

td	td MOD 2.3	TSI1 (Période 2)
	Bilan concernant les hacheurs	1h30
	Cycle 4 : Moduler	2 semaines

MODELISER Modéliser le signal d'entrée.

RESOUDRE Proposer une démarche permettant de déterminer des grandeurs électriques.
Déterminer les signaux électriques dans les circuits.

EXPERIMENTER Mettre en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer.

CONCEVOIR Choisir la technologie des composants de la chaîne de puissance.

Un hacheur met en relation 2 sources de nature différente :

- source de tension : batterie ou source de courant en parallèle avec un condensateur de forte valeur
- source de courant : moteur ou source de tension en série avec une forte inductance

Hypothèses :

- source de tension parfaite : $U_0 = 24V$ est une tension admissible par le moteur.
- Les interrupteurs sont supposés parfaits (courant nul lorsqu'ouvert, tension nulle lorsque fermé).

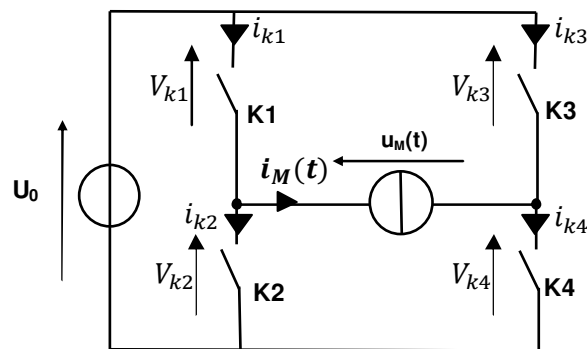


Figure 1 : schéma structurel du convertisseur statique

Les signaux produits par la carte de commande gèrent les interrupteurs K1, K2, K3 et K4. Ils sont commandés avec une fréquence $f = 10 \text{ kHz}$ de période $T = 0,1 \text{ ms}$.

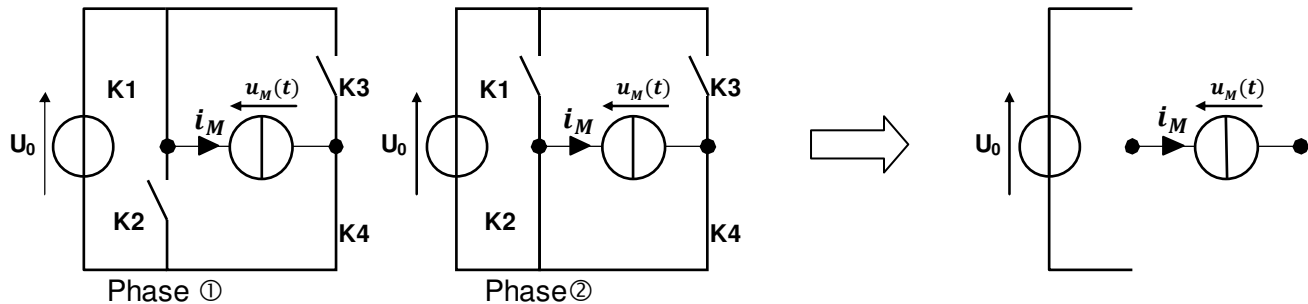
Rappel et convention de signe pour un moteur à courant continu :

- le couple est proportionnel au courant (donc de même signe)
- la tension est sensiblement de même signe que la vitesse de rotation $\langle U_M \rangle > 0$ si $\omega_m > 0$ et si la vitesse du véhicule $V > 0$ (marche avant). Négatif en marche arrière.

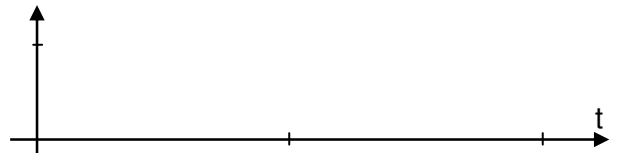
1 Structure du hacheur

La structure du hacheur dépend **des réversibilités en tension** attendue pour la **source de courant**.

