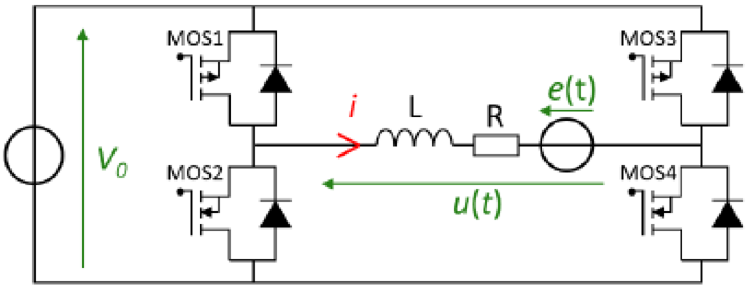
TD hacheur unipolaire (courant)

CI3 – Ondulation de courant et choix de cellules de commutation

A/ Pont en H avec pilotage unipolaire [Difficulté 1/3]

La plupart des petits systèmes robotiques utilisés dans les projets d'écoles d'ingénieur et en TIPE utilisent un pont en H piloté par un *Driver* utilisant une stratégie de commande unipolaire. Pour chaque bras de pont on utilise deux MOSFET de nature différente, l'un est à canal P (en haut sur le schéma), l'autre à canal N (en bas). Les MOS 3 et 4 sont pilotés séparément des MOS 1 et 2.



Dans l'exercice ici étudié, on souhaite alimenter une MCC, dont les équations de couplage sont :

- $C_m = k_c\, i$ couple moteur
- $e = k_v \omega_m$ avec ω_m vitesse moteur

Dans cet exercice, on se concentrera sur le cas où le pilotage est réalisé avec MOS4 passant, MOS3 bloqué. On admet que la diode tête-bêche est toujours dans le même état que le MOS associé.

La séquence de commutation des MOS 1 et 2 :

- Phase A : $0 \leq t < \alpha T$: MOS1 bloqué, MOS2 passant
- Phase B : $\alpha T \leq t < T$: MOS1 passant, MOS2 bloqué

Q1 – Questions de cours :

- Sous quelle hypothèse e est-elle considérée constante ?
- Sous quelle hypothèse considère-t-on que $Ri \ll L\frac{di}{dt}$? A-t-on alors tendance à surévaluer ou sous-évaluer l'ondulation de courant Δi ?
- Montrer qu'on a alors, sous les deux hypothèses précédentes, $e = \langle u(t) \rangle_T$
- Quel(s) quadrant(s) électriques sont couverts par le hacheur lorsque MOS4 passant, MOS3 bloqué ? Même question si l'on avait eu MOS4 bloqué et MOS3 passant.

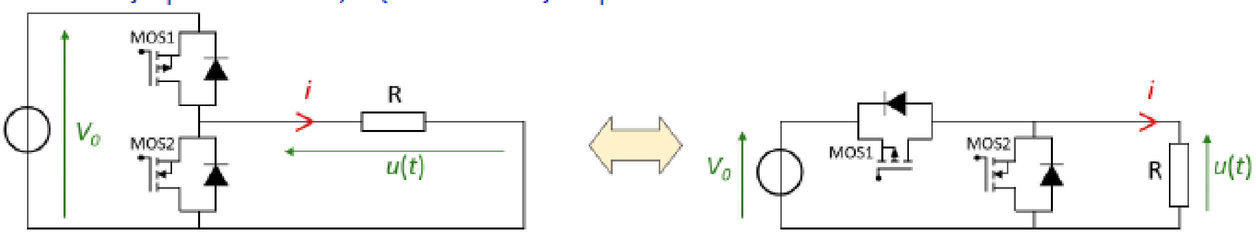
On notera I_m le courant minimal, et I_M le courant maximal dans l'induit. On suppose que $i > 0$ (toujours).

Q2 – Tracer les chronogrammes de $u(t)$ puis de $i(t)$.

Q3 – Déterminer l'expression de l'ondulation de courant Δi.

B/ Aide

Q1 – L'énoncé nous indique que la diode tête-bêche est toujours dans le même état que le MOS. On a donc ici l'ensemble {MOS4 + diode} équivalent à un fil, et {MOS3 + diode} bloqué dans les deux sens. On se ramène donc à un hacheur série :

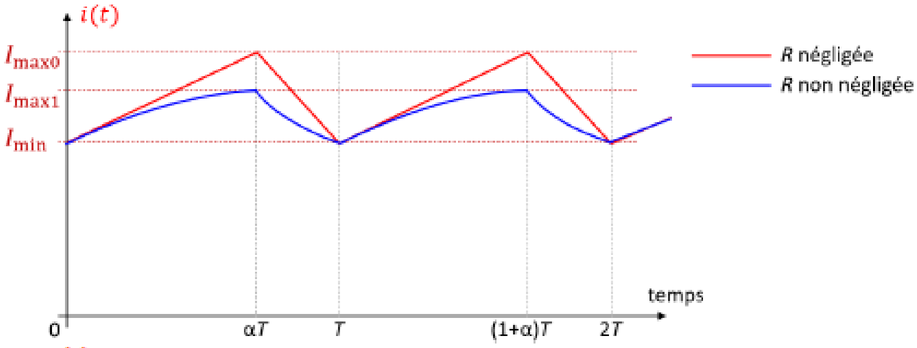


TD hacheur unipolaire (courant)

