

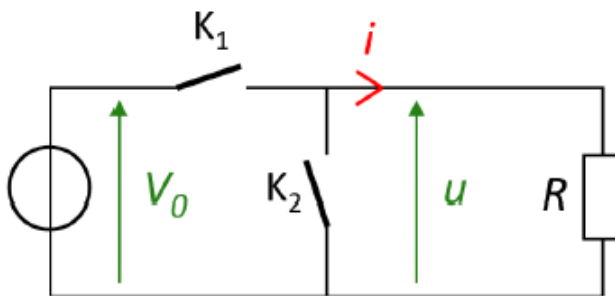


TD hacheur série frontale

A/ Hacheur série sur une lampe frontale

[Difficulté 1/3]

On s'intéresse ici à l'autonomie d'une lampe frontale disposant de plusieurs degrés d'éclairage (économique, moyen et fort), alimentée par une batterie Li-ion. La LED servant à l'éclairage est alimentée de façon intermittente par l'intermédiaire d'un hacheur série. La fréquence de découpage est de 310 Hz ( $\pm 10$  Hz), très grande devant la fréquence d'acquisition des yeux (25 images / s, soit 25 Hz), ce qui donne une impression d'éclairage constant, moyenné (filtre passe-bas) alors qu'en pratique la LED ne cesse de s'allumer et de s'éteindre. Le modèle de la LED étant hors programme, nous l'assimilerons ici à une charge résistive lorsqu'elle est traversée par un courant.



On considèrera un facteur de conversion de 0,01 W/lumen. La puissance électrique utile à la LED sera notée  $P_{lum}$  (conversion supposée sans perte), et le rendement de conversion  $\eta_L = \frac{P_{lum}}{\langle u i \rangle} = 90\%$ .

On notera également :

- $R = 5 \Omega$  la résistance équivalente de la LED
- $\eta_b = 90\%$  le rendement de la batterie
- $C_b = 1250$  mA.h la capacité de la batterie
- $V_0 = 5$  V (tension USB) la tension batterie
- $E_x$  l'énergie chimique contenue dans la batterie

La séquence de conduction du hacheur série est :

- Phase A :  $0 \leq t < \alpha T$  :  $K_1$  passant,  $K_2$  bloqué
- Phase B :  $\alpha T \leq t < T$  :  $K_1$  bloqué,  $K_2$  passant

Q1 – Compléter les chronogrammes de  $u(t)$ ,  $i(t)$  et  $u(t) \times i(t)$ .

Q2 – En déduire l'expression du rapport cyclique  $\alpha$  permettant d'obtenir une puissance lumineuse  $P_{lum}$  imposée. Entre autres, donner l'expression de la puissance lumineuse maximale  $P_{lum MAX}$  que peut délivrer cette lampe.

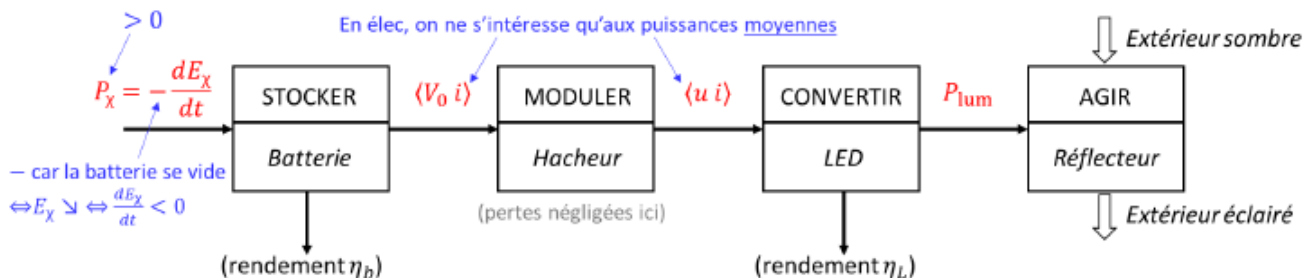
Faire l'application numérique de  $\alpha$  pour  $P_{lum}$  correspondant à 200 lumen, et l'application numérique de  $P_{lum MAX}$ .

Q3 – Donner alors l'expression du temps de décharge  $\Delta t$  de la batterie en fonction de la puissance lumineuse  $P_{lum}$  imposée (on part pour cela d'une batterie pleine).

Faire l'application numérique pour  $P_{lum}$  correspondant à 200 lumen.

B/ Aide

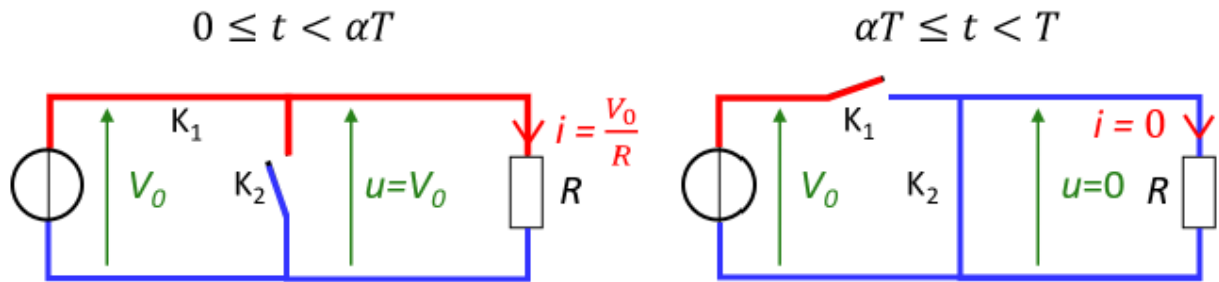
Q2 et 3 – Au brouillon, je vous conseille de tracer la chaîne de puissance, et reporter les notations de l'énoncé



