

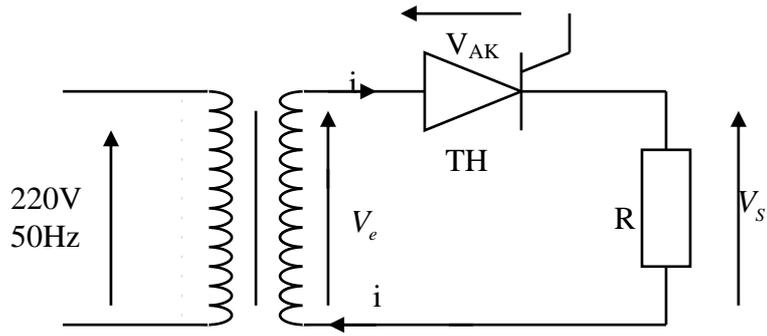
**Redressement monophasé commandé**

**Introduction :**

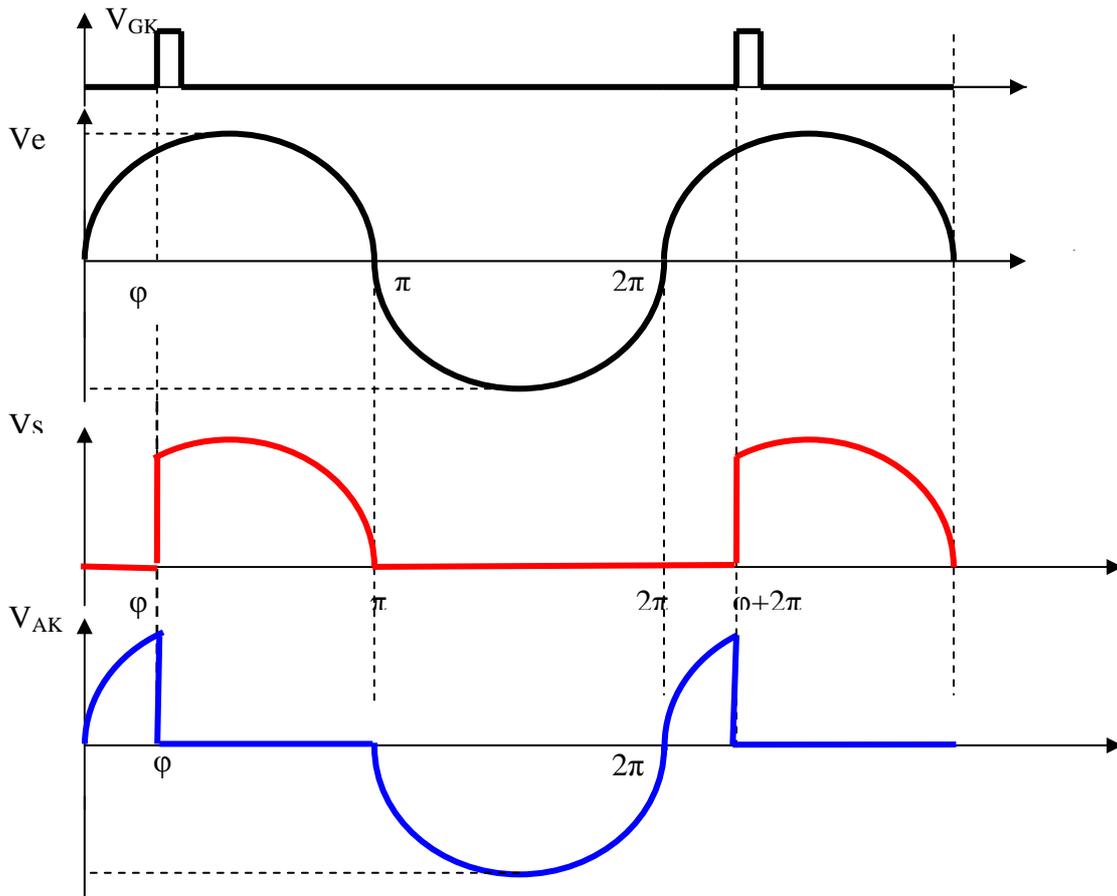
Un montage redresseur commandé permet d'obtenir une tension continue réglable à partir d'une tension alternative sinusoïdale. L'utilisation de composants tels que **les thyristors** permet de réaliser des redresseurs dont la tension moyenne de sortie peut varier en fonction de **l'angle de retard à l'amorçage**.

**I. Redressement monophasé simple sur charge résistive pure R :**

On considère que le thyristor est parfait.  $\varphi$  est appelé angle de retard à l'amorçage. Il est synchronisé sur le réseau. Il correspond à un temps de retard à l'amorçage  $t_\varphi = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot T$ .



**a. chronogrammes :**



**b. analyse de fonctionnement :**

Quelque soit l'état de  $T_H$  on a :  $V_e = V_{AK} + V_s$ .

- $V_e(t) > 0 \Rightarrow V_{AK} > 0$  : le thyristor peut être amorcé.
- si  $i_G = 0A$  :  $T_H$  reste bloqué ( $i = 0$ ) :  $V_{AK} = V_e$  et  $V_s = 0$ .

- Si une impulsion de courant  $i_G$  suffisante apparaît sur sa gâchette alors  $T_H$  devient passant et  $V_{AK}=0$ ,  $V_s = V_e$  et  $i_D = \frac{V_e}{R}$ .

- $V_e(t) = 0 \Rightarrow i = 0A$  : le thyristor se bloque naturellement.
- $V_e(t) < 0 \Rightarrow V_{AK} > 0$  : le thyristor ne peut pas être amorcé. Il est bloqué même si une impulsion de courant apparaît sur sa gâchette.

