

## 4 exercices corrigés d'Electronique de puissance sur le hacheur

### Exercice Hach01 : hacheur série

On alimente un moteur à courant continu dont le schéma équivalent est donné ci-dessous, à l'aide d'un hacheur.

L'interrupteur électronique K et la diode sont supposés parfaits.

La période de hachage est T, le rapport cyclique  $\alpha$ .

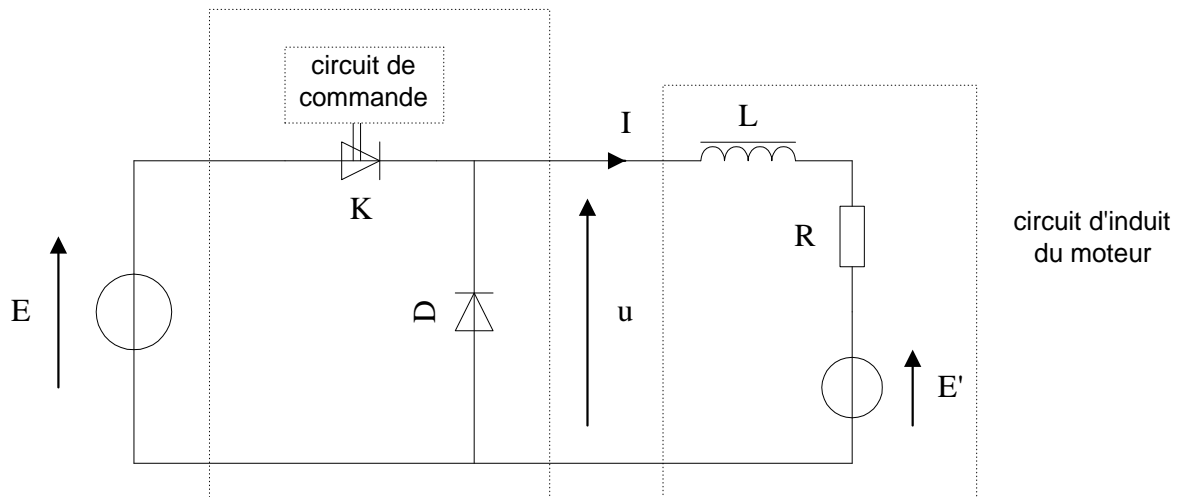
L'inductance L du bobinage de l'induit du moteur a une valeur suffisante pour que la forme du courant dans l'induit soit pratiquement continue.

Le hacheur est alimenté par une tension continue  $E = 220 \text{ V}$ .

La f.e.m.  $E'$  du moteur est liée à sa vitesse de rotation n par la relation :

$$E' = 0,20 n \quad \text{avec } E' \text{ en V et } n \text{ en tr/min}$$

L'induit a pour résistance  $R = 2,0 \Omega$ .



1- Etude de la tension u pour  $\alpha = 0,80$ .

1-1- Représenter, en la justifiant, l'allure de la tension u.

On prendra comme instant origine celui où l'interrupteur K se ferme.

1-2- Déterminer l'expression littérale de la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension u, en fonction de E et du rapport cyclique  $\alpha$ .

Calculer sa valeur numérique.

2- Fonctionnement du moteur pour  $\alpha = 0,80$ .

Le moteur fonctionne en charge, la valeur moyenne du courant d'induit est  $\langle I \rangle = 10 \text{ A}$ .

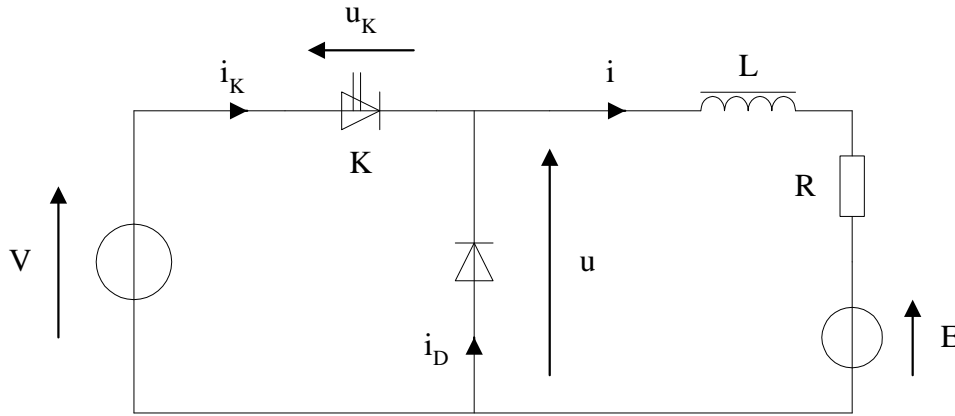
Déterminer  $E'$  et en déduire n.

