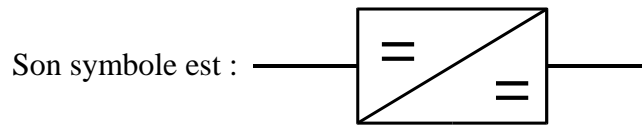


Le hacheur série.

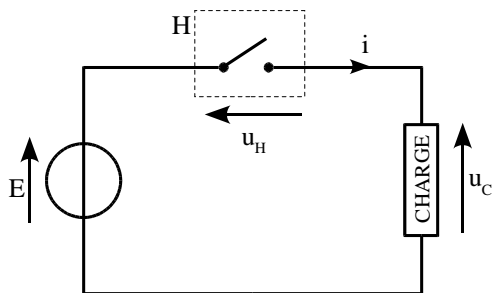
I Introduction :

Les hacheurs sont des convertisseurs statiques continu-continu. Ils permettent, à partir d'une tension continue fixe, d'obtenir une tension continue de valeur différente.



II Principe de fonctionnement du hacheur série :

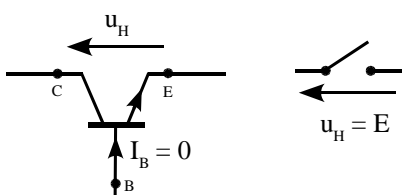
II.1 Présentation :



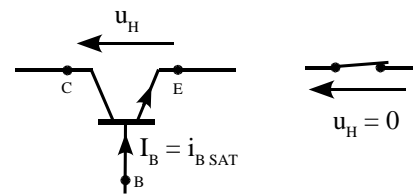
Le montage est composé d'une source de tension continue fixe E, d'un interrupteur unidirectionnel H et d'une charge.

L'interrupteur H est en fait un transistor qui fonctionne en régime de commutation c'est-à-dire qu'il se comporte soit comme un interrupteur fermé, soit comme un interrupteur ouvert. On commande le transistor par son courant de base i_B .

Lorsque $i_B = 0$, le transistor est bloqué ; il se comporte comme un interrupteur ouvert et dans ce cas, la tension $u_H = E$.



Lorsque i_B est suffisamment important (courant de saturation), $i_B = i_{B\text{ SAT}}$, le transistor est saturé ; il se comporte comme un interrupteur fermé et dans ce cas, la tension $u_H = 0$.



Le fonctionnement (voir <http://fisik.free.fr/ressources/hacheurserie.swf>) :

L'interrupteur H s'ouvre et se ferme périodiquement.

On appelle T cette période et $f = \frac{1}{T}$ la fréquence de hachage.

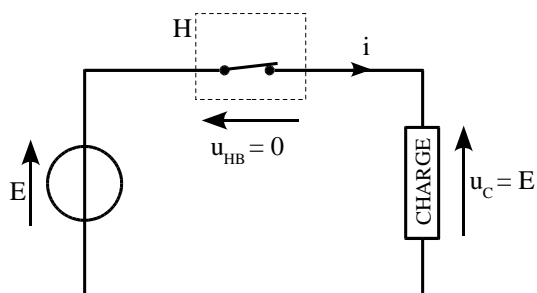
La durée pendant laquelle l'interrupteur H est fermé s'appelle t_F .

On définit le **rapport cyclique** α par : $\alpha = \frac{t_F}{T}$ avec $0 \leq \alpha \leq 1$.

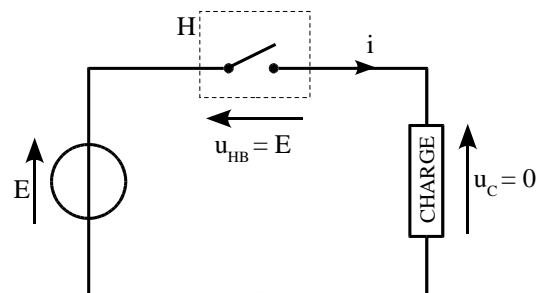
On peut ainsi écrire que $t_F = \alpha.T$

II.2 Analyse du fonctionnement du hacheur série :

