

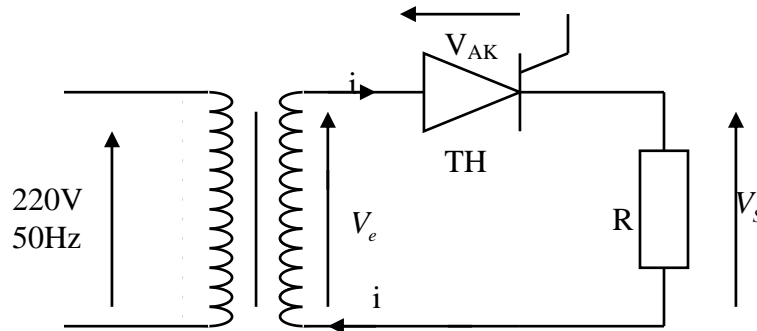
Redressement monophasé commandé

Introduction :

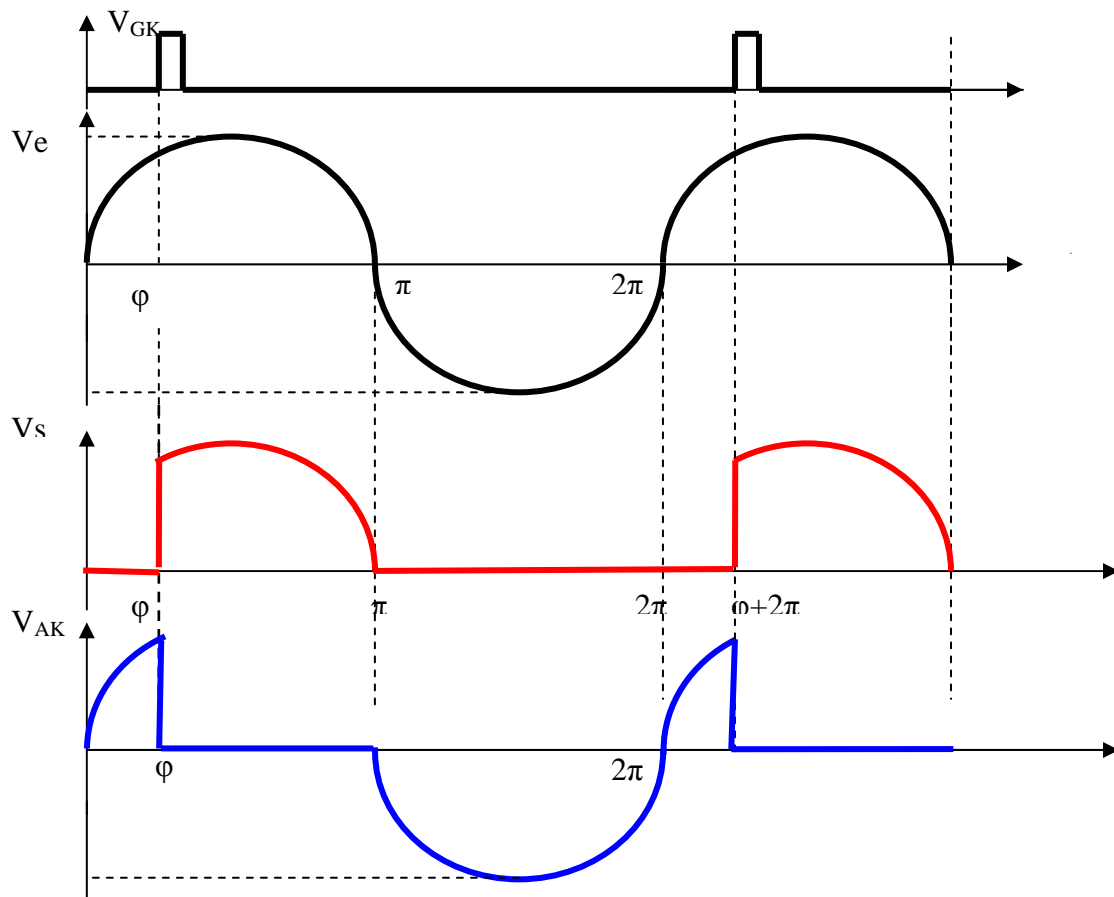
Un montage redresseur commandé permet d'obtenir une tension continue réglable à partir d'une tension alternative sinusoïdale. L'utilisation de composants tels que **les thyristors** permet de réaliser des redresseurs dont la tension moyenne de sortie peut varier en fonction de **l'angle de retard à l'amorçage**.