3- Le dispositif de commande du hacheur est tel que le rapport cyclique  $\alpha$  est proportionnel à une tension de commande  $u_C$  :  $\alpha = 100 \%$  pour  $u_C = 5 \text{ V}$ .

Tracer la caractéristique  $\langle u \rangle$  en fonction de  $u_C$ .

### Exercice Hach02 : hacheur série

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 K est fermé lorsque  $0 < t < \alpha T$  et ouvert entre  $\alpha T$  et  $T$ .

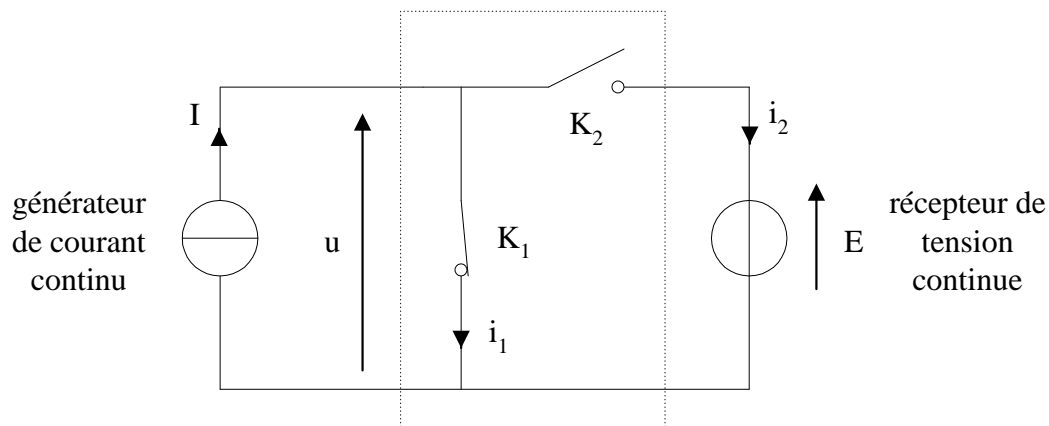
La diode est supposée parfaite.

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  $u_K$  en fonction du temps.
- 2- Exprimer la valeur moyenne de  $u$  en fonction de  $V$  et  $\alpha$ .
- 3- Représenter les allures de  $i_K$  et  $i_D$  en fonction du temps.
- 4- Exprimer les valeurs moyennes des courants  $i_K$  et  $i_D$  en fonction de  $I$  et  $\alpha$ .
- 5- Déterminer l'intensité  $I$  du courant dans le moteur en fonction de  $V$ ,  $E$ ,  $R$  et  $\alpha$ .
- 6- Application numérique :  
Calculer  $\langle u \rangle$ ,  $I$  et  $\langle i_D \rangle$  pour  $V = 220 \text{ V}$ ,  $E = 145 \text{ V}$  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  $\alpha$ .