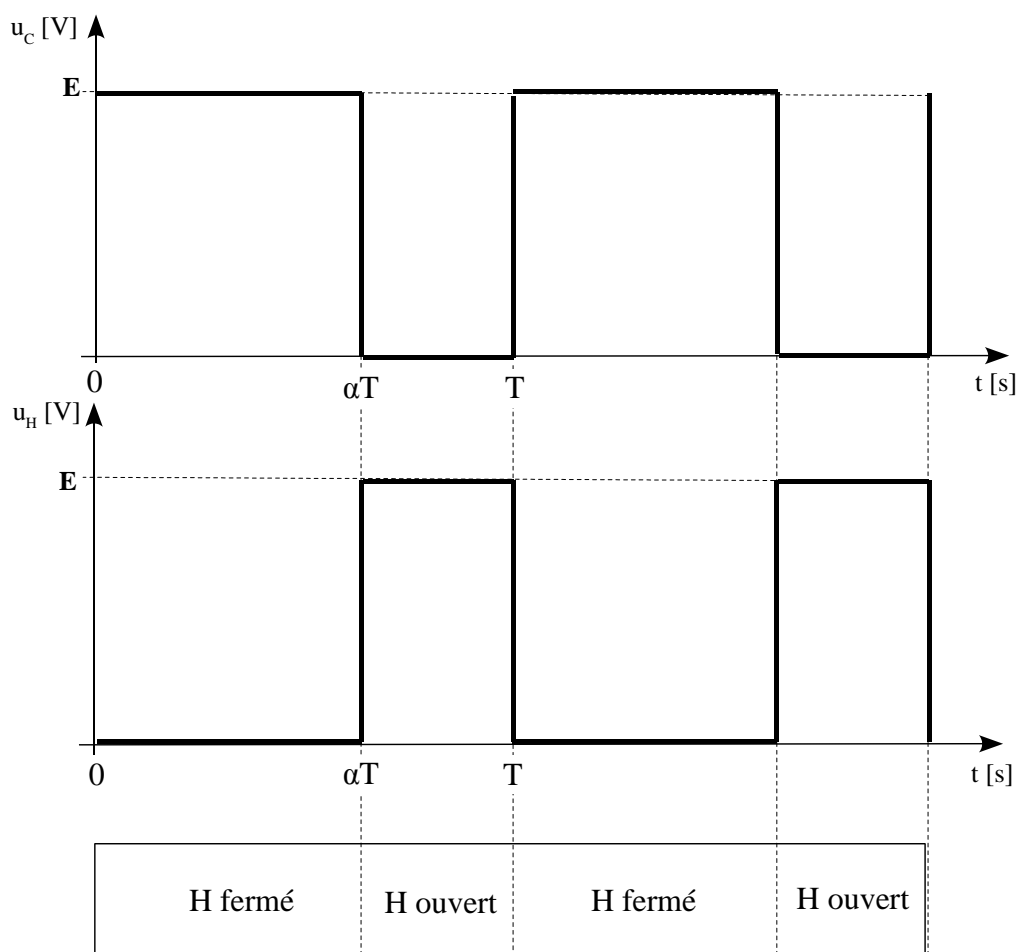
Pour $0 \leq t < t_F$, l'interrupteur H est fermé.




et pour $\alpha \cdot T \leq t < T$



Oscillogrammes :



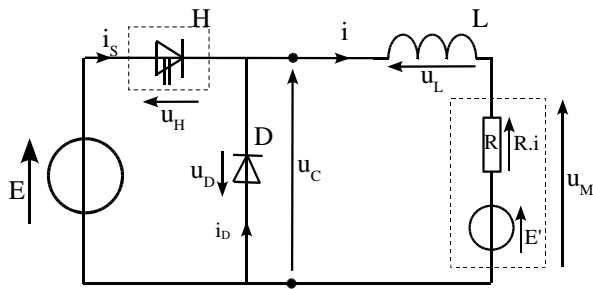
Valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge : $\langle u_C \rangle = \alpha \cdot E$.

