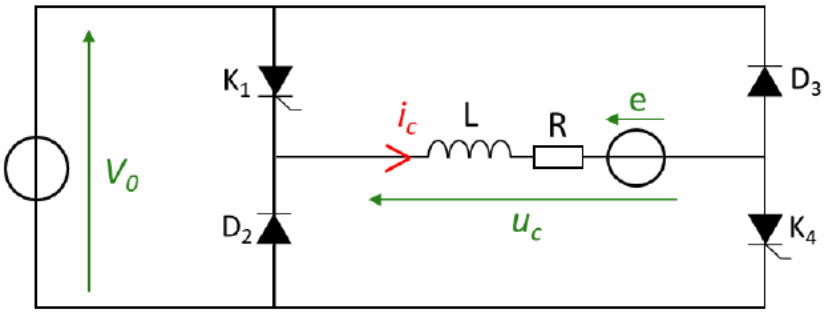
TD hacheur bipolaire (courant)

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

Vous êtes en école d'ingénieur, et pour un projet vous devez concevoir une perceuse-visseuse électro-portative (sur batterie). Cette dernière doit être réversible en sens de rotation pour pouvoir visser comme dévisser. La structure de hacheur qui vous vient en premier est la suivante :



Vous optez pour un *Driver* réalisant une commande bipolaire des transistors.

On admet que les diodes D_2 et D_3 sont toujours dans un état complémentaire au thyristor de leur bras de pont.

La séquence de commutation des MOS 1 et 2 :

- Phase A : $0 \leq t < \alpha T$: thyristors 1 et 4 bloqués
- Phase B : $\alpha T \leq t < T$: thyristors 1 et 4 passants

On admet également que $\langle u_c(t) \rangle = e$, et l'on fait l'hypothèse que l'effet de la résistance d'induit *R* est négligeable.

Q1 – Questions de cours :

- Rappeler pourquoi deux cellules de commutation d'un même bras doivent être dans des états complémentaires
- En termes de pertes, vaut-il mieux travailler avec une fréquence d'échantillonnage $f = 1/T$ élevée, ou faible ?
- Quels quadrants électriques sont couverts par le hacheur ci-dessus. Si cela n'est pas compatible avec l'application envisagée (visseuse), proposer une modification de l'architecture du hacheur.

On notera I_m le courant minimal, et I_M le courant maximal dans l'induit.

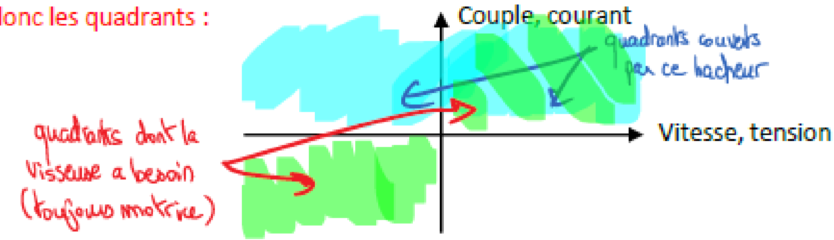
Q2 – Tracer les chronogrammes de $u(t)$ puis de $i(t)$.

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

TD hacheur bipolaire (courant)

Q1 –

- **Complémentarité** : par l'absurde, regardons par exemple avec le premier bras de pont (K_1, D_2) :
  - Si K_1 et D_2 passants simultanément : on court-circuite la batterie ($V_0 = 0$). Impossible car source de tension
  - Si K_1 et D_2 bloqués simultanément : aucun courant ne peut alimenter la MCC ($i_c = 0$). Impossible car continuité (/source) du courant.
  - Donc K_1 et D_2 ne peuvent pas être dans le même état.
- **Choix de fréquence d'échantillonnage** : Dans tous les exercices que nous allons voir, l'ondulation $\Delta i \propto T$ (le symbole « $\propto$ » signifie « est proportionnel à … »), donc $\Delta i \propto 1/f$.
  - Les pertes par conduction augmentent avec Δi (notion de courant efficace > courant moyen ici), de même que les pertes Joule dans la résistance d'induit du moteur. Il faudrait donc augmenter f.
  - Toutefois, des pertes ont lieu à chaque changement d'état d'un des transistors (commutation). Elles sont donc directement proportionnelles à f, qu'il faut diminuer pour limiter les pertes par commutation. Rmq : tant que la fréquence $f < 100$ kHz, les pertes par commutation sont négligeables.
  - Pour des fréquences élevées, il y a donc un compromis à trouver pour le choix de f.
- **Quadrants :**
  - Le hacheur compte 2 bras de pont : donc réversible en tension
  - Les composants choisis sont unidirectionnels : non réversibles en courant. On couvre donc les quadrants :