I. Redressement monophasé simple sur charge résistive pure R :

On considère que le thyristor est parfait. φ 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 $v_s(t)$:

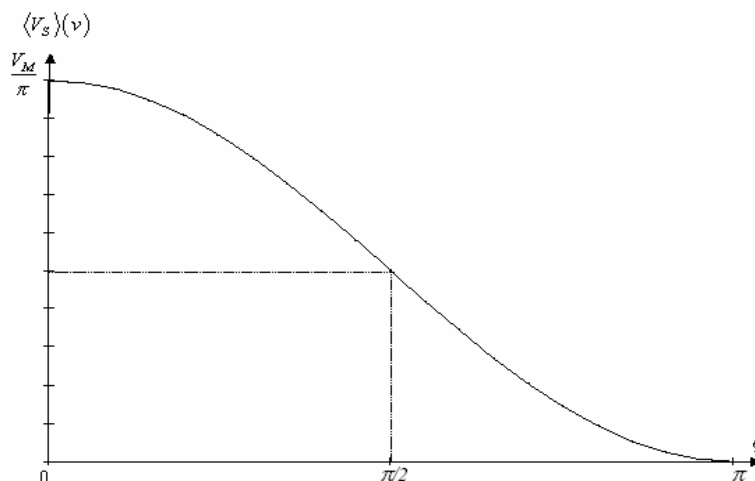
$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t) \cdot dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_s(\theta) \cdot d\theta = \frac{V_M}{2\pi} \int_\varphi^{2\pi} \sin(\theta) \cdot d\theta \Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{V_M}{2\pi} [-\cos(\theta)]_\varphi^{2\pi}$$

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

Remarques :

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

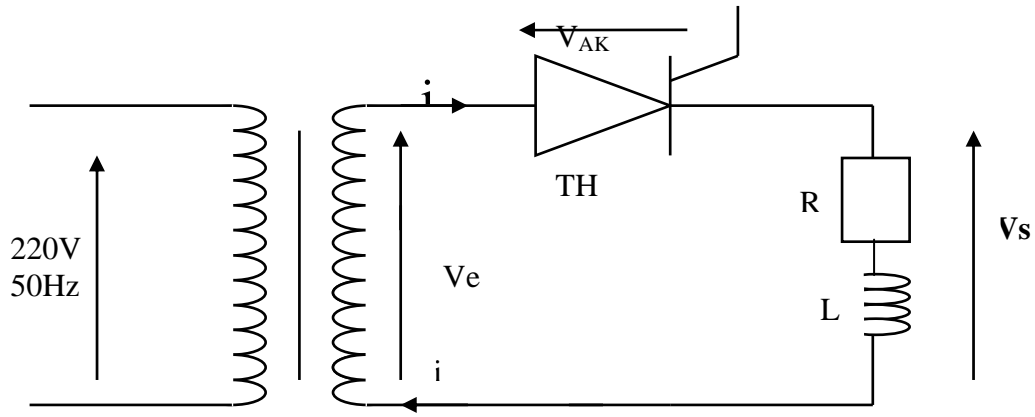
Traçons l'allure de $\langle V_s \rangle = f(\varphi)$ pour $0 \leq \varphi \leq 2\pi$. Donc: $0 \leq \langle V_s \rangle \leq \frac{V_M}{\pi}$.