**Remarques :**

- $V_s$ ,  $i$  et  $V_{AK}$  ont la même période que  $V_e \Rightarrow 2\pi$  rad.
- Le thyristor doit supporter en inverse  $V_M$ .
- Le courant  $i = \frac{V_s}{R}$  s'annule périodiquement, nous sommes en régime de conduction discontinu.
- En pratique pour s'assurer qu'un thyristor s'amorce, on envoie sur sa gâchette un train d'impulsions.

**c. valeur moyenne de la tension redressée :**

Calculons la valeur moyenne  $\langle V_s \rangle$  de  $v_s(t)$  :

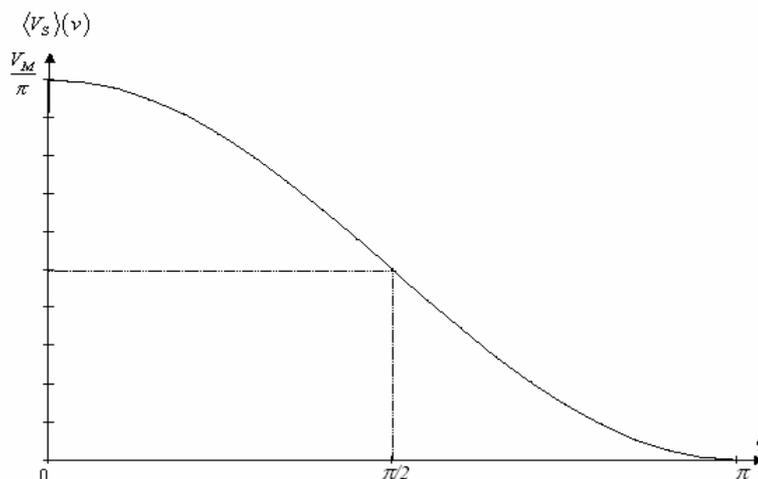
$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t) \cdot dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_s(\theta) \cdot d\theta = \frac{V_M}{2\pi} \int_\varphi^{2\pi} \sin(\theta) \cdot d\theta \Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{V_M}{2\pi} [-\cos(\theta)]_\varphi^{2\pi}$$

$$\Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{V_M}{2\pi} [-\cos(2\pi) + \cos(\varphi)] = \frac{1 + \cos(\varphi)}{2\pi} \cdot V_M.$$

**Remarques :**

- la valeur moyenne de la tension  $V_s$  peut être ajustée en fonction de l'angle de retard à l'amorçage  $\varphi$ .
- $\langle i_D \rangle = \frac{\langle V_s \rangle}{R} = \frac{1 + \cos(\varphi)}{2\pi \cdot R} \cdot V_M.$

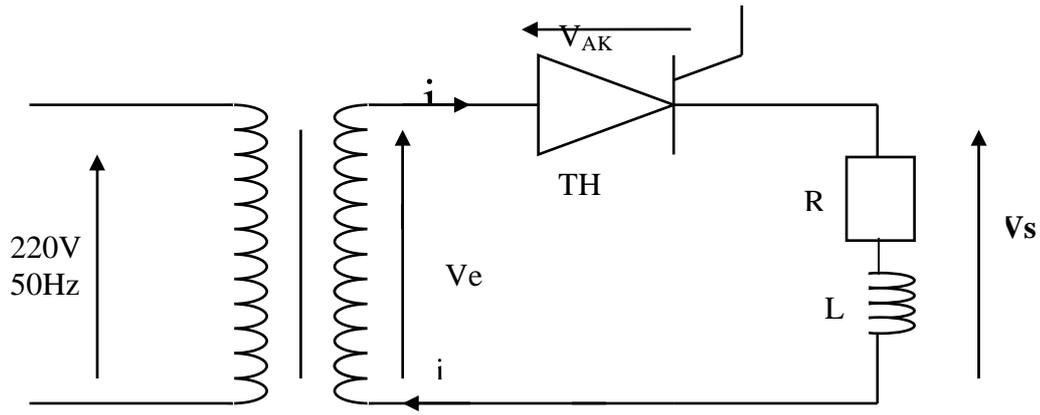
Traçons l'allure de  $\langle V_s \rangle = f(\varphi)$  pour  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ . Donc:  $0 \leq \langle V_s \rangle \leq \frac{V_M}{\pi}$ .