On mesure la tension moyenne $\langle u_C \rangle$ avec un voltmètre numérique position DC ou .

Remarque : La tension moyenne $\langle u_C \rangle$ ne dépend pas de la fréquence de hachage f .

III Fonctionnement du hacheur série alimentant une charge R,L, E' :

III.1 Montage :



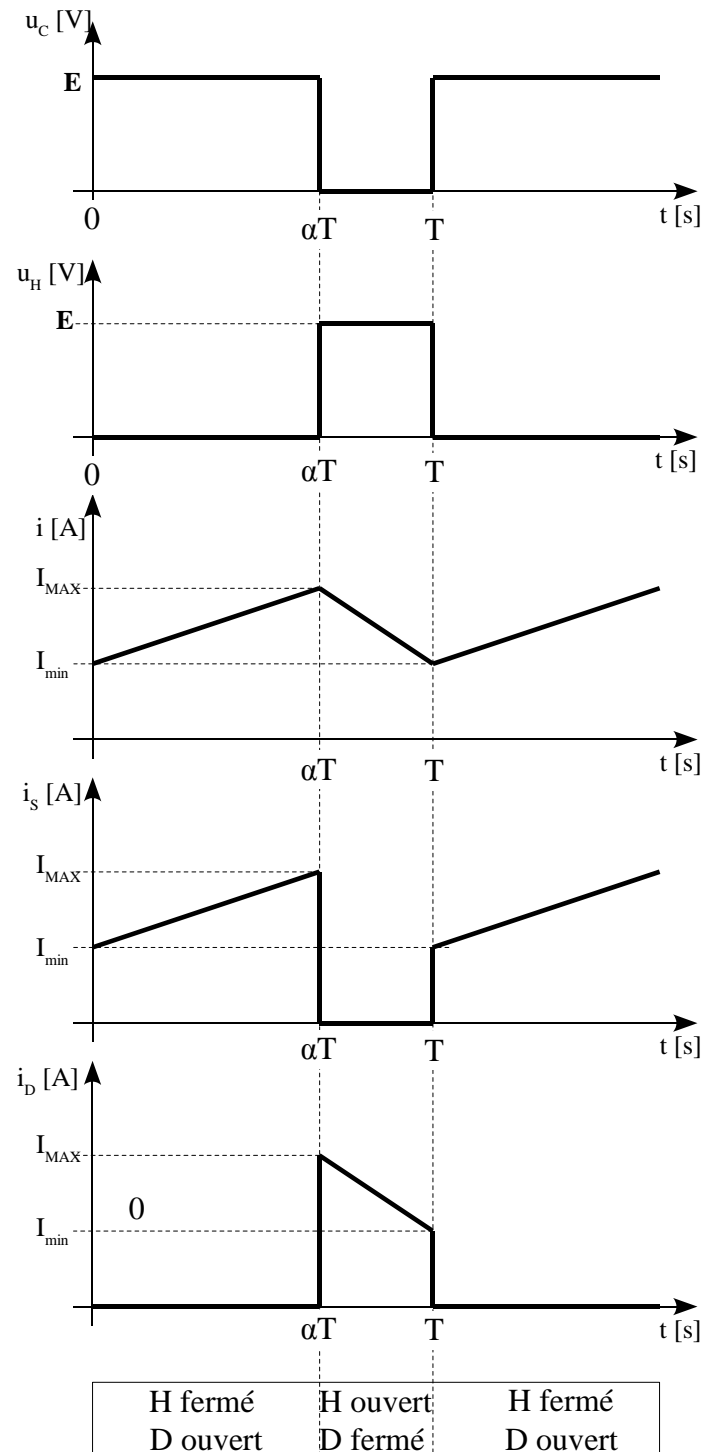
L'interrupteur H est représenté par son symbole normalisé.

D est une diode de roue libre.

L permet de lisser le courant i. On considère que la fréquence de hachage f est suffisamment importante pour considérer que i est de forme triangulaire.