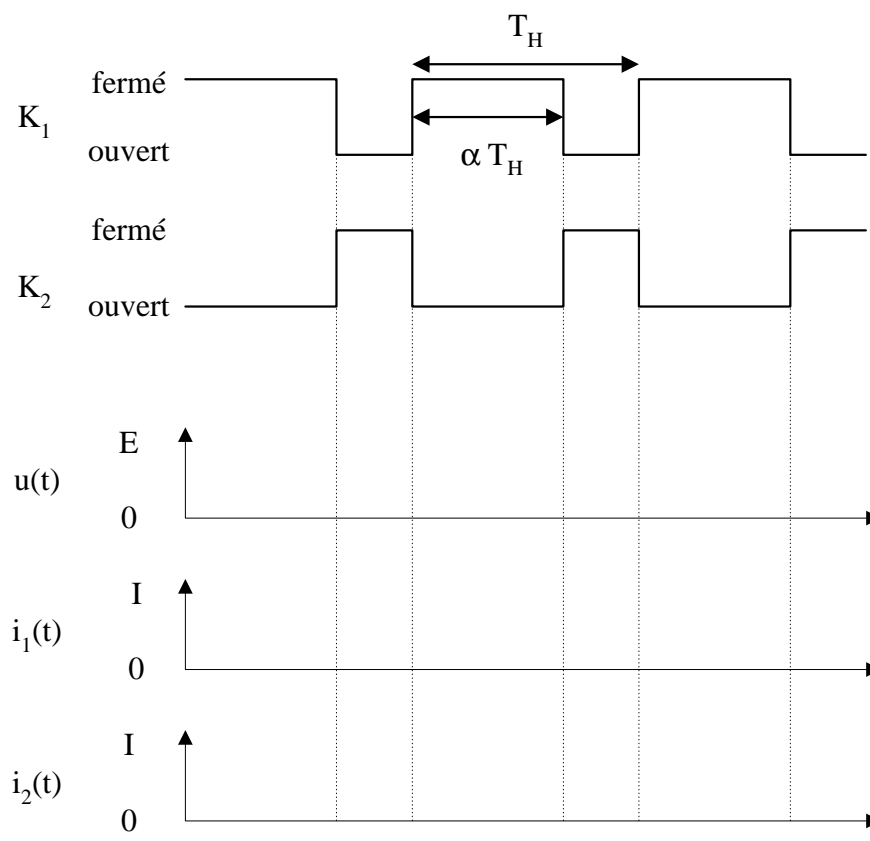
### Exercice Hach03 : hacheur parallèle



Les deux interrupteurs électroniques sont supposés parfaits.

1- On donne les séquences de conduction de  $K_1$  et  $K_2$ .

Compléter les chronogrammes :



2- Donner la relation entre  $\langle u \rangle$ ,  $\alpha$  et  $E$ .

### **Exercice Hach04 : module convertisseur DC/DC**

Un convertisseur DC/DC possède les caractéristiques suivantes :

Puissance utile (max.) :	2 watts
Tension d'entrée (continue) :	4,5 à 9 V
Tension de sortie (continue) :	12 V
Rendement :	75 %

1- Calculer le courant de sortie maximal.

2- A puissance utile maximale, calculer la puissance thermique dissipée par le convertisseur.

3- On applique 5 V en entrée.

Calculer le courant d'entrée maximal.

## Corrigés

### Exercice Hach01 : hacheur série

On alimente un moteur à courant continu dont le schéma équivalent est donné ci-dessous, à l'aide d'un hacheur.

L'interrupteur électronique K et la diode sont supposés parfaits.

La période de hachage est T, le rapport cyclique  $\alpha$ .

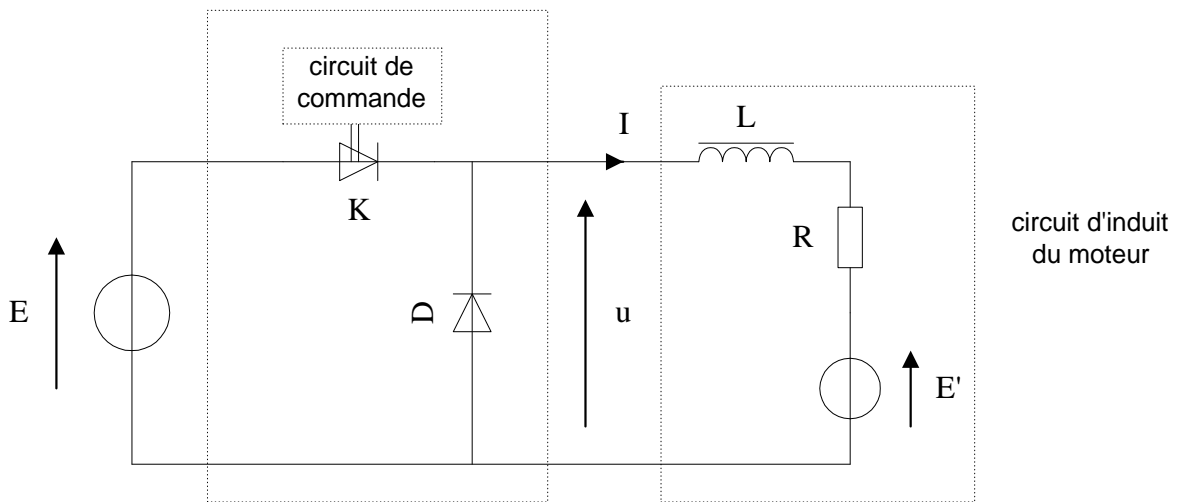
L'inductance L du bobinage de l'induit du moteur a une valeur suffisante pour que la forme du courant dans l'induit soit pratiquement continue.