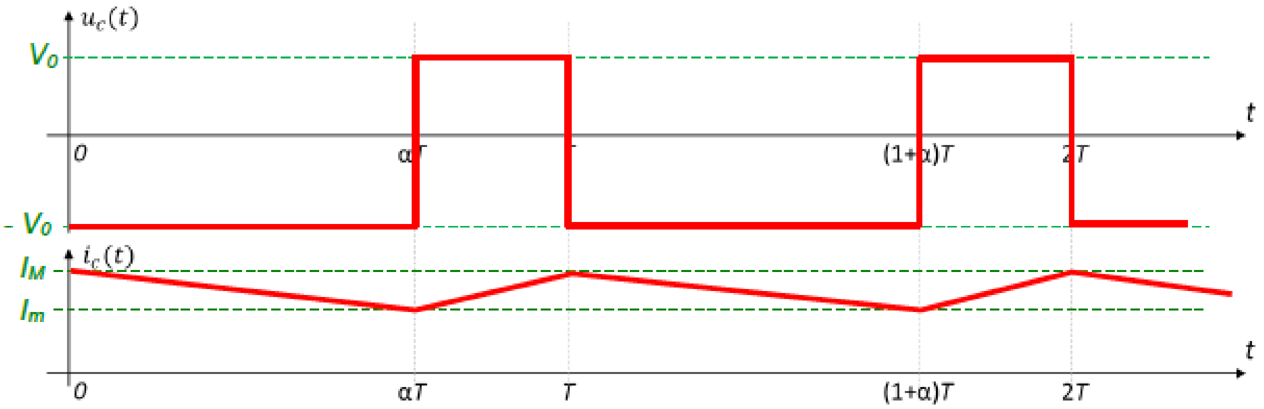
  - Il faudrait, pour pouvoir balayer les deux quadrants « motrice », opter pour un hacheur 4Q, c'est-à-dire pour 4 thyristors avec diode tête-bêche.

Q2 – Chronogrammes :

On trace d'abord le chronogramme de $u_c(t)$. On en déduit que $\langle u_c(t)\rangle = \frac{1}{T}[(1-\alpha)TV_0 - \alpha TV_0] = (1-2\alpha)V_0 = e$

D'autre part, la loi des mailles donne $u_c(t) = e + \cancel{Ri} + L\frac{di}{dt}$ d'où, avec les hypothèses de l'énoncé : $\frac{di}{dt} = \frac{u(t)-(1-2\alpha)V_0}{L}$

Or $0 < \alpha < 1$, donc : $\begin{cases} 0 \le t < \alpha T : u_c(t) = -V_0 \text{ donc } \frac{di}{dt} = \frac{-V_0-(1-2\alpha)V_0}{L} = -\frac{2(1-\alpha)V_0}{L} < 0 \text{ donc } i(t) \searrow \\ \alpha T \le t < T : u(t) = +V_0 \text{ donc } \frac{di}{dt} = \frac{V_0-(1-2\alpha)V_0}{L} = \frac{2\alpha V_0}{L} > 0 \text{ donc } i(t) \nearrow \end{cases}$



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

Sur $0 \le t < \alpha T$: $\frac{di}{dt} = -\frac{2(1-\alpha)V_0}{L}$ donc $i(t) = i(0) - \frac{2(1-\alpha)V_0}{L}t$; d'où $\Delta i = +\frac{2(1-\alpha)V_0}{L}\alpha T$

Rmq : on remarque ici que l'ondulation de courant est 2 x plus importante avec la commande bipolaire que l'unipolaire.