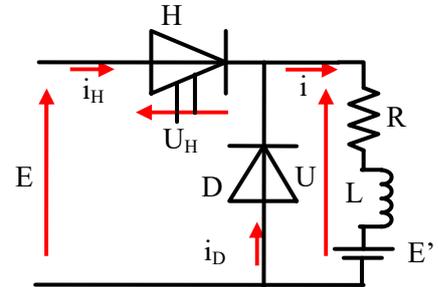


**TD 2 : Hacheurs**

**Exercice 1**

Un moteur à courant continu travaillant à couple constant est inclus dans le montage ci-dessous. Le hacheur fonctionne à une fréquence  $f = 500 \text{ Hz}$ . L'interrupteur H est fermé lorsque  $0 < t < \alpha T$  et ouvert entre  $\alpha T$  et  $T$ . La diode est supposée parfaite. L'inductance de la bobine de lissage L est de valeur suffisante pour que le courant dans le moteur soit considéré comme constant:  $i = I = \text{cte}$ . La résistance de l'induit du moteur est:  $R = 1\Omega$ .



1. Représenter les allures de U et  $U_H$  en fonction du temps.
2. Exprimer la valeur moyenne de U en fonction de E et  $\alpha$ .
3. Représenter les allures de  $i_H$  et  $i_D$  en fonction du temps.
4. Exprimer les valeurs moyennes des courants  $i_H$  et  $i_D$  en fonction de I et  $\alpha$ .
5. Déterminer l'intensité I du courant dans le moteur en fonction de E,  $E'$ , R et  $\alpha$ .

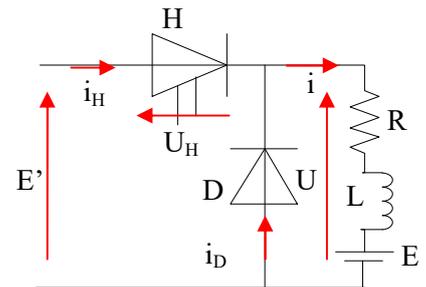
Application numérique:

6. Calculer  $U_{\text{moy}}$ , I et  $i_{D\text{moy}}$  pour  $E = 220\text{V}$ ,  $E' = 145\text{V}$  et  $\alpha = 0.7$ .
7. Établir la relation liant la vitesse n du moteur (en tr/min) à  $\alpha$  pour  $E' = 0,153 \text{ n}$ , sachant que  $R = 1\Omega$ ,  $V = 220\text{V}$  et  $I = 9 \text{ A}$ .
8. Tracer n en fonction de  $\alpha$ .

**Exercice 2**

On désire commander un moteur à courant continu par l'intermédiaire d'un hacheur dévolteur à transistor, comme le montre la figure suivante.

1. Analyser le fonctionnement du hacheur et représenter sur le même graphe l'allure de  $U_H(t)$ ,  $U_D(t)$  et de  $U(t)$ .
2. Trouver l'expression du courant:  $i(t)$ ,  $i_H$ , et  $i_D$ . on posera  $i(t=0)=i_{\text{min}}$ ,  $i(t = \alpha T)=i_{\text{max}}$  et  $\tau = \frac{L}{R}$ .
3. Tracer en fonction du temps :  $i(t)$ ,  $i_H$ , et  $i_D$ .
4. Donner l'expression du courant moyen  $i_{\text{moy}}$ ,  $i_{H\text{moy}}$  et  $i_{D\text{moy}}$ .
5. Donner l'expression de la puissance active produite par la source  $E'$ .

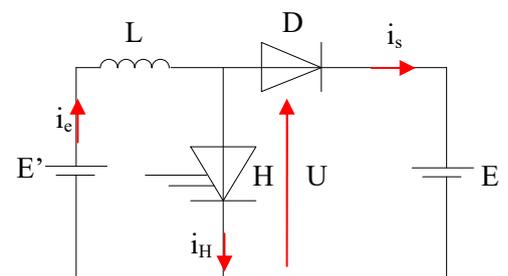


**Exercice 3**

On se propose d'utiliser le hacheur parallèle pour améliorer la forme d'onde des courants prélevés sur le réseau.