Le hacheur est alimenté par une tension continue  $E = 220 \text{ V}$ .

La f.e.m.  $E'$  du moteur est liée à sa vitesse de rotation n par la relation :

$$E' = 0,20 n \quad \text{avec } E' \text{ en V et } n \text{ en tr/min}$$

L'induit a pour résistance  $R = 2,0 \Omega$ .

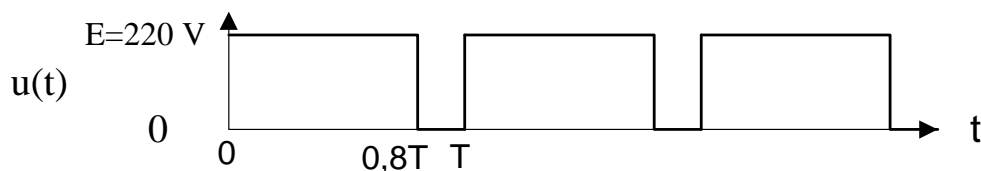


1- Etude de la tension  $u$  pour  $\alpha = 0,80$ .

1-1- Représenter, en la justifiant, l'allure de la tension  $u$ .

On prendra comme instant origine celui où l'interrupteur K se ferme.

$0 < t < \alpha T$     K fermé :  $u = E$   
 $\alpha T < t < T$     K ouvert : phase de roue libre : D conduit et  $u = 0 \text{ V}$



1-2- Déterminer l'expression littérale de la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension  $u$ , en fonction de  $E$  et du rapport cyclique  $\alpha$ .  
Calculer sa valeur numérique.

$$\langle u \rangle = \alpha E$$

$$\text{A.N. } 0,8 \times 220 = 176 \text{ V}$$

2- Fonctionnement du moteur pour  $\alpha = 0,80$ .

Le moteur fonctionne en charge, la valeur moyenne du courant d'induit est  $\langle I \rangle = 10 \text{ A}$ .  
Déterminer  $E'$  et en déduire  $n$ .

$$E' = \langle u \rangle - R \langle I \rangle = 176 - 2,0 \times 10 = 156 \text{ V}$$

$$n = E' / 0,20 = 156 / 0,20 = 780 \text{ tr/min}$$

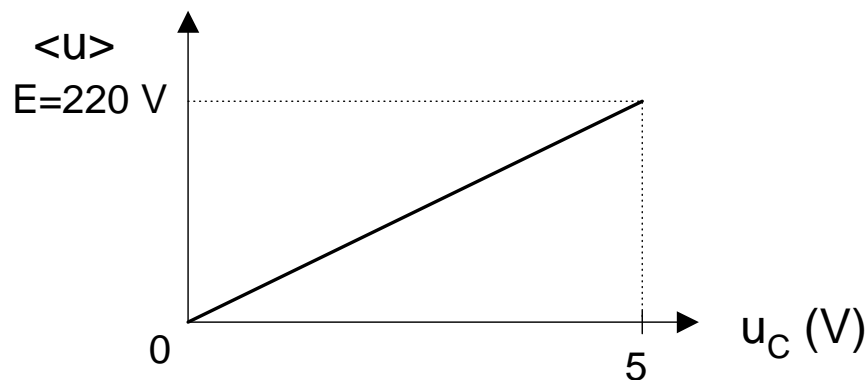
3- Le dispositif de commande du hacheur est tel que le rapport cyclique  $\alpha$  est proportionnel à une tension de commande  $u_C$  :  $\alpha = 100 \%$  pour  $u_C = 5 \text{ V}$ .