II. Redressement monophasé sur charge RL :

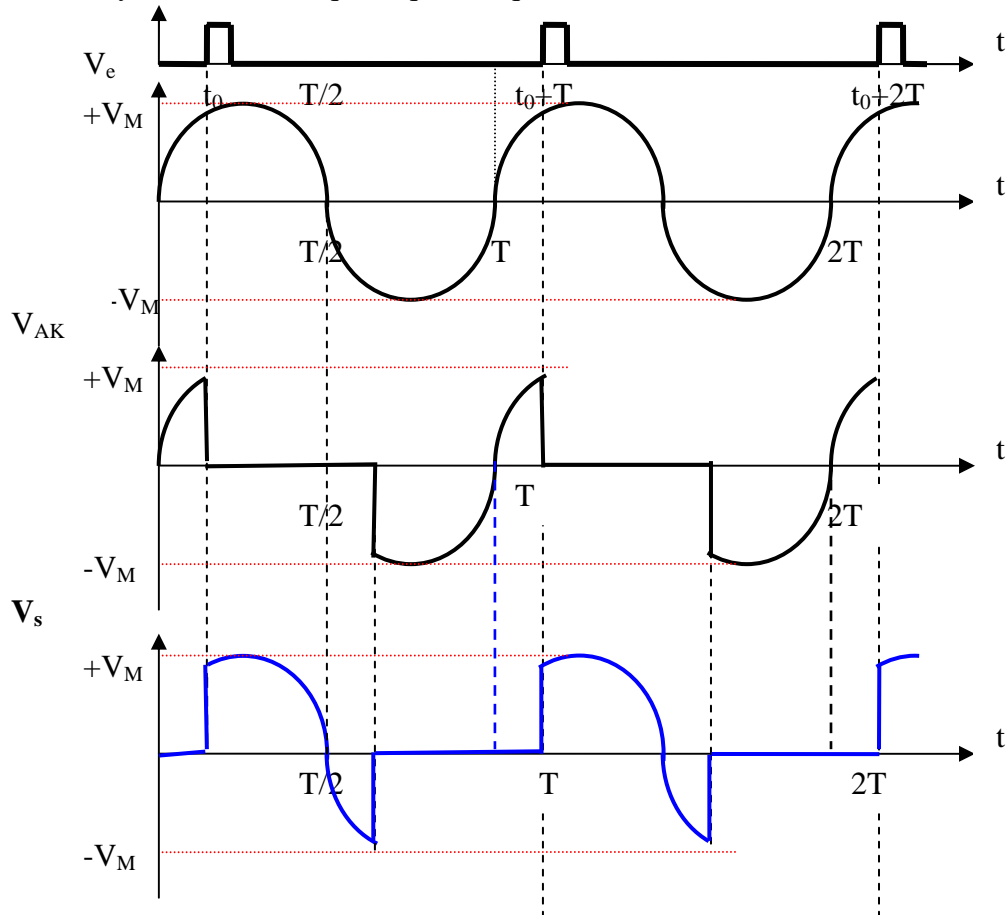
Avant l'instant d'application de l'impulsion de commande à $t = t_0$, le thyristor est bloqué $\Rightarrow i = 0$ d'où : $V_s = 0$; mais lorsque l'impulsion est appliquée : T_H est fermé $\Rightarrow V_{AK} = 0$

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



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.