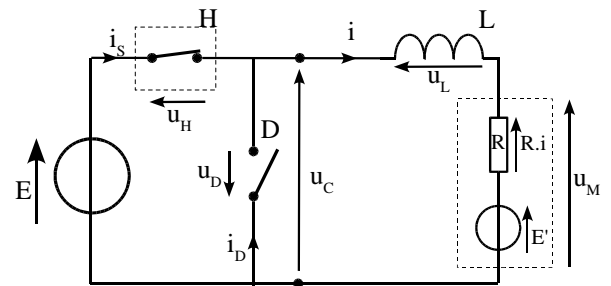
Le moteur à courant continu est modélisé par sa f.é.m. E' en série avec sa résistance R.

III.2 Observation des différentes tensions et intensités dans le montage :



Analyse du fonctionnement :

Pour $0 \leq t < \alpha T$,
l'interrupteur H est fermé.
la diode D est bloquée (interrupteur ouvert).

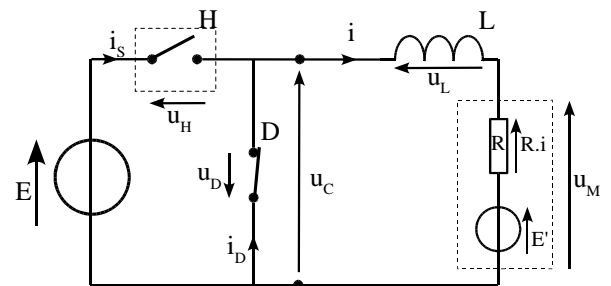


Équation de fonctionnement : $u_c = u_L + u_M = E$

avec $u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$ et $u_M = R \cdot i + E'$ soit :

$$u_c = E = L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i + E'$$

Pour $\alpha \cdot T \leq t < T$,
l'interrupteur H est ouvert.
La diode D est passante (interrupteur fermé).



Équation de fonctionnement : $u_c = u_L + u_M = 0$ soit

$$u_c = 0 = L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i + E'$$

III.3 Grandeurs caractéristiques :

Tension moyenne aux bornes de la charge $\langle u_c \rangle$:

$$u_c = L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i + E' \quad \text{d'où} \quad \langle u_c \rangle = \left\langle L \cdot \frac{di}{dt} \right\rangle + \langle R \cdot i \rangle + \langle E' \rangle$$

or, on sait que

$$\left\langle L \cdot \frac{di}{dt} \right\rangle = 0 \quad \text{et que}$$

la f.c.é.m E' est constante alors $\langle E' \rangle = E'$ et que

$$\langle R \cdot i \rangle = R \langle i \rangle .$$

$$\text{d'où : } \boxed{\langle u_c \rangle = R \cdot \langle i \rangle + E' = \alpha E} \quad \text{avec} \quad \boxed{0 \leq \alpha \leq 1}$$

Remarque : Pour un moteur à courant continu, la résistance R est souvent négligeable ainsi que $R \cdot \langle i \rangle$. La relation devient alors : $E' = \alpha E$ avec $E' = K \Phi \Omega$. Cette relation montre que pour un moteur à courant continu à excitation constante (flux constant), il suffit de faire varier le rapport cyclique α pour faire varier la vitesse de rotation n du moteur.

Tension efficace aux bornes de la charge :

On montre que la tension efficace aux bornes de la charge a pour expression $U_c = \sqrt{\alpha} \cdot E$.

Intensité moyenne $\langle i \rangle$ traversant la charge :

Lorsque l'intensité i est de forme triangulaire, l'expression de l'intensité moyenne $\langle i \rangle$ est :

$$\boxed{\langle i \rangle = \frac{I_{MAX} + I_{min}}{2}}$$

On mesure l'intensité moyenne $\langle i \rangle$ avec un ampèremètre numérique en position DC ou .

Si l'intensité est parfaitement lissée (droite), l'intensité moyenne $\langle i \rangle$ est égale à l'intensité efficace I .

La diode D permet, lorsque l'interrupteur H est ouvert, à la bobine de libérer l'énergie emmagasinée et ainsi, d'éviter qu'il ne se produise des surtensions aux bornes de l'interrupteur H .