**II. Redressement monophasé sur charge RL :**

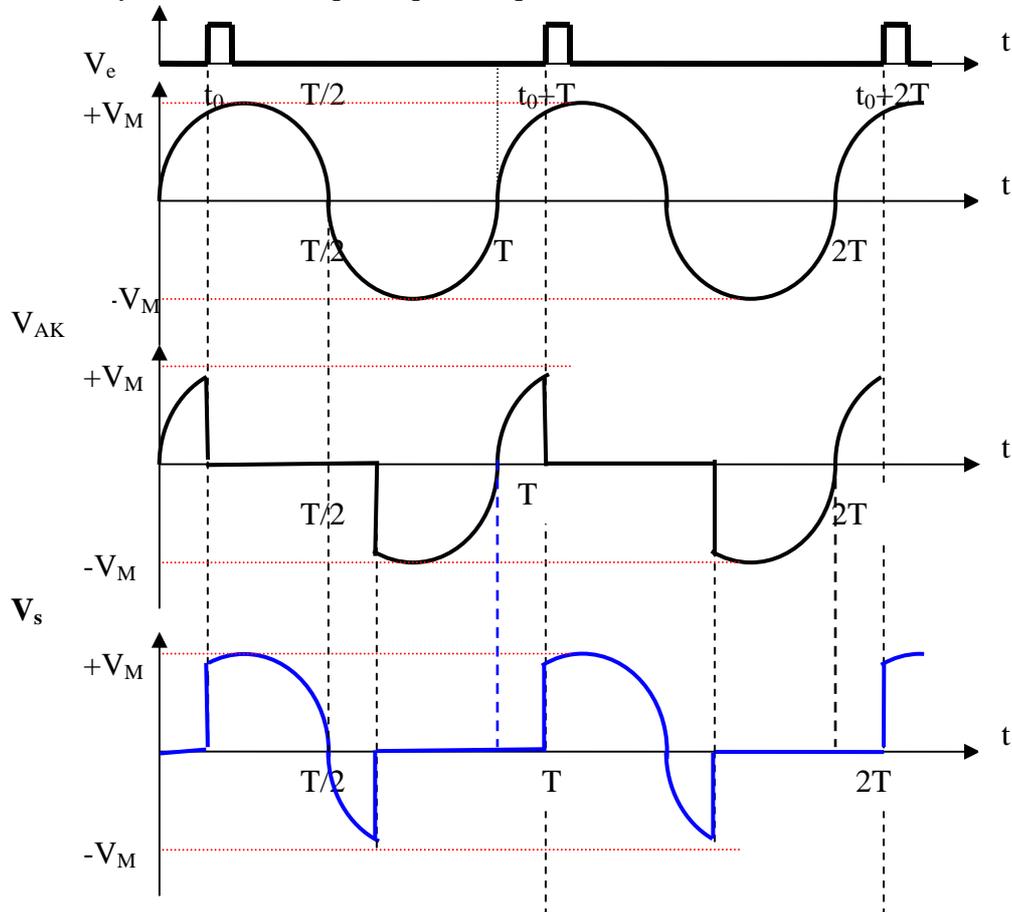
Avant l'instant d'application de l'impulsion de commande à  $t = t_0$ , le thyristor est bloqué  $\Rightarrow i = 0$  d'où :  $V_s = 0$  ; mais lorsque l'impulsion est appliquée :  $T_H$  est fermé  $\Rightarrow V_{AK} = 0$

$$\Rightarrow V_e = V_M \sin \omega t = V_s = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$



Si  $i(t=0) = 0$  alors :  $\Rightarrow i(t) = \frac{V_M}{\sqrt{(L\omega)^2 + R^2}} \left[ \sin \varphi e^{-\frac{R}{L}(t-t_0)} + (\sin(\omega t - \varphi)) \right]$ .

Donc le thyristor ne se bloquera que lorsque le courant s'annule.