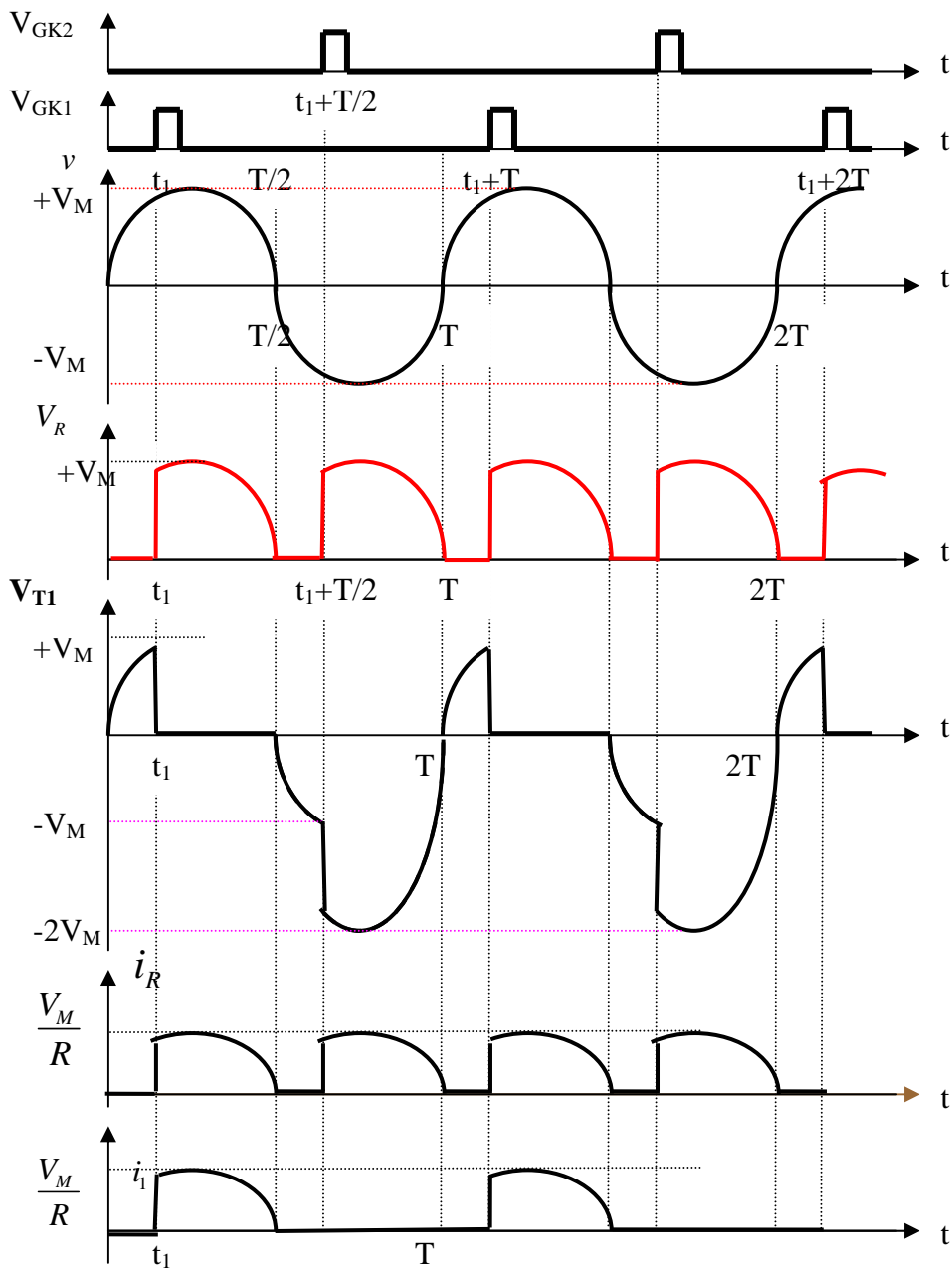
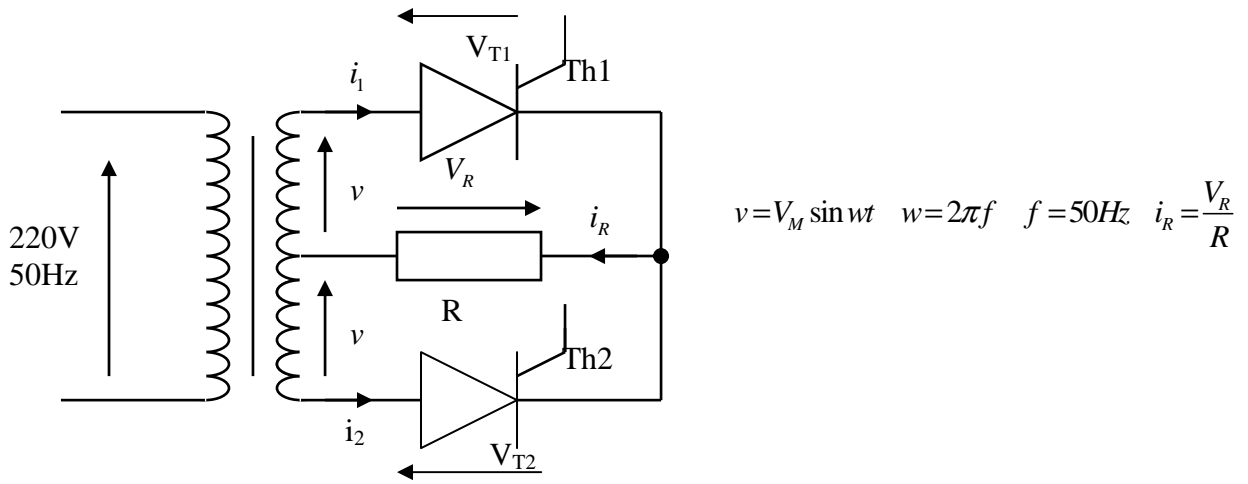
Remarque : il y a apparition d'une partie négative au niveau de la tension d'entrée qu'on peut éviter avec l'emploi d'une diode de roue libre.

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:

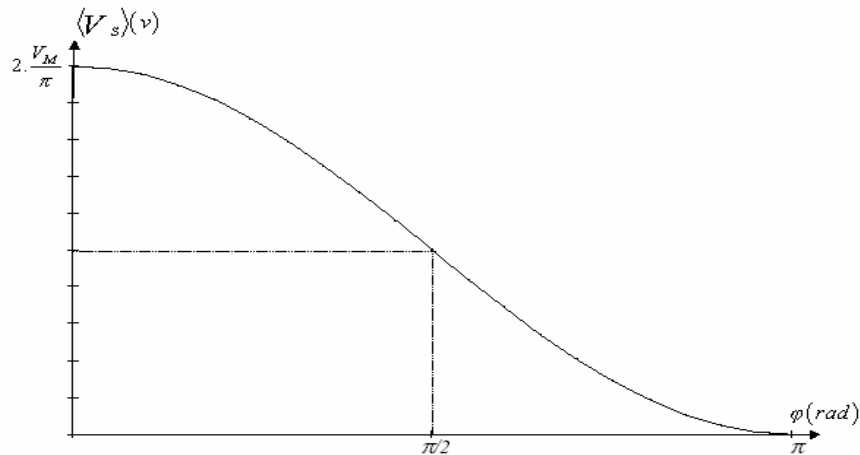
- $V_{T2} = 0$;
- $V_R = -v > 0$;
- $i_2 = i_R = \frac{-v}{R}$;
- $i_1 = 0$;
- $V_{T1} = 2.v < 0$.
- pour $\theta = 2\pi$: $v = 0$: $i_S = i_{TH2} = 0 \Rightarrow T_{H2}$ se bloque naturellement.