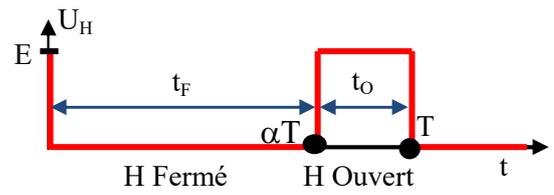
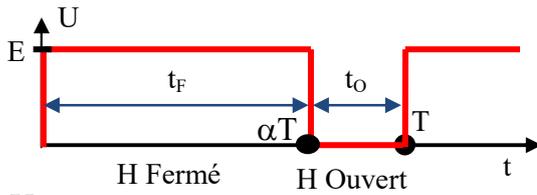
Valeurs numériques:  $L = 20\text{mH}$  ;  $E = 330\text{V}$  ;  $E' = 200\text{V}$ ;  $f = 1/T = 30\text{kHz}$  et  $P = 1\text{KW}$ .

1. Rappeler le principe de fonctionnement du hacheur parallèle alimenté par une source de tension  $E'$  en série avec une inductance et alimentant une source de tension E en régime établi. Préciser les relations apparaissant au niveau des grandeurs moyennes d'entrée et de sortie. A.N: Donner la valeur de  $\alpha$ ,  $i_{\text{emoy}}$  et  $i_{\text{smoy}}$ .
2. La source de tension E est remplacée par une charge RC parallèle, le hacheur devant maintenir la tension  $E_{\text{moy}}$  constante. On se place en régime établi et l'ondulation de E est faible. Que vaut le courant moyen dans C ? En déduire la relation entre  $i_{\text{smoy}}$  et  $i_{R\text{moy}}$ . Donner la relation liant  $i_{\text{emoy}}$  et R. Donner la valeur de R.



**Corrigé 1**

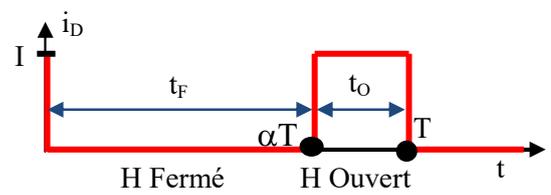
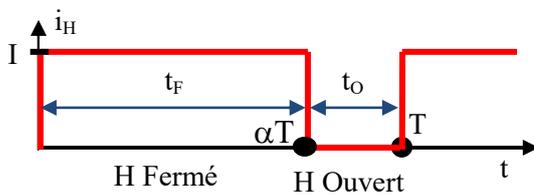
1) U et U<sub>H</sub>



2) U<sub>moy</sub>

$$U_{\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt \rightarrow U_{\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} E dt \rightarrow U_{\text{moy}} = E\alpha$$

3) i<sub>H</sub> et i<sub>D</sub>



4) i<sub>Hmoy</sub> et i<sub>Dmoy</sub>

$$i_{\text{Hmoy}} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \rightarrow i_{\text{Hmoy}} = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} I dt \rightarrow i_{\text{Hmoy}} = I\alpha$$

$$i_{\text{Dmoy}} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \rightarrow i_{\text{Dmoy}} = \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T I dt \rightarrow i_{\text{Dmoy}} = I(1 - \alpha)$$

5) I = f(E, E', R et alpha)

$$U_{\text{moy}} = E\alpha = E' - RI \rightarrow I = \frac{E\alpha - E'}{R}$$

6) AN: U<sub>moy</sub> = Eα = 154V

$$I = \frac{E\alpha - E'}{R} = 9A$$

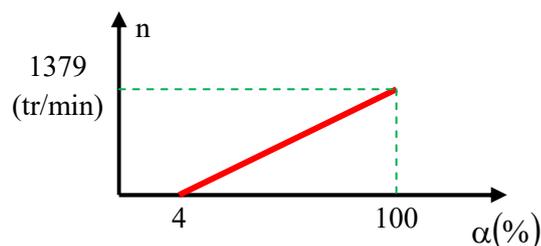
$$i_{\text{Dmoy}} = I(1 - \alpha) = 2.7A$$