Q1 –

- **Fem constante :** On a $e = k\omega_m$ (avec ω_m qui varie avec des constantes de temps mécanique, de l'ordre de la seconde). Entre tout instant t_0 et $t_0 + T$ (avec T période d'échantillonnage, de l'ordre de $10^{-4}s$), ω_m et e peuvent être considérées constantes.
- L'hypothèse faite est que la constante de temps électrique $T_{\text{el}} = \frac{L}{R}$ est grande devant la période de hachage T. Ceci nous fait plutôt surévaluer l'ondulation de courant.

  Rmq : c'est mieux, car si on dimensionne les composants pour qu'ils « tiennent » face à une ondulation surévaluée, *a fortiori* ils devraient tenir face à l'ondulation « réelle ».



- **Montrons $e = \langle u(t) \rangle_T$:**

  On a (loi des mailles) $u(t) = e + Ri + L\frac{di}{dt}$. Sous les 2 hypothèses précédentes, ça donne $u(t) \approx e_{(\text{cste})} + L\frac{di}{dt}$

  En appliquant la moyenne : $\langle u(t) \rangle \approx e_{(\text{cste})} + L\left\langle \frac{di}{dt} \right\rangle = e_{(\text{cste})}$ (car pour une fonction f périodique, $\left\langle \frac{df}{dt} \right\rangle = 0$).

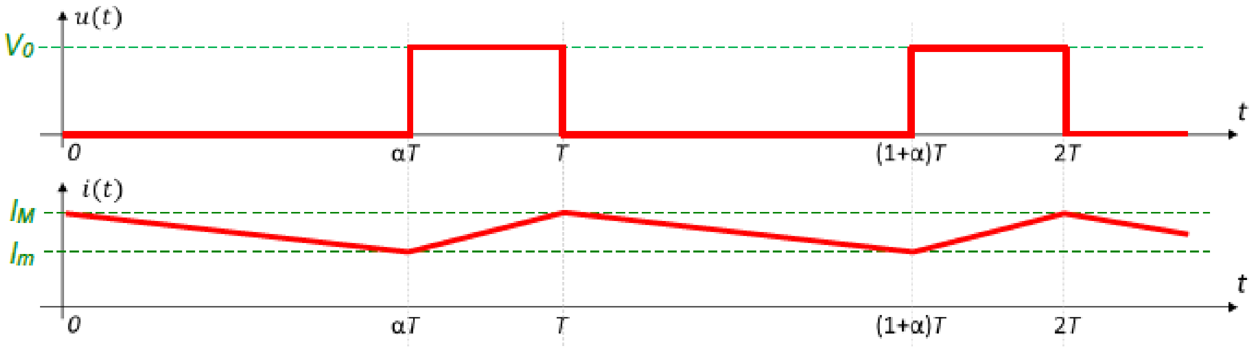
- **Quadrants :**
  - Dans le cas MOS4 passant, MOS3 bloqué : un seul bras de pont commute, donc non-réversible en tension. En revanche les composants sont réversibles en courant.
    Quand MOS1 est passant, $u(t) = V_0$, quand il est bloqué $u(t) = 0$. On a donc les 2 quadrants $u > 0$.
  - Dans le cas MOS4 bloqué, MOS3 passant : il y a toujours réversibilité en courant et irréversibilité en tension. Quand MOS2 est passant, $u(t) = -V_0$, quand il est bloqué $u(t) = 0$ → 2 quadrants $u < 0$.

Q2 – Chronogrammes

On trace d'abord le chronogramme de $u(t)$. On en déduit que $\langle u(t) \rangle = \frac{1}{T}(T - \alpha T)V_0 = (1-\alpha)V_0 = e_{(\text{cste})}$

On a donc, d'après ce qui précède : $\frac{di}{dt} \approx \frac{u(t) - (1-\alpha)V_0}{L}$.

Or $0 < \alpha < 1$ donc $0 < 1 - \alpha < 1$. Donc : $\begin{cases} 0 \leq t < \alpha T : u(t) = 0 \ \text{donc} \ \frac{di}{dt} = -\frac{(1-\alpha)V_0}{L} < 0 \text{ donc } i(t) \searrow \\ \alpha T \leq t < T : u(t) = V_0 \ \text{donc} \ \frac{di}{dt} = +\frac{\alpha V_0}{L} > 0 \ \text{donc} \ i(t) \nearrow \end{cases}$



Q3 – Ondulation : sur le chronogramme, on voit que $\Delta i = I_M - I_m = i(0) - i(\alpha T)$.

Sur $0 \leq t < \alpha T$: $\frac{di}{dt} = -\frac{(1-\alpha)V_0}{L}$ donc $i(t) = i(0) - \frac{(1-\alpha)V_0}{L}t$; d'où $\Delta i = +\frac{(1-\alpha)V_0}{L}\alpha T$