Remarques :

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

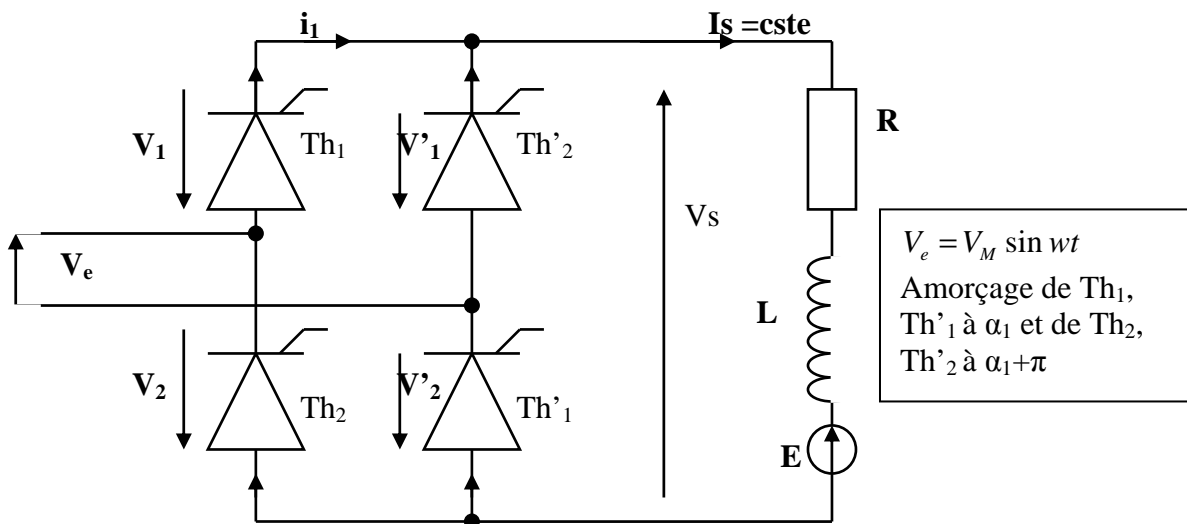
$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V_s(t).dt = \frac{1}{\pi} \int_{\varphi}^{\pi} V_M \cdot \sin(\theta).d\theta = \frac{1 + \cos \varphi}{\pi} \cdot V_M.$$

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 α_1 est choisi de telle façon $V_e \left(\frac{\alpha_1}{w} \right) - V_s > 0$ pour que la tension anode-cathode de Th₁ soit positive.

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

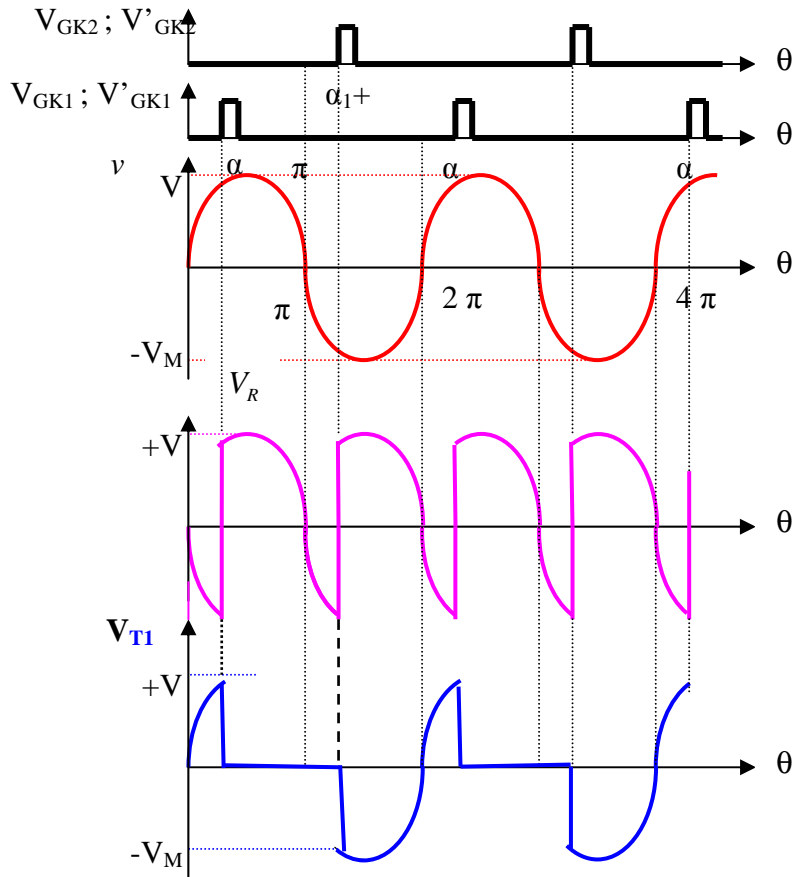
Conclusion : il existe toujours un groupe (Th_i, Th'_i) qui conduit.