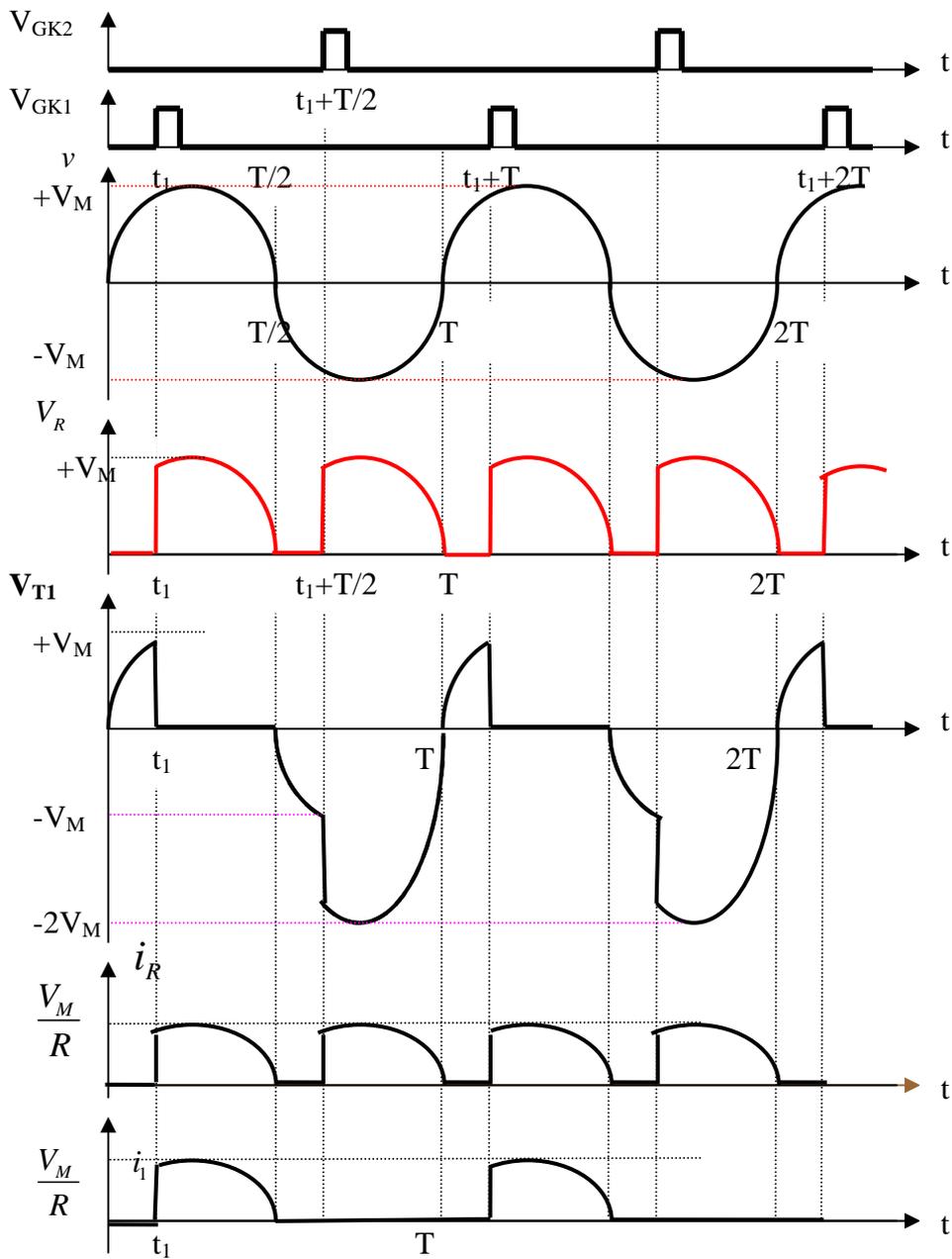
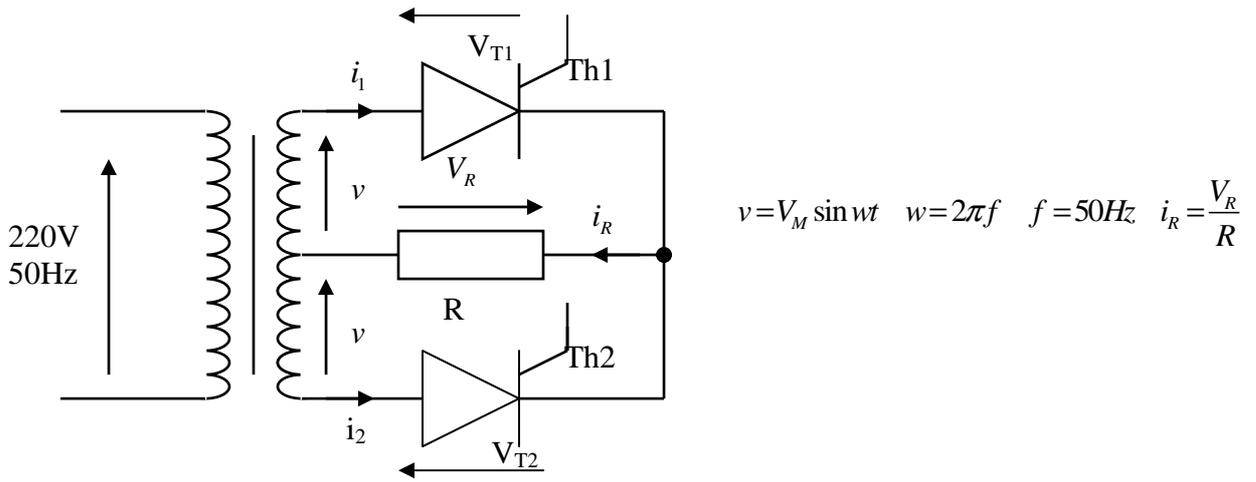
**Remarque :** il y a apparition d'une partie négative au niveau de la tension d'entrée qu'on peut éviter avec l'emploi d'une diode de roue libre.

**III. Redressement monophasé double sur charge résistive pure R :**

On prendra l'exemple d'un redresseur double alternance à deux thyristors et transformateur à point milieu.

À  $t_1$  on amorce  $Th_1$  (modulo  $T$ )

À  $t_1+T/2$  on amorce  $Th_2$  (modulo  $T$ )



En posant  $\theta = \omega t$  et  $\theta_1 = \omega t_1$  :

- Pour  $0 \leq \theta \leq \pi$  :  $V_1(t) > 0$  et  $V_2(t) < 0$  :

Par conséquent :  $V_{TH1} > 0 \Rightarrow T_{H1}$  peut être amorcé ;

$V_{TH2} < 0 \Rightarrow T_{H2}$  ne peut pas être amorcé même en présence d'impulsion.

Tant que  $\theta < \varphi$ ,  $T_{H1}$  et  $T_{H2}$  sont bloqués :

- $i_R = i_1 = i_2 = 0$  ;
- $V_R = 0$  ;
- $V_{T1} = v > 0$  ;
- $V_{T2} = -v < 0$ .

A  $\theta = \varphi < \pi$ , on amorce  $T_{H1}$ , alors:

- $V_{T1} = 0$  ;
- $V_R = v > 0$  ;
- $i_1 = i_R = \frac{v}{R}$  ;
- $i_2 = 0$  ;
- $V_{T2} = -2.v < 0$ .

- Pour  $\theta = \pi$  :  $v = 0$  :  $i_S = i_{TH1} = 0 \Rightarrow T_{H1}$  se bloque naturellement.

- Pour  $\pi \leq \theta \leq 2\pi$  :  $V_1(t) < 0$  et  $v(t) < 0$  :

Par conséquent :  $V_{T1} < 0 \Rightarrow T_{H1}$  ne peut être amorcé ;

$V_{T2} > 0 \Rightarrow T_{H2}$  Peut être amorcé.

Tant que  $\pi \leq \theta \leq \varphi + \pi$ ,  $T_{H1}$  et  $T_{H2}$  sont bloqués :

- $i_R = i_1 = i_2 = 0$  ;
- $V_R = 0$  ;
- $V_{T1} = v < 0$  ;
- $V_{T2} = -v > 0$ .

A  $\theta = \pi + \varphi < 2\pi$ , on amorce  $T_{H2}$ , alors:

- $V_{T2} = 0$  ;
- $V_R = -v > 0$  ;
- $i_2 = i_R = \frac{-v}{R}$  ;
- $i_1 = 0$  ;
- $V_{T1} = 2.v < 0$ .