7) La relation :  $I = \frac{E\alpha - E'}{R} = \frac{E\alpha - 0.153n}{R} \Rightarrow n = \frac{E\alpha - RI}{0.153}$

I=9A = constante car le moteur travaille à couple constant.

$$n = 1483\alpha - 59$$

8) Tracer n en fonction de alpha

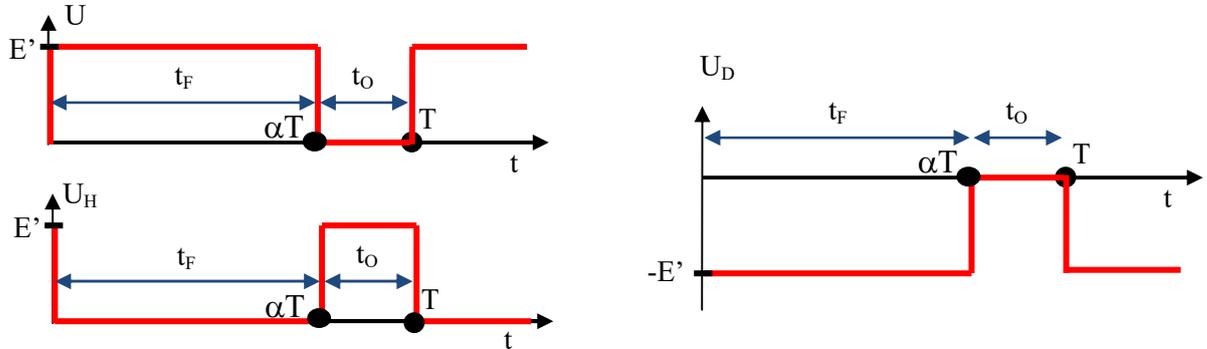


**Corrigé 2**

1) fonctionnement du hacheur

$(0 \rightarrow \alpha T)$ : H fermé et D ouverte,  $U=E'$ ,  $U_H=0$  et  $U_D=-E'$

$(\alpha T \rightarrow T)$ : H ouvert et D fermée,  $U=0$ ,  $U_H=E'$  et  $U_D=0$



2) l'expression du courant  $i(t)$ ,  $i_H$ , et  $i_D$

de  $(0 \rightarrow \alpha T)$ :  $U = Ri + L \frac{di}{dt} + E = E' \Rightarrow i + \frac{L}{R} \frac{di}{dt} = \frac{E' - E}{R}$

$i(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E' - E}{R}$  avec  $\tau = \frac{L}{R}$ ,  $i(t=0) = i_{\min} \Rightarrow A = i_{\min} + \frac{E - E'}{R} \Rightarrow i(t) = (i_{\min} + \frac{E - E'}{R})e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E' - E}{R}$

$i_H(t) = i(t) \text{ \& } i_D(t) = 0$

de  $(\alpha T \rightarrow T)$ :  $Ri + L \frac{di}{dt} + E = 0 \Rightarrow i + \tau \frac{di}{dt} = -\frac{E}{R}$