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

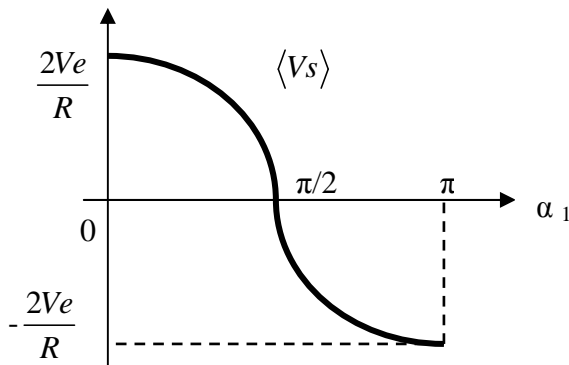
La tension de sortie vaut donc :

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

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



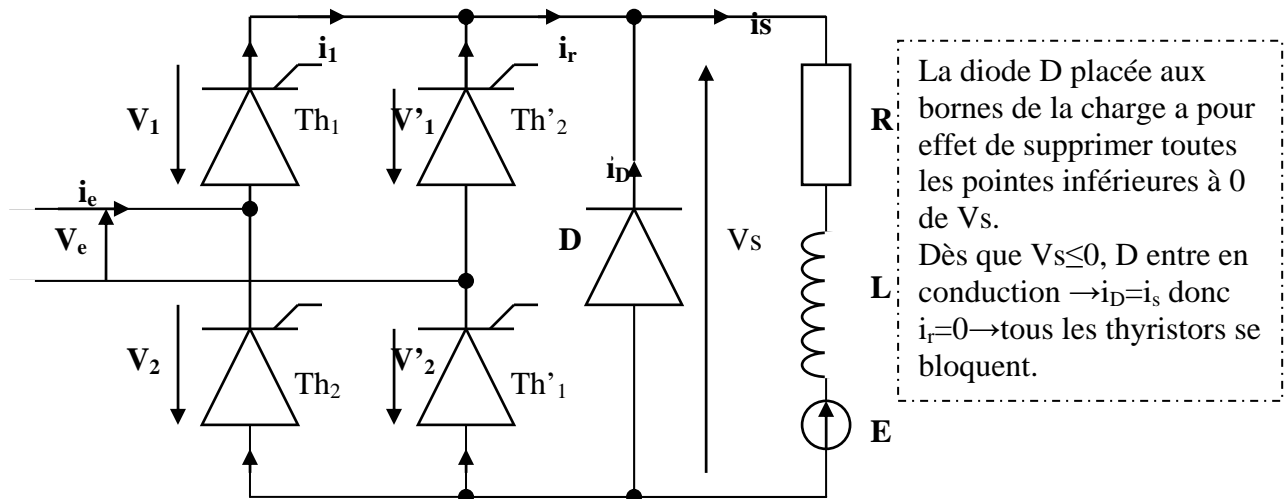
$$\langle V_s \rangle = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \pi} V_e \sin \theta d\theta = \frac{V_e}{\pi} [-\cos \theta]_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \pi} \Rightarrow \langle V_s \rangle = \frac{2V_e \cos \alpha_1}{\pi}$$