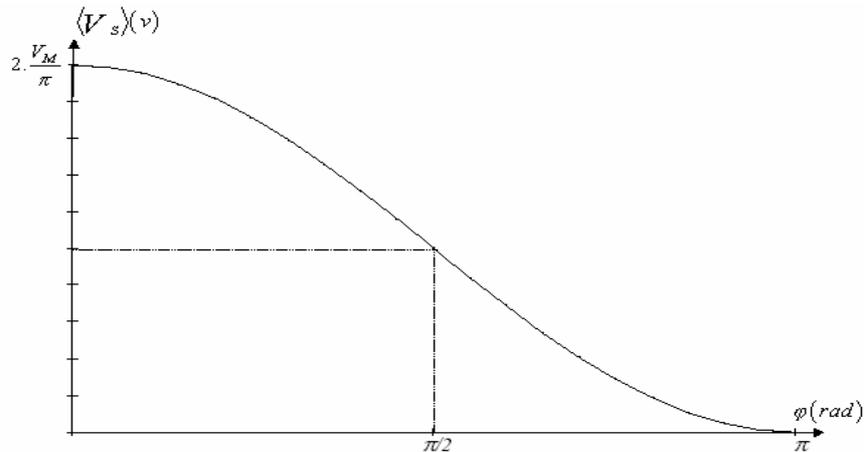
- pour  $\theta = 2\pi$  :  $v = 0$  :  $i_S = i_{TH2} = 0 \Rightarrow T_{H2}$  se bloque naturellement.

### Remarques :

- ✓ le courant  $i_R$  s'annule : régime de conduction interrompu.
- ✓ Chaque thyristor doit supporter en inverse une tension qui dépend de  $\varphi$  mais  $\leq 2.V_M$ .
- ✓ Fonctionne seulement si  $\varphi \leq \pi$ .
- ✓ Valeur moyenne de la tension redressée :

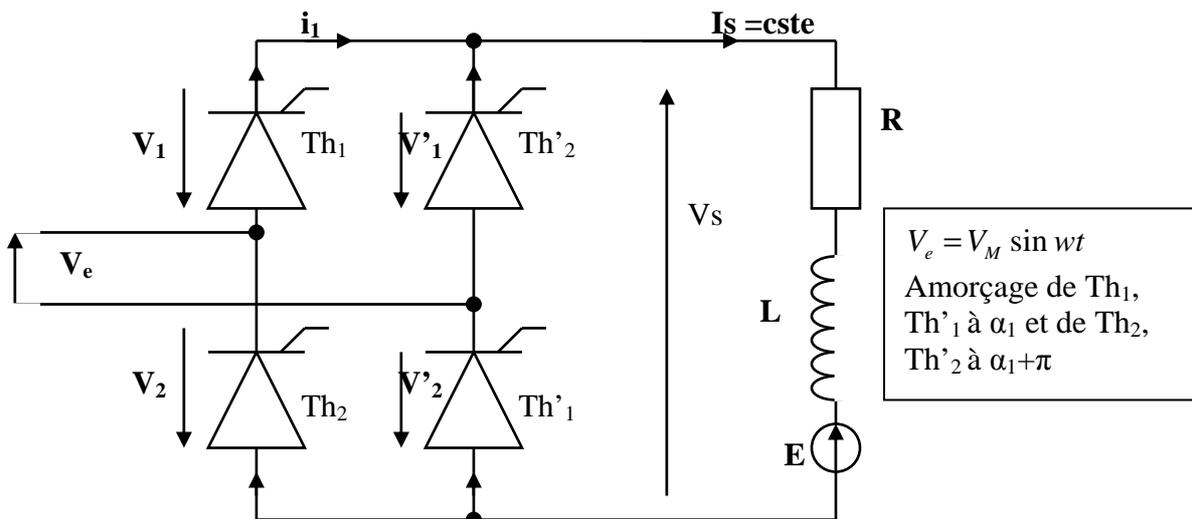
$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V_s(t).dt = \frac{1}{\pi} \int_{\varphi}^{\pi} V_M \cdot \sin(\theta).d\theta = \frac{1 + \cos \varphi}{\pi} \cdot V_M.$$

Traçons l'allure de  $\langle V_s \rangle = f(\varphi)$  pour  $0 \leq \theta \leq \pi$ .



**IV. Redressement double sur charge R-L-E :** (Régime de conduction continue)

1. Pont tout thyristors sans diode de roue libre :



L'angle d'amorçage de  $\alpha_1$  est choisi de telle façon  $V_e \left( \frac{\alpha_1}{\omega} \right) - V_s > 0$  pour que la tension anode-cathode de Th<sub>1</sub> soit positive.

On suppose que le courant de sortie  $i_s$  ne s'annule pas.