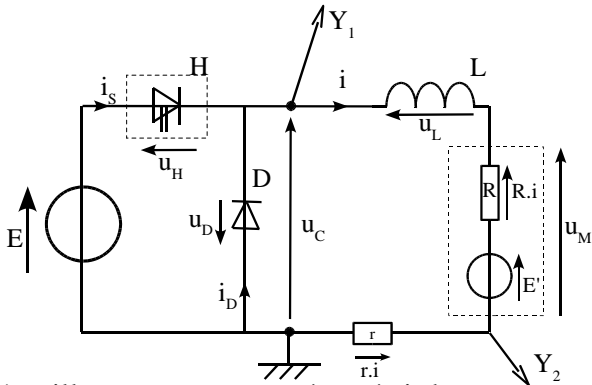
Intérêt d'utiliser un hacheur série :

Le hacheur série permet de faire varier la vitesse de rotation des moteurs à courant continu.

IV Exercices :

IV.1 Exercice n°1 :

Un hacheur série alimente un moteur à courant continu. On utilise un oscilloscope bi-courbes dont les deux voies sont branchées comme indiqué sur le schéma ci-dessous. La résistance r a pour valeur 1Ω .



1- A partir de ce schéma, préciser ce que visualise :

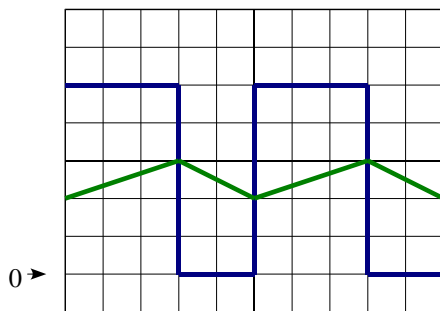
la voie 1 de l'oscilloscope :

la voie 2 :

2- Quel est l'intérêt d'utiliser une résistance $r = 1 \Omega$?

.....

L'oscillogramme est représenté ci-dessous :



Voie 1: 20 V/div Base de temps :
 Voie 2: 0,2 V/div 0,2 ms/div

3- Déterminer la valeur de la fréquence de hachage f :

.....

4- Déterminer la valeur du rapport cyclique α :

.....

5- Déterminer la valeur de la f.e.m. E :

.....

6- En déduire la valeur de la tension moyenne $\langle u_C \rangle$:

.....

7- Déterminer la valeur de I_{MAX} :

8- Déterminer la valeur de I_{min} :

9- En déduire la valeur du courant moyen $\langle i \rangle$:

.....

10- Établir l'expression de l'équation de fonctionnement de la charge (on négligera la tension $r.i$) et en déduire l'expression de $\langle u_C \rangle$ en fonction de R , $\langle i \rangle$ et E' :

.....

.....

11- Pour le moteur à courant continu considéré, on considère que $R = 0$. En déduire l'expression de E' en fonction du rapport cyclique et de la f.e.m. E et en déduire la valeur de E' .

.....

.....

12- On admet que pour ce moteur, $E' = k.n$. L'oscillogramme a été relevé pour une vitesse $n = 1200$ tr/min. Déterminer la valeur de k et préciser son unité.

.....

13- On désire maintenant que la vitesse de rotation du moteur soit de $n = 1600$ tr/min. Calculer la nouvelle valeur de E' .

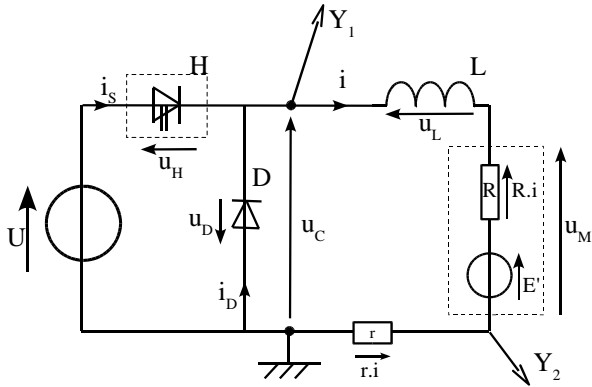
.....