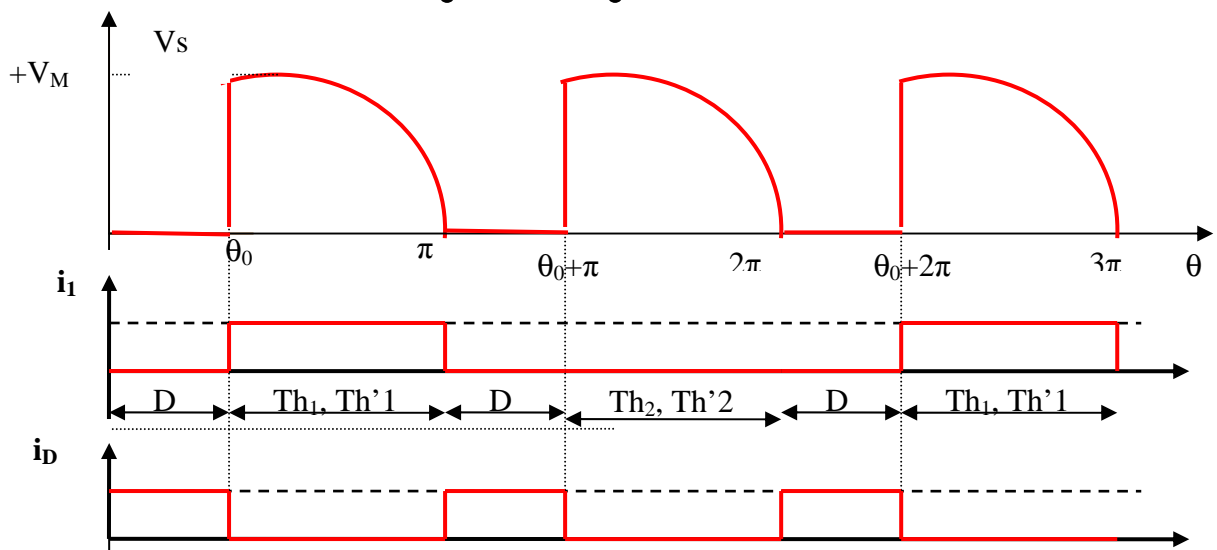
La tension moyenne en sortie peut être **positive** ou **négative** suivant la valeur de α_1 .

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

2. Pont tout thyristors avec diode de roue libre :



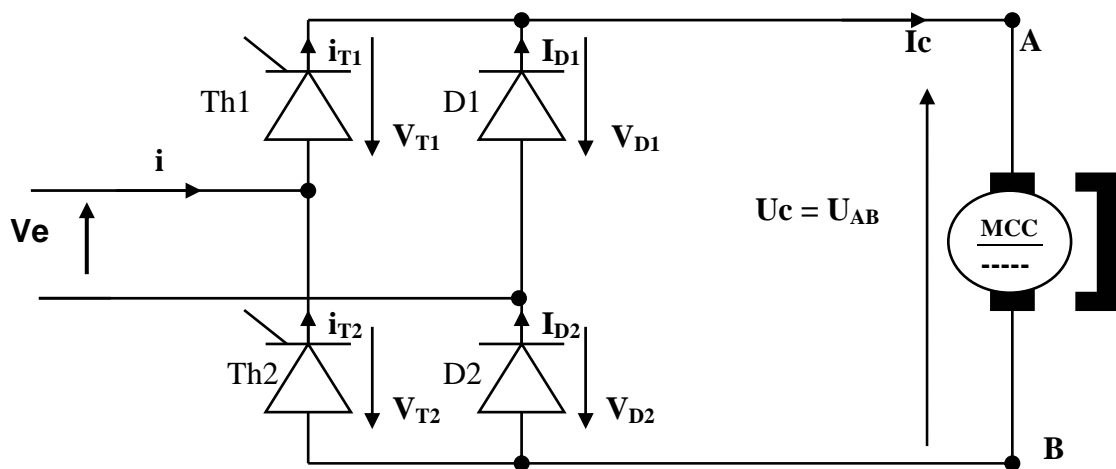
La diode D placée aux bornes de la charge a pour effet de supprimer toutes les pointes inférieures à 0 de V_s .
 Dès que $V_s \leq 0$, D entre en conduction $\rightarrow i_D = i_s$ donc $i_r = 0 \rightarrow$ tous les thyristors se bloquent.

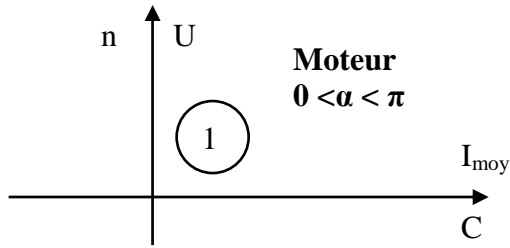


V. Association MCC et redresseur :

1. fonctionnement dans un quadrant :