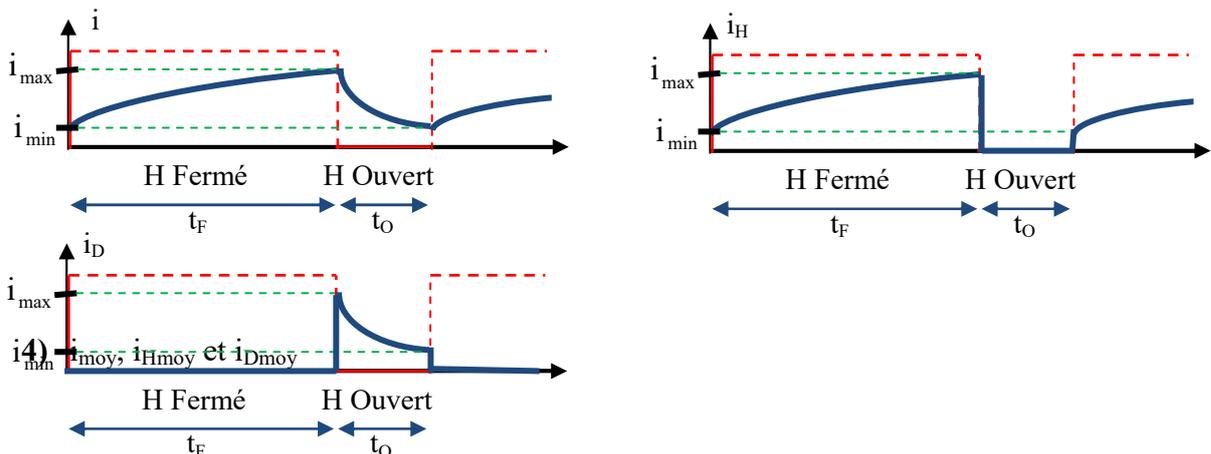
$i(t) = A'e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{E}{R}$ ,  $i(t = \alpha T) = i_{\max} \Rightarrow A'e^{-\frac{\alpha T}{\tau}} - \frac{E}{R} = i_{\max} \Rightarrow A' = (i_{\max} + \frac{E}{R})e^{\frac{\alpha T}{\tau}} \Rightarrow i(t) = (i_{\max} + \frac{E}{R})e^{-\frac{t - \alpha T}{\tau}} - \frac{E}{R}$

$i_H(t) = 0 \text{ \& } i_D(t) = i(t)$

$i(t) = i_H(t)$  pour  $0 < t < \alpha T$

$i(t) = i_D(t)$  pour  $\alpha T < t < T$

3) Tracer en fonction du temps :  $i(t)$ ,  $i_H$ , et  $i_D$



i4)  $i_{\min}$ ,  $i_{\text{moy}}$ ,  $i_{H\text{moy}}$  et  $i_{D\text{moy}}$

$$i_{H\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} \left( i_{\min} + \frac{E-E'}{R} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} dt + \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} \frac{E'-E}{R} dt = \frac{-\tau}{T} \left( i_{\min} + \frac{E-E'}{R} \right) \left( e^{-\frac{\alpha T}{\tau}} - 1 \right) + \frac{E'-E}{R} \alpha$$

$$i_{D\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T i(t) dt = \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T \left( i_{\max} + \frac{E}{R} \right) e^{-\frac{t+\alpha T}{\tau}} dt + \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T \frac{-E}{R} dt = \frac{-\tau}{T} \left( i_{\max} + \frac{E}{R} \right) e^{-\frac{(2\alpha-1)T}{\tau}} - \frac{E}{R} (1-\alpha)$$

$$i_{\text{moy}} = i_{H\text{moy}} + i_{D\text{moy}}$$

### 5) Puissance active produite par la source E

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T E' \cdot i_H dt = E' \cdot i_{H\text{moy}}$$

## Corrigé 3

### 1)

- Principe de fonctionnement du hacheur parallèle

$(0 \rightarrow \alpha T)$ : H Fermé (F) et D est bloquée,  $U=0$ ,

$(\alpha T \rightarrow T)$ : H Ouvert (O) et D est passante,  $U=E$ .

- Les relations apparaissant au niveau des grandeurs moyennes d'entrée et de sortie  
 $E' = E(1-\alpha)$

$$i_s = i_e(1-\alpha)$$

- A.N:  $\alpha = 0.4$ ,

$$P = E i_s \rightarrow i_s = \frac{P}{E} = 3A$$

$$i_s = i_e(1-\alpha) \rightarrow i_e = 5A$$

### 2)

- Le courant moyen dans C

$$i_c = C \frac{dU_c}{dt} \rightarrow i_{c\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T C \frac{dU_c}{dt} = 0$$

- La relation entre  $i_{s\text{moy}}$  et  $i_{R\text{moy}}$

$$i_{s\text{moy}} = i_{R\text{moy}}$$

- La relation liant  $i_{e\text{moy}}$  et R

$$P = E i_s = E i_R \rightarrow \frac{E^2}{R} = E i_e(1-\alpha) \rightarrow i_e = \frac{E}{R} = i_e(1-\alpha)$$

- A.N  $R = 108\Omega$