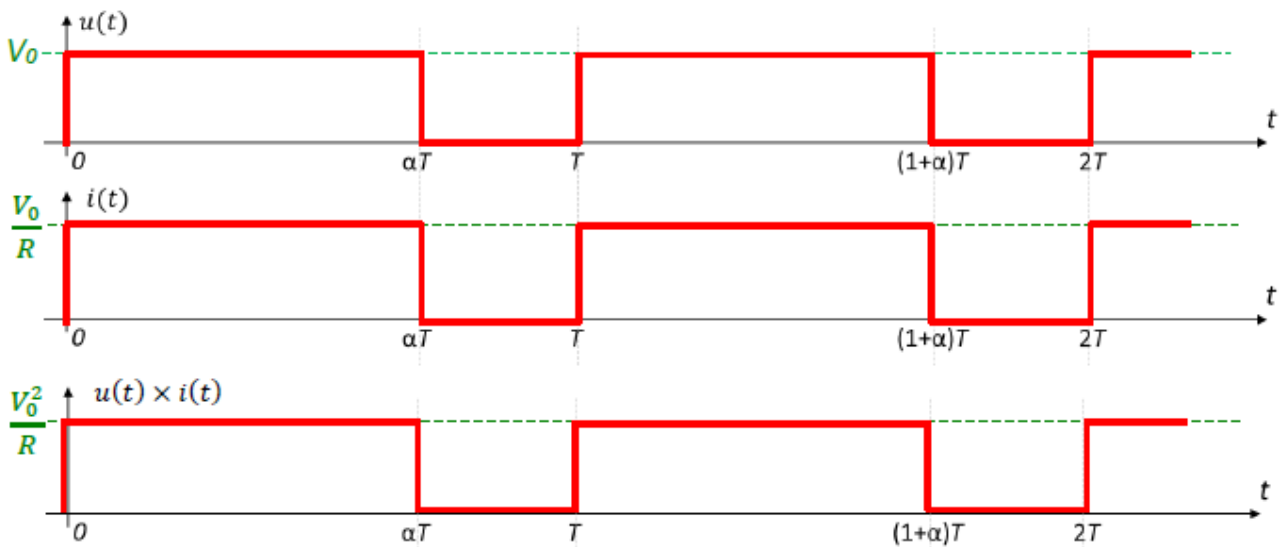


TD hacheur série frontale

Q1 – On peut, pour s’aider, tracer le circuit équivalent dans les phases A et B :



Rmg : on a toujours, aux bornes de la résistance,  $u = Ri$  donc  $i = u/R$ , qui vaut donc 0 dans la seconde phase.



Q2 – La puissance moyenne consommée par la LED est donc  $\langle u i \rangle = \frac{1}{T} \left[ \alpha T \frac{V_0^2}{R} \right] = \alpha \frac{V_0^2}{R}$  qui vaut par ailleurs  $\frac{P_{lum}}{\eta_L}$ .

Rmg : on remarque que  $\langle V_0 i \rangle = V_0 \langle i \rangle$  (car  $V_0$  tension constante)  $= V_0 \times \frac{\alpha V_0}{R} = \langle u i \rangle$ , c'est-à-dire que le rendement du hacheur est 1 (même puissance en amont et aval).

On en déduit que  $\alpha \frac{V_0^2}{R} = \frac{P_{lum}}{\eta_L} \Rightarrow \alpha = \frac{R P_{lum}}{\eta_L V_0^2}$ . Appli num : pour 200 lumen,  $P_{lum} = 2W$ , donc  $\alpha = \frac{5 \times 2}{5 \times 5 \times 0,9} \approx 0,45$

D'après la loi précédente,  $P_{lum} \propto \alpha$  (symbole « proportionnel à »), donc maximale pour  $\alpha = 1$ . On a alors :

$$P_{lum \text{ MAX}} = \frac{\eta_L V_0^2}{R} = \frac{0,9 \times 5 \times 5}{5} = 4,5 \text{ W soit 450 lumen.}$$

Q3 – Le rendement global de la chaîne de puissance est,  $\eta_{tot} = \eta_b \eta_L = \left| \frac{\text{Puiss moy élec sortie batterie}}{\text{Puiss chimique batterie}} \right| = \frac{P_{lum}}{\left| \frac{dE_X}{dt} \right|}$

Or à puissance consommée constante,  $\left| \frac{dE_X}{dt} \right| = \left| \frac{E_{finale} - E_{initiale}}{\Delta t} \right| = \frac{C_b V_0}{\Delta t}$ . (énergie dans une capa =  $C \times U$ )

Rmg : on aurait aussi pu travailler avec  $-\frac{dE_X}{dt}$  (positif car la batterie se vide),  $= \frac{E_{initiale} - E_{finale}}{\Delta t} = \frac{C_b V_0 - 0}{\Delta t}$ , idem.

$$\text{Ainsi, } \eta_b \eta_L \frac{C_b V_0}{\Delta t} = P_{lum} \text{ d'où } \Delta t = \frac{\eta_b \eta_L}{P_{lum}} C_b V_0.$$

Appli num : il faut d'abord convertir  $C_b = 1250 \text{ mA.h} = 1,250 \text{ A.h} = 1,25 \times 3600 = 4500 \text{ A.s} = 4500 \text{ C (Coulomb)}$ .

On obtient une autonomie de  $\Delta t = \frac{0,9 \times 0,9}{5} 4500 \times 5 \approx 2 \times 4500 = 9000 \text{ s} \approx 2\text{h}30$ .