a. Pont mixte asymétrique

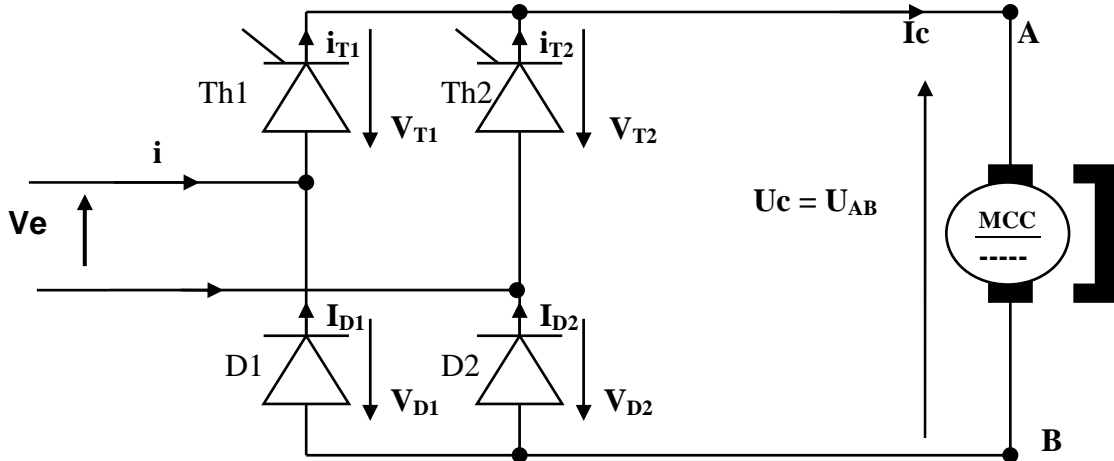




Moteur
 $0 < \alpha < \pi$

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.

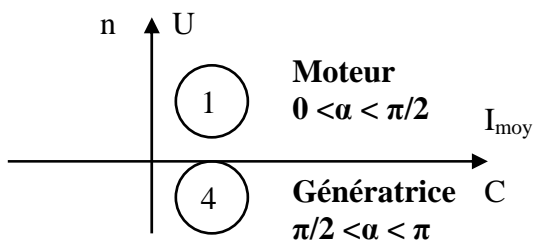
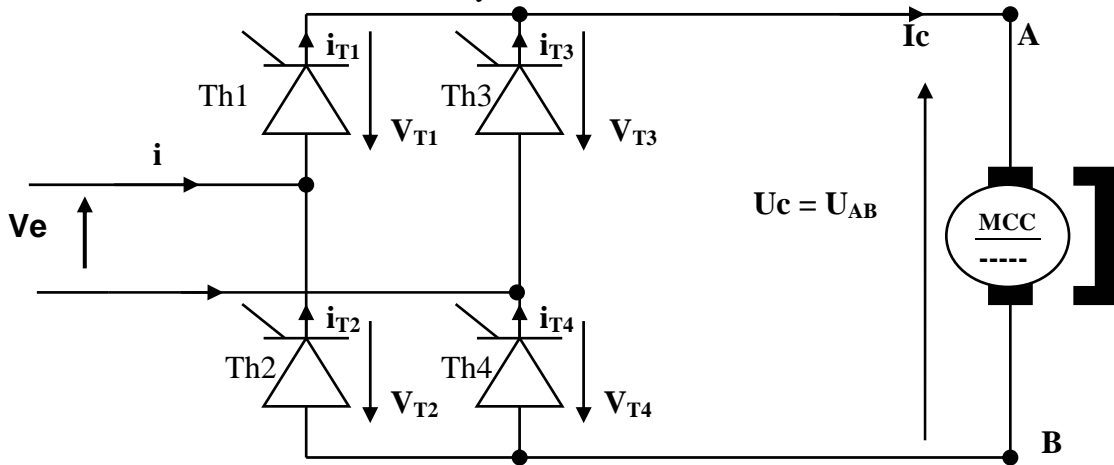
b. Pont mixte symétrique (voir exercice 4 TD N°7)



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 :

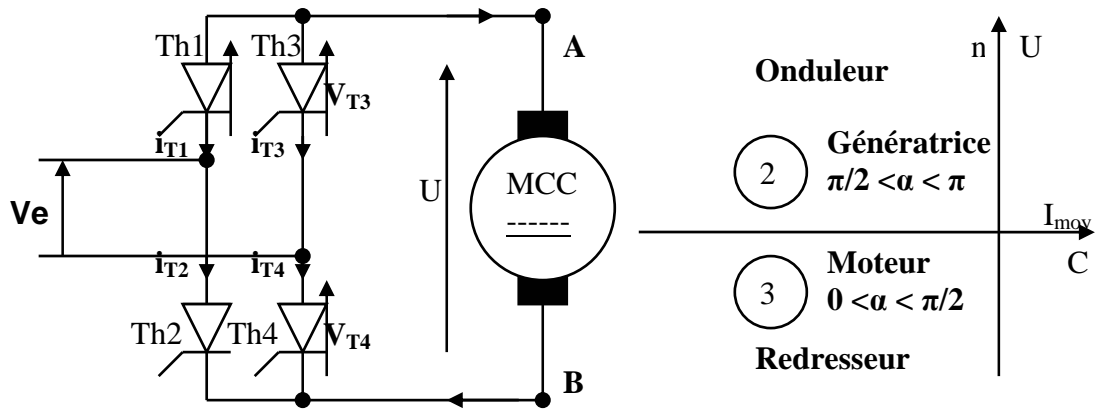


Moteur
 $0 < \alpha < \pi/2$

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 :