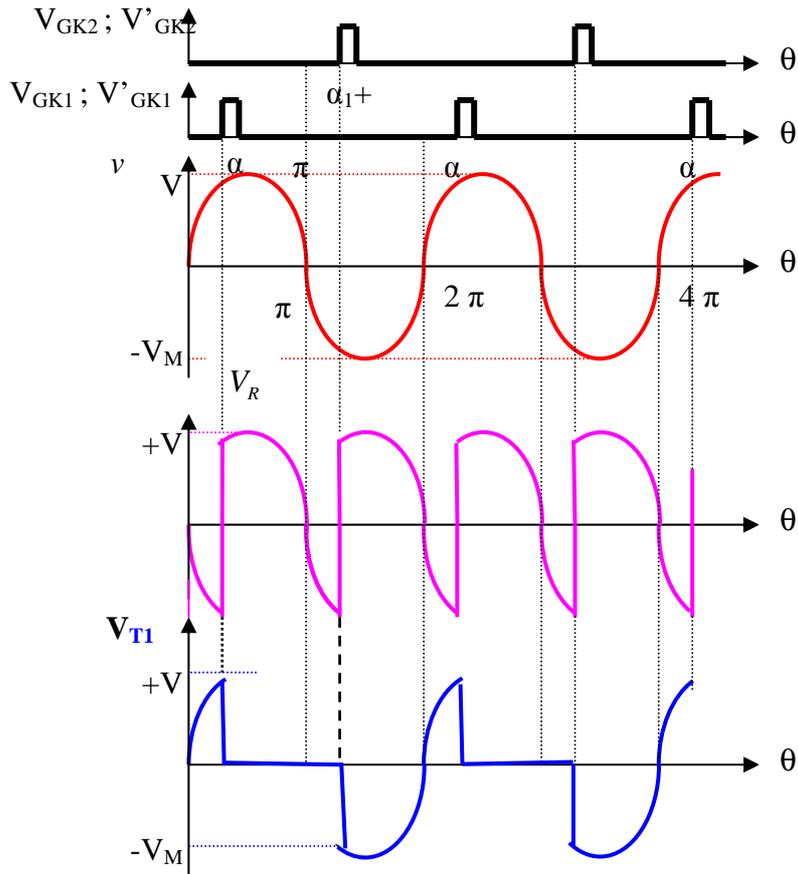
**Conclusion :** il existe toujours un groupe (Th<sub>i</sub>, Th'<sub>i</sub>) qui conduit.

À chaque amorçage, le nouveau groupe conduit. Il dérive alors naturellement le courant  $i_s$ , ce qui bloque le groupe précédent.

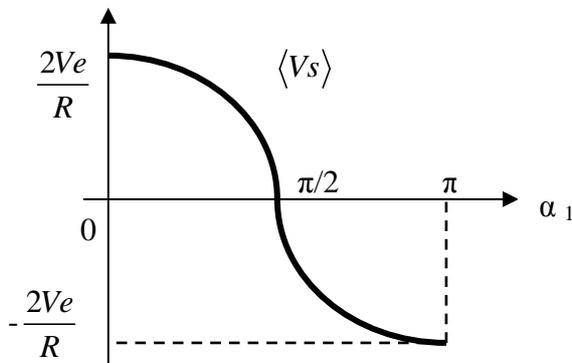
La tension de sortie vaut donc :

$$\theta \in [\alpha_1, \alpha_1 + \pi] \rightarrow V_s = V_e$$

$$\theta \in [\alpha_1 + \pi, \alpha_1 + 2\pi] \rightarrow V_s = -V_e$$



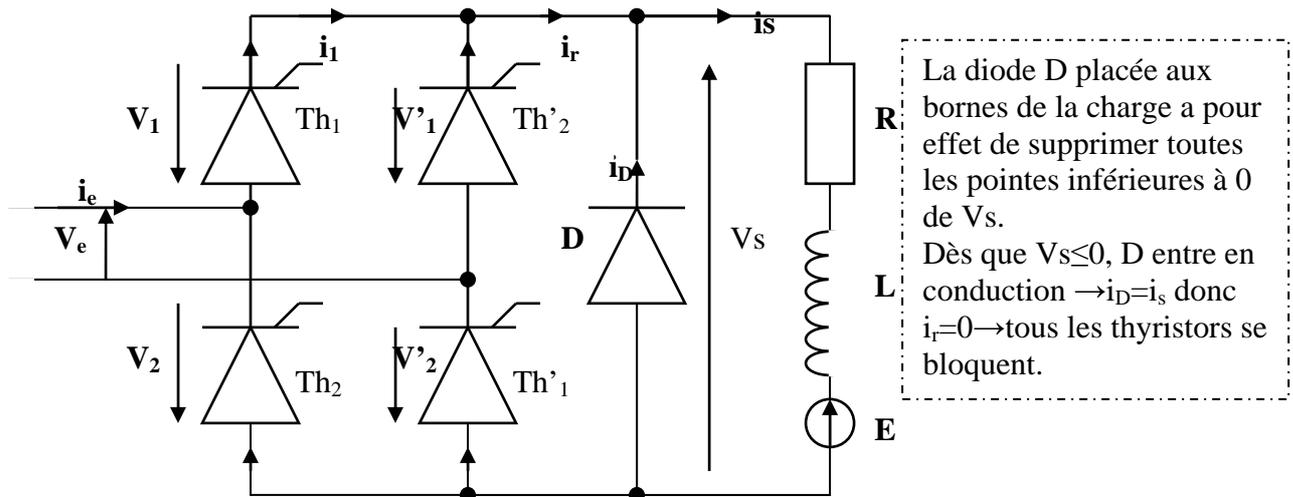
$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \pi} V_e \sin \theta d\theta = \frac{V_e}{\pi} [-\cos \theta]_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \pi} \Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{2V_e \cos \alpha_1}{\pi}$$