14- En déduire la nouvelle valeur du rapport cyclique α qu'il faut pour obtenir cette vitesse de rotation.

.....

IV.2 Exercice n°2 :

Un hacheur série alimente un moteur à courant continu. On utilise un oscilloscope bi-courbes dont les deux voies sont branchées comme indiquée sur le schéma ci-dessous. La résistance r a pour valeur 10Ω .



1- Que représente H ?

.....

2- Quel est le rôle de la diode D ?

.....

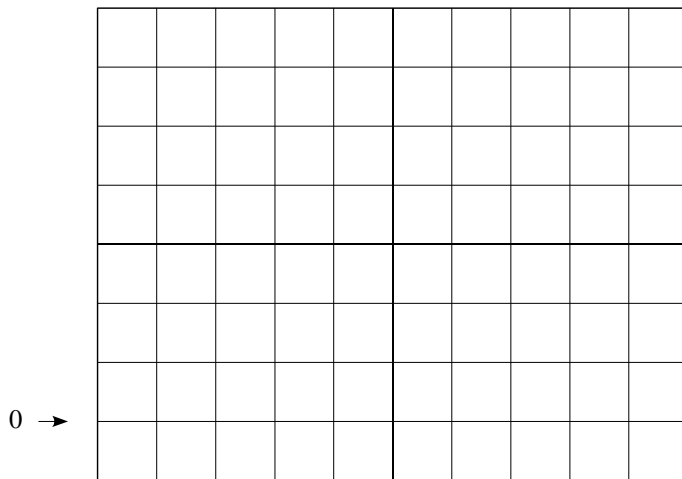
3- Quel est le rôle de l'inductance L ?

.....

Pour la suite de l'exercice, le montage a les caractéristiques suivantes :

fréquence de hachage $f = 125 \text{ Hz}$; $U = 12 \text{ V}$; $\alpha = 0,375$; l'inductance L est suffisamment importante pour considéré que le courant i est parfaitement lissé et $i = \langle i \rangle = I = 0,5 \text{ A}$.

4- Dans l'oscillogramme ci-dessous, représenter en bleu la tension u_C (voie 1 de l'oscilloscope) et l'image du courant $r.i$ (voie 2 de l'oscilloscope). Placer aussi les instants αT et T .



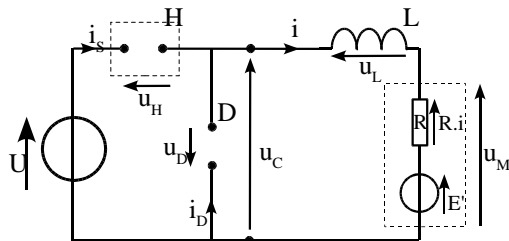
$$\langle u_C \rangle = \text{_____ V} ; \langle i \rangle = \text{_____} ;$$

$$U_C = \text{_____} ; I = \text{_____}$$

$$P = U_C \cdot I = \text{_____}$$

voie 1: 2 V/div
Voie 2: 1 V/div
Base de temps :
1 ms/div

6- Pour $0 \leq t < \alpha T$, compléter le schéma ci-dessous :

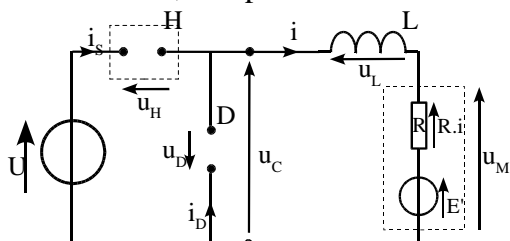


$$i_s = \text{_____} ; \quad u_H = \text{_____ V}$$

$$i_D = \text{_____} ; \quad u_D = \text{_____ V}$$

$$i = \text{_____} ; \quad u_C = \text{_____ V}$$

7- Pour $\alpha T \leq t < T$, compléter le schéma ci-dessous :



$$i_s = \text{_____} ; \quad u_H = \text{_____ V}$$

$$i_D = \text{_____} ; \quad u_D = \text{_____ V}$$

$$i = \text{_____} ; \quad u_C = \text{_____ V}$$