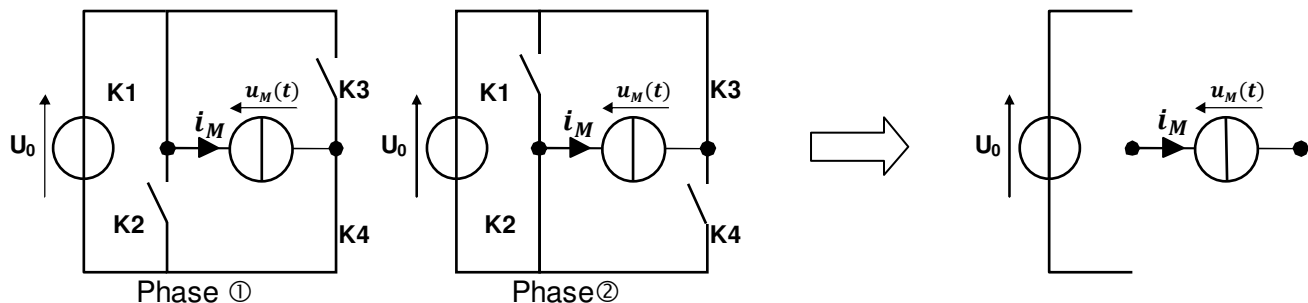
1.1 Pas d'inversion de tension : un seul sens de marche



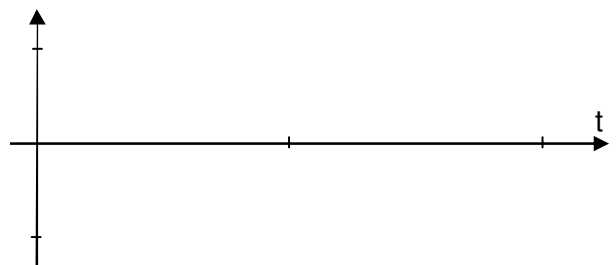
- 1) Tracer la structure simplifiée du hacheur ne comprenant que les phases ① et ②. Comment s'appelle un tel hacheur ?
- 2) Quelles règles d'associations des sources est respectée pour les phases ① et ②. A quoi correspond chacune des phases pour le moteur ?
- 3) Tracer les formes d'ondes $u_M(t)$ et $i_M(t)$ pour un rapport cyclique $\alpha=0,75$ (on suppose le courant parfaitement lissé à 12A par l'inductance du moteur).



1.2 Inversion de la tension : 2 sens de marche



- 4) Tracer la structure simplifiée du hacheur ne comprenant que les phases ① et ②. Comment s'appelle un tel hacheur ?
- 5) Tracer les formes d'ondes $u_M(t)$ et $i_M(t)$ pour un rapport cyclique $\alpha=0,75$ (on suppose le courant parfaitement lissé à 12A par l'inductance du moteur).
- 6) Pour quelle valeur de α obtiendra-t-on une tension moyenne $\langle u_M(t) \rangle$ négative ?
- 7) Quelles autres phases pourrait-on envisager pour faire varier la vitesse en marche avant (respectivement en marche arrière) ?



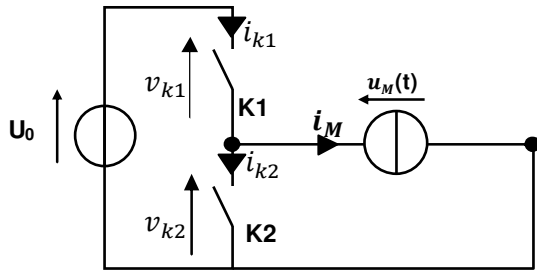
2 Commutation par transistor ou/et par diode

Le type d'interrupteur (diode ou transistor) nécessaire pour la commutation dépend des **réversibilités en courant** imposées par la **source de courant**.

2.1 Courant $i_M(t) \geq 0$: identification des technologies

Cette situation correspond à :

- un effort toujours orienté dans le même sens en sortie
- ou à l'absence de récupération d'énergie pour un moteur à un seul sens de marche.



Pendant la phase ① pour $0 \leq t < \alpha T$, on commande la fermeture de K1 et l'ouverture de K2.