Tracer la caractéristique  $\langle u \rangle$  en fonction de  $u_C$ .

$$\alpha = 0,2 u_C$$

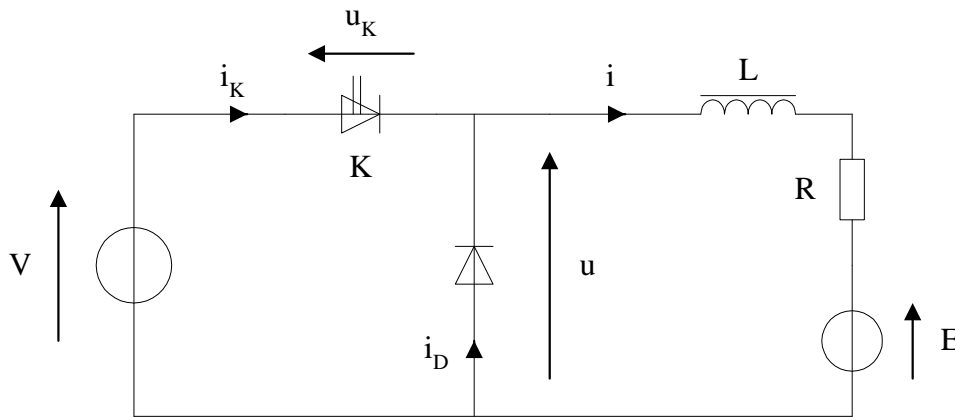
$$\langle u \rangle = \alpha E = (0,2 \times 220) u_C$$

$$\langle u \rangle = 44 u_C$$



## Exercice Hach02 : hacheur série

Un moteur à courant continu travaillant à couple constant est inclus dans le montage ci-dessous :



Le hacheur fonctionne à une fréquence  $f = 500 \text{ Hz}$ .

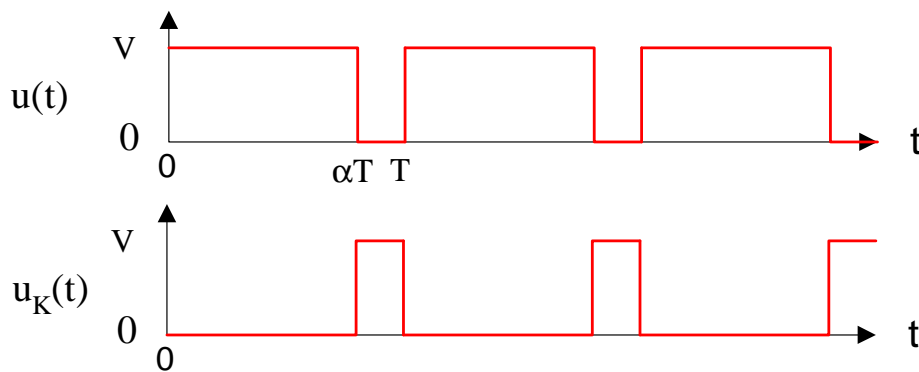
L'interrupteur K est fermé lorsque  $0 < t < \alpha T$  et ouvert entre  $\alpha T$  et  $T$ .

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 :  $R = 1 \Omega$ .

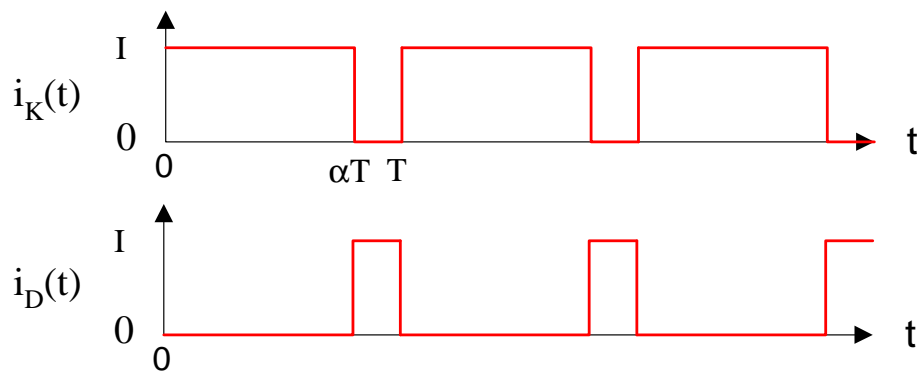
1- Représenter les allures de  $u$  et  $u_K$  en fonction du temps.