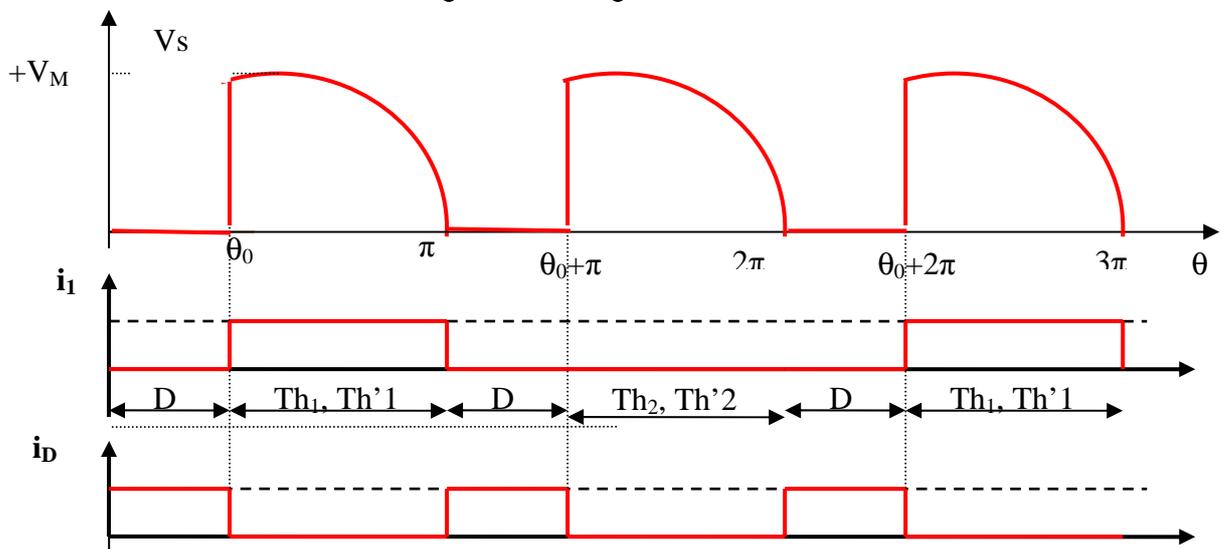
La tension moyenne en sortie peut être **positive** ou **négative** suivant la valeur de  $\alpha_1$ .

$$\langle i_s \rangle = \frac{\langle V_s \rangle - E}{R} = \frac{\frac{2V_e \cos \alpha_1}{\pi} - E}{R}$$

2. Pont tout thyristors avec diode de roue libre :



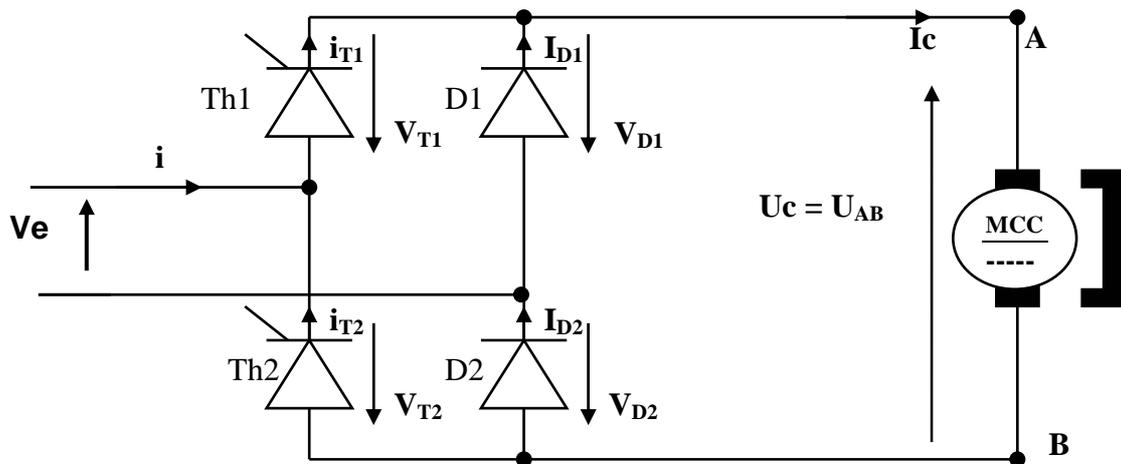
La diode D placée aux bornes de la charge a pour effet de supprimer toutes les pointes inférieures à 0 de Vs.  
 Dès que  $V_s \leq 0$ , D entre en conduction  $\rightarrow i_D = i_s$  donc  $i_r = 0 \rightarrow$  tous les thyristors se bloquent.

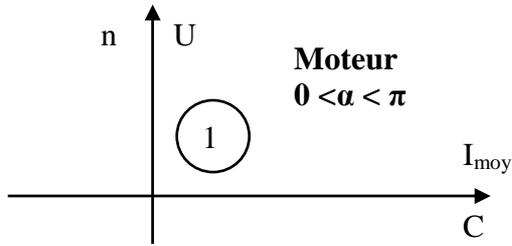


V. Association MCC et redresseur :

1. fonctionnement dans un quadrant :

