effet de la fréquence de commutation sur l'ondulation du courant dans la charge.
- On choisit :  $L \approx 0,1$  H ;  $\alpha \approx 0,5$  ;  $R \approx 100\Omega$ .
  - Pour différentes valeurs de  $F$ , mesurer l'ondulation crête à crête du courant  $i$  et sa valeur moyenne  $\langle i \rangle$ .
  - Tracer la courbe  $\Delta i$  en fonction de  $F$ . Faire une modélisation et conclure.

### 5.3.3.3 Effet du rapport cyclique sur l'ondulation du courant

- Dans cette partie nous allons déterminer l'effet du rapport cyclique sur l'ondulation du courant dans la charge.
- On choisit :  $F \approx 400$  Hz ;  $L \approx 0,1$  H ;  $R \approx 100\Omega$ .
  - Pour différentes valeurs de  $\alpha$ , mesurer l'ondulation crête à crête du courant  $i$  et sa valeur moyenne  $\langle i \rangle$ .
  - Tracer la courbe  $\Delta i$  en fonction de  $\alpha$ . Conclure.

### 5.3.3.4 Fonctionnement dans les deux quadrants

Pour illustrer le fonctionnement dans les deux quadrants, on ajoute à la charge inductive une source de tension  $E_0$  en série (modèle d'un moteur CC).

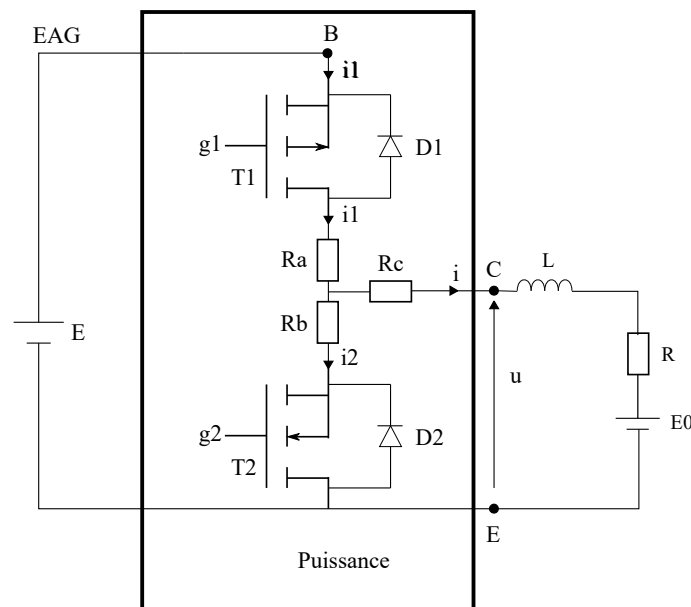


FIGURE 5.3 – Alimentation d'une source.

- On choisit :  $F \approx 1$  kHz ;  $L \approx 1$  H ;  $R \approx 100\Omega$ .
  - En agissant sur le rapport cyclique, observer les signes des valeurs moyennes  $\langle i \rangle$  et  $\langle u \rangle$ . Montrer que le transfert de puissance peut se faire soit de  $E$  vers  $E_0$  soit de  $E_0$  vers  $E$ .

**Remarque :** Le circuit de récupération d'énergie contient une diode électroluminescente qui permet de voir lorsque le dispositif fonctionne en récupération.

## 5.4 Application : Alimentation d'une machine à courant continu

- Alimenter les inducteurs avec une alimentation continue ( $U_{em} \simeq 24V$ ).

- Entre les bornes C et E du hacheur brancher la machine  $M_1$  (Moteur) à courant continu qui est associée à une charge  $M_2$  (Génératrice). Charger le moteur avec un rhéostat  $Rh$ .
- Brancher un fréquencemètre aux bornes de la génératrice tachymétrique (GST) afin de mesurer la vitesse de rotation du moteur ( $n = f/12$  tr/s) .

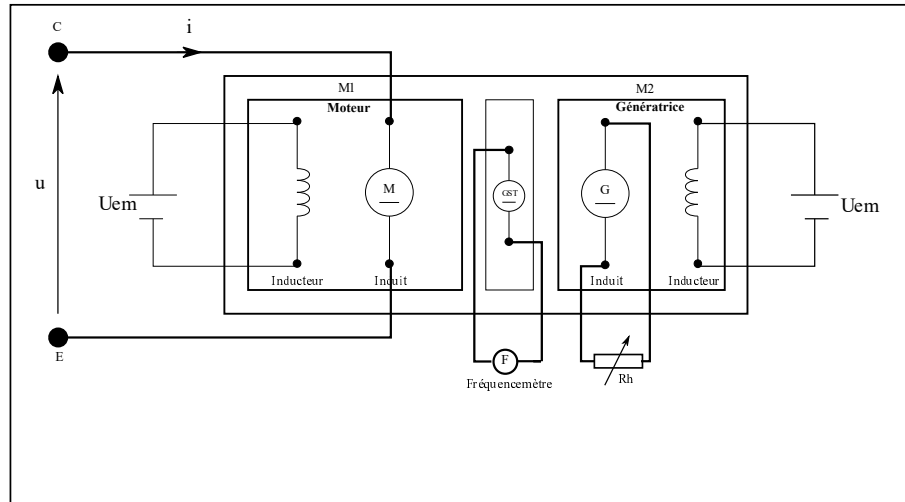


FIGURE 5.4 – Alimentation d'une machine CC par le hacheur.

Fixer la valeur de  $\langle u \rangle$  et faire varier la charge ( $Rh$ ). Tracer alors les caractéristiques  $n = f(i_g)$  pour différentes valeurs de  $\langle u \rangle$ . Conclure

## 5.5 Références

- Travaux pratiques, hacheur 2 quadrants (PED020200), Didalab
- <http://public.iutenligne.net>
- Electronique pratique, M. KROB, ellipses
- Hprépas, Electronique II, Hachette
- Manuel de Génie électrique, G. Chateigner, Dunod