2- Exprimer la valeur moyenne de  $u$  en fonction de  $V$  et  $\alpha$ .

$$\langle u \rangle = \alpha V$$

3- Représenter les allures de  $i_K$  et  $i_D$  en fonction du temps.



4- Exprimer les valeurs moyennes des courants  $i_K$  et  $i_D$  en fonction de  $I$  et  $\alpha$ .

$$\begin{aligned} \langle i_K \rangle &= \alpha I \\ \langle i_D \rangle &= (1 - \alpha) I \end{aligned}$$

5- Déterminer l'intensité  $I$  du courant dans le moteur en fonction de  $V$ ,  $E$ ,  $R$  et  $\alpha$ .

$$\begin{aligned} \langle u \rangle &= E + RI = \alpha V \\ I &= \frac{\alpha V - E}{R} \end{aligned}$$

6- Application numérique :

Calculer  $\langle u \rangle$ ,  $I$  et  $\langle i_D \rangle$  pour  $V = 220 \text{ V}$ ,  $E = 145 \text{ V}$  et  $\alpha = 0,7$ .

$$\begin{aligned} \langle u \rangle &= 154 \text{ V} \\ I &= 9 \text{ A} \\ \langle i_D \rangle &= 2,7 \text{ A} \end{aligned}$$

7- Établir la relation liant la vitesse  $n$  du moteur (en tr/min) à  $\alpha$  pour  $E = 0,153 n$ , sachant que  $R = 1 \Omega$ ,  $V = 220 \text{ V}$  et  $I = 9 \text{ A}$ .

$$\begin{aligned} I &= \frac{\alpha V - 0,153n}{R} \\ n &= \frac{\alpha V - RI}{0,153} \end{aligned}$$

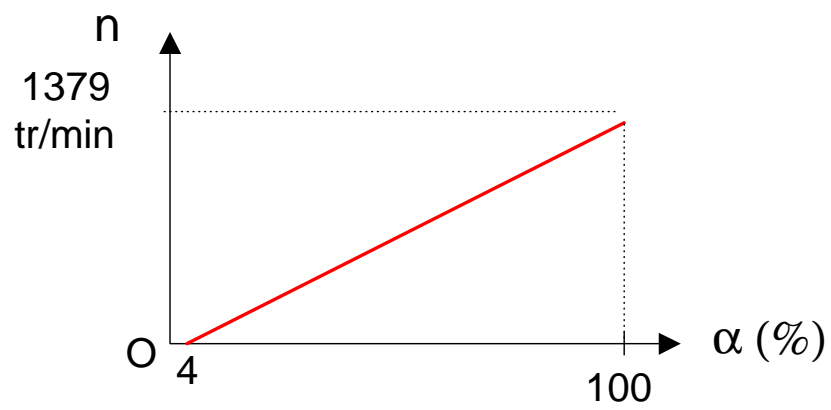
$I = 9 \text{ A} = \text{constante}$  car le moteur travaille à couple constant.

D'où :

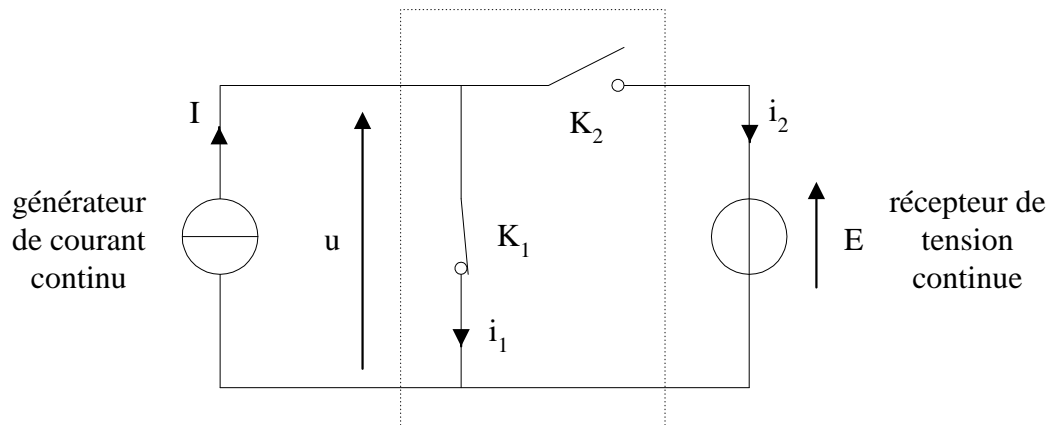
$$n = 1438\alpha - 59$$



8- Tracer  $n$  en fonction de  $\alpha$ .