a. Pont mixte asymétrique

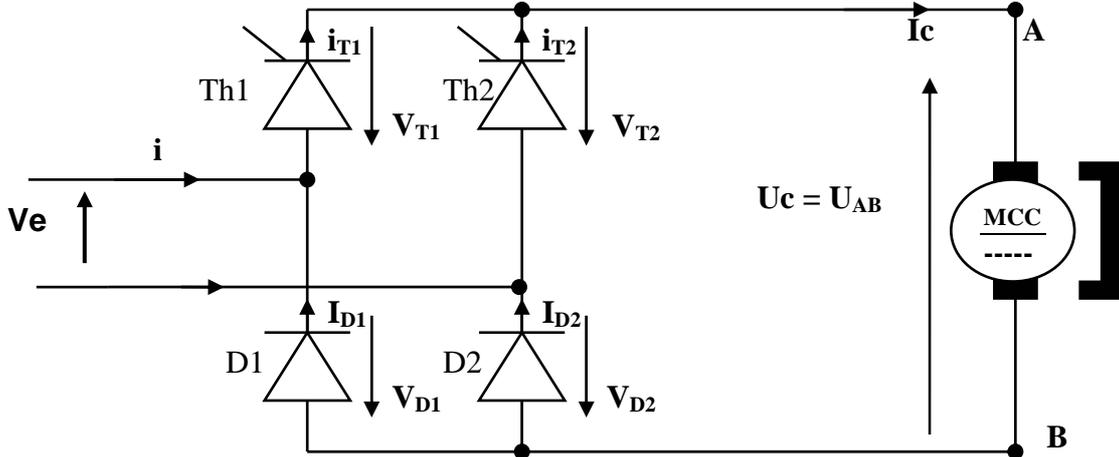




**Moteur**  
 $0 < \alpha < \pi$

**Remarque** : le pont asymétrique n'a pas besoin de diode de roue libre dans le cas d'une charge inductive (R,L ou R,L,E) car quand la tension  $U_c$  veut devenir négative, les diodes D1 et D2 deviennent conductrices et assurent la roue libre.

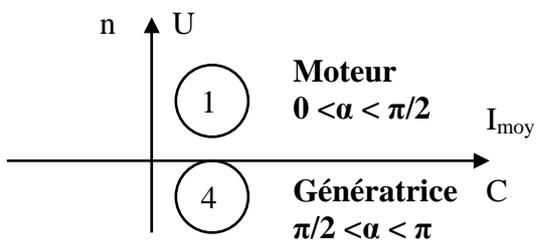
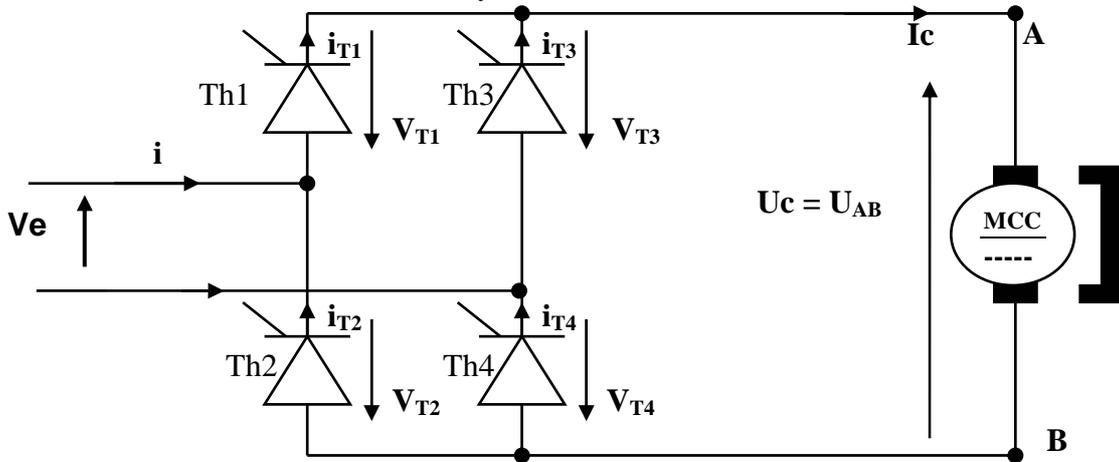
b. Pont mixte symétrique (voir exercice 4 TD N°7)



**Rque** : Ce pont a les 2 cathodes réunies, donc la même commande pour les deux thyristors.

2. fonctionnement dans deux quadrants :

a. Pont PD2 tout thyristor :

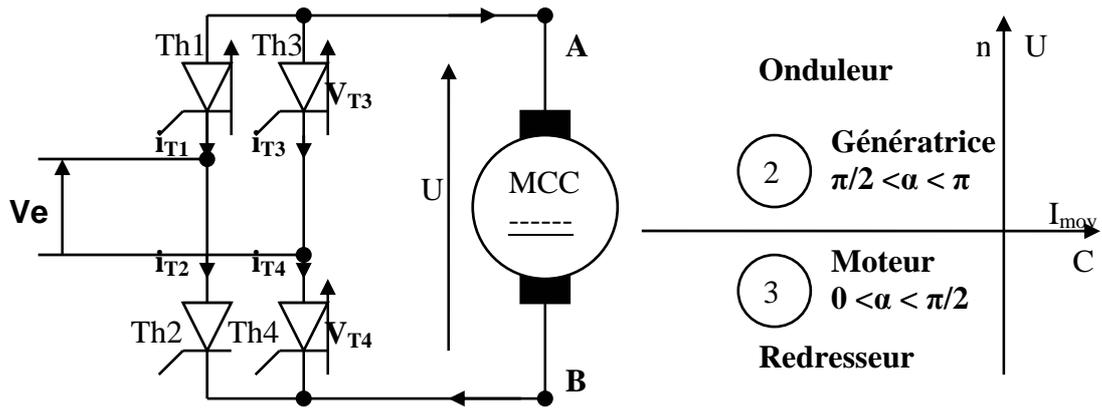


**Moteur**  
 $0 < \alpha < \pi/2$

**Génératrice**  
 $\pi/2 < \alpha < \pi$

Si  $0 < \alpha < \pi/2$  : le PD2 fonctionne en redresseur et la MCC fonctionne en moteur (**quadrant 1**).

Si  $\pi/2 < \alpha < \pi$  : le PD2 fonctionne en onduleur et la MCC en génératrice (**quadrant 4**).



3. fonctionnement dans quatre quadrants :