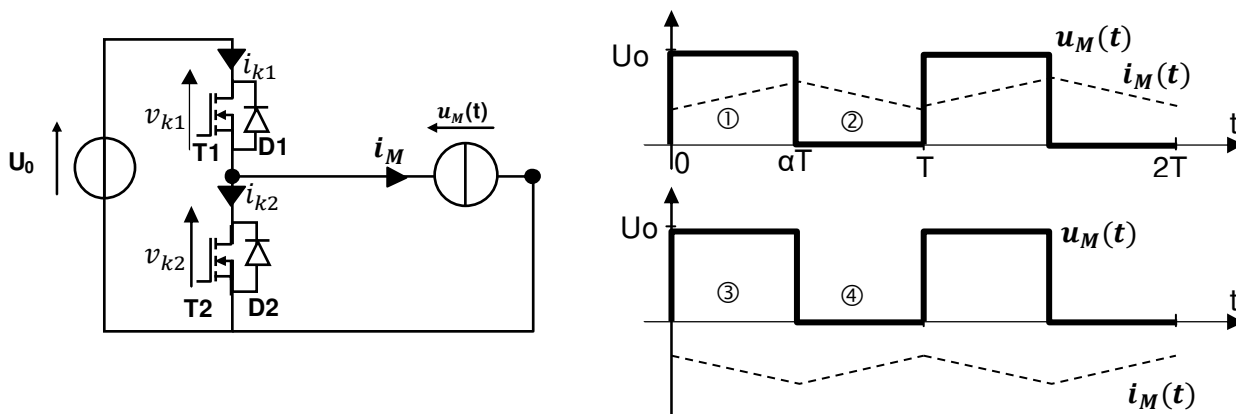
Pendant la phase ② pour $\alpha T \leq t < T$, on commande l'ouverture de K1 et la fermeture de K2.

- 8) Tracer les caractéristiques $i_k(v_k)$ des interrupteurs restants.
- 9) En déduire le schéma électrique du convertisseur faisant apparaître les symboles électriques des interrupteurs statiques dont les caractéristiques sont celles de la question précédente. On tracera les symboles de transistors IGBT.
- 10) Comment sont pilotées les commutations des interrupteurs identifiés.

2.2 Courant $i_M(t)$ de signe variable : formes d'ondes $i_k(t)$ et $v_k(t)$

On reste dans le cas d'un hacheur série afin de limiter le nombre d'interrupteurs à étudier mais dans le cas où le courant change de signe pendant le fonctionnement.

Par une étude similaire à la partie précédente, on montre que les interrupteurs sont dans ce cas une association transistor et diode inversés.



- 11) Sur les formes d'ondes $u_M(t)$ et $i_M(t)$ précédentes, inscrire les composants qui conduisent.
- 12) Tracer les formes d'ondes $u_{k1}(t)$, $i_{D1}(t)$ et $i_{T1}(t)$.

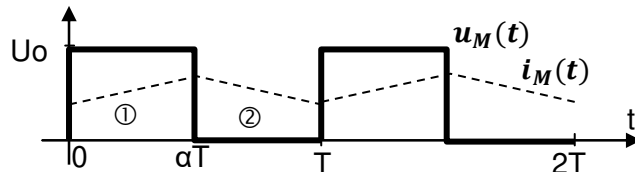
3 Calcul de valeur moyenne ou efficace

Nécessité de calculer les valeurs moyennes :

- Le moteur est sensible aux valeurs moyennes de courant et de tension.
- Les diodes sont dimensionnées notamment à partir de la valeur moyenne $\langle i_D \rangle$ du courant les traversant.

Nécessité de calculer des valeurs efficaces :

- La puissance d'échauffement par effet joule (transistor ou moteur) est obtenue à partir de la valeur efficace du courant I les traversant.



13) En déduire la valeur moyenne $\langle u_M \rangle$ de la tension $u_M(t)$ précédente en fonction de α notamment.

4 Ondulation du courant

Hypothèses : la source de courant, qui représente le moteur, est modélisée par une source de tension E supposée constante en série avec une forte inductance L .

Problématique : l'ondulation de courant doit être limitée dans un moteur au risque de provoquer des vibrations importantes.

La loi des mailles appliquée sur l'intervalle de temps $0 \leq t < \alpha T$ permet d'écrire que $i_M(t) = \frac{U_0 - E}{L} t + I_{min}$

- 14) En déduire l'expression de $i_M(t)$ sur cet intervalle de temps sachant que l'on se place en régime permanent et que $i_M(0) = I_{min}$.
- 15) En déduire l'ondulation Δi_s du courant en fonction de α , T et L .
- 16) Déterminer la valeur de α pour laquelle cette ondulation Δi_s est maximale (la fonction $\Delta i_s(\alpha)$ étant une parabole inversée, son maximum est atteint lorsque $\frac{d\Delta i_s}{d\alpha} = 0$).
- 17) Sur quel paramètre agir pour limiter l'ondulation en courant (pour un rapport cyclique donné) ? Quelle est la limitation à ces variations de paramètres ?