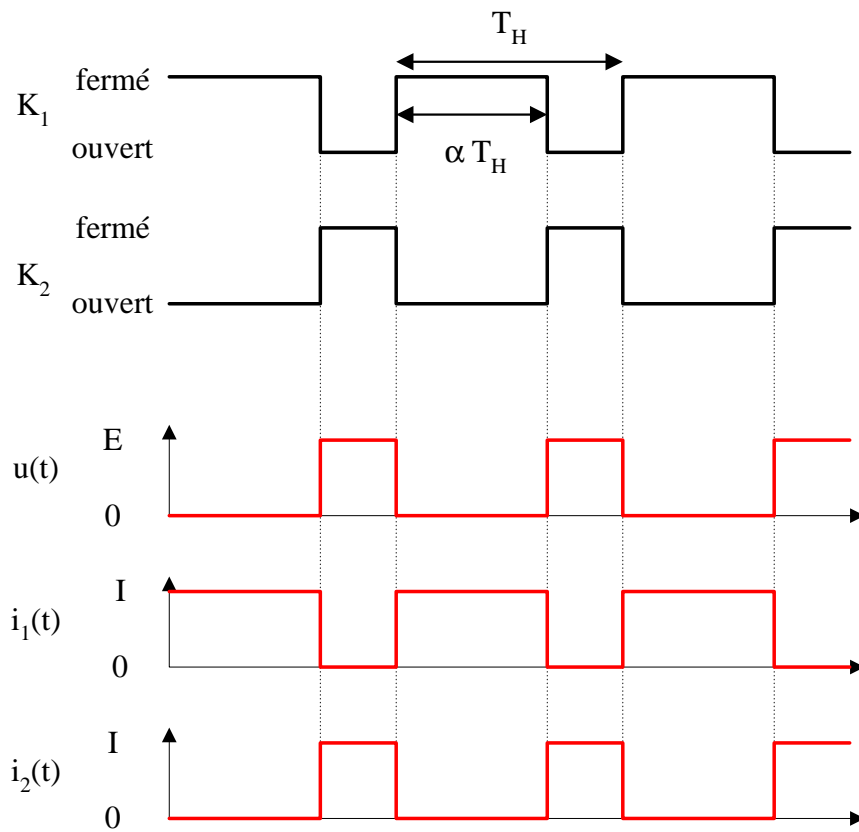
### Exercice Hach03 : hacheur parallèle



Les deux interrupteurs électroniques sont supposés parfaits.

1- On donne les séquences de conduction de  $K_1$  et  $K_2$ .

Compléter les chronogrammes :



2- Donner la relation entre  $\langle u \rangle$ ,  $\alpha$  et  $E$ .

$$\langle u \rangle = (1 - \alpha)E$$

Remarque :

$$E = \langle u \rangle / (1 - \alpha)$$

Le hacheur parallèle est un élévateur de tension.

### Exercice Hach04 : module convertisseur DC/DC

Un convertisseur DC/DC possède les caractéristiques suivantes :

Puissance utile (max.) :	2 watts
Tension d'entrée (continue) :	4,5 à 9 V
Tension de sortie (continue) :	12 V
Rendement :	75 %

1- Calculer le courant de sortie maximal.

$$2 / 12 = \mathbf{167 \text{ mA}}$$

2- A puissance utile maximale, calculer la puissance thermique dissipée par le convertisseur.

$$\begin{aligned} P_u / P_a &= 75 \% \\ \text{d'où : } P_a &= 2,67 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\text{Pertes} = P_a - P_u = \mathbf{0,67 \text{ W}}$$

3- On applique 5 V en entrée.  
Calculer le courant d'entrée maximal.

$$2,67 / 5 = \mathbf{533 \text{ mA}}$$