

Redressement triphasé commandé

Hypothèse : Courant constant dans la charge I_c

I. Commutateurs parallèles simples à thyristors :

1. commutateur le plus positif: P3

a. Schéma de principe

Le montage redresseur P3 à thyristors est constitué de trois thyristors, connecté chacun à une phase.

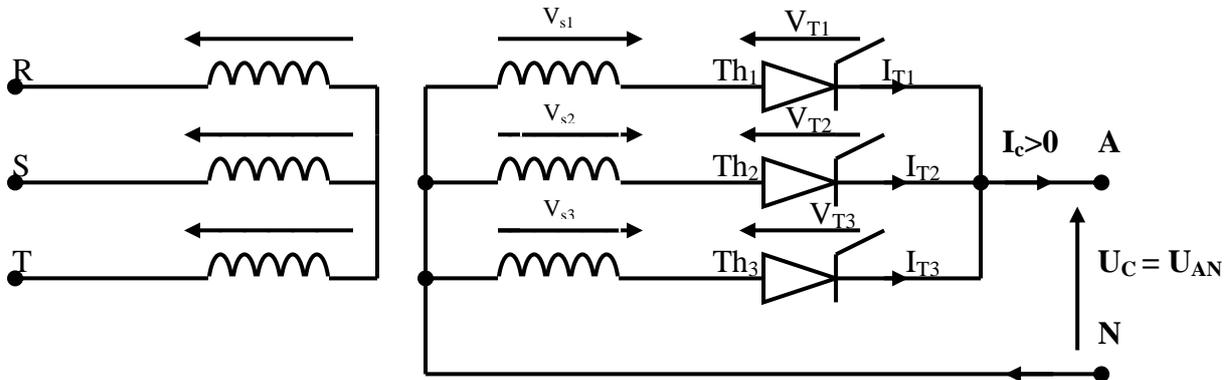


Figure 1 : Schéma de principe d'un commutateur triphasé le plus positif.

Les thyristors sont débloqués avec un retard en angle de α , c'est à dire que des impulsions de déblocage sont envoyées sur les gâchettes des thyristors respectivement aux angles

$$\text{Pour th}_1 \quad \omega t = (\pi/6 + \alpha) + 2k\pi$$

$$\text{pour th}_2 \quad \omega t = (5\pi/6 + \alpha) + 2k\pi$$

$$\text{pour th}_3 \quad \omega t = (3\pi/2 + \alpha) + 2k\pi$$

b. Etude du fonctionnement :

Les différentes phases de fonctionnement du montage sont alors décrites par le tableau suivant:

Intervalles	Thyristors passants	Tensions aux bornes des diodes bloquées	Tension redressée
$\pi/6 + \alpha \leq \omega t < 5\pi/6 + \alpha$	Th ₁	$V_{T2} = V_{T1} - V_{s1} + V_{s2}$ $\approx V_{s2} - V_{s1} = U_{21}$ $V_{T3} = V_{T1} - V_{s1} + V_{s3}$ $\approx V_{s3} - V_{s1} = U_{31}$	$U_c = V_{s1} - V_{T1} \approx V_{s1}$
$5\pi/6 + \alpha \leq \omega t < 3\pi/2 + \alpha$	Th ₂	$V_{T1} = V_{T2} - V_{s2} + V_{s1}$ $\approx V_{s1} - V_{s2} = U_{12}$ $V_{T3} = V_{T2} - V_{s2} + V_{s3}$ $\approx V_{s3} - V_{s2} = U_{32}$	$U_c = V_{s2} - V_{T2} \approx V_{s2}$
$3\pi/2 + \alpha \leq \omega t < 13\pi/6 + \alpha$	Th ₃	$V_{T1} = V_{T3} - V_{s3} + V_{s1}$ $\approx V_{s1} - V_{s3} = U_{13}$ $V_{T2} = V_{T3} - V_{s3} + V_{s2}$ $\approx V_{s2} - V_{s3} = U_{23}$	$U_c = V_{s3} - V_{T2} \approx V_{s3}$

D'après ce tableau, la forme d'onde de la tension redressée est donnée aux figures 2, 3 et 4.

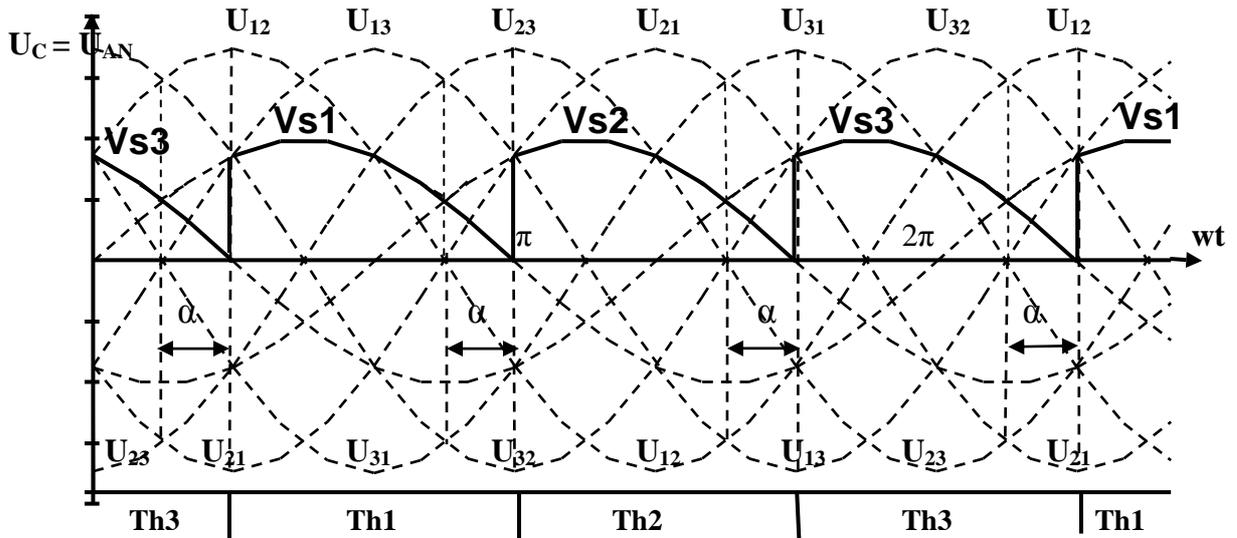


Figure 2 : Allure de la tension redressée pour $\alpha = \pi/6$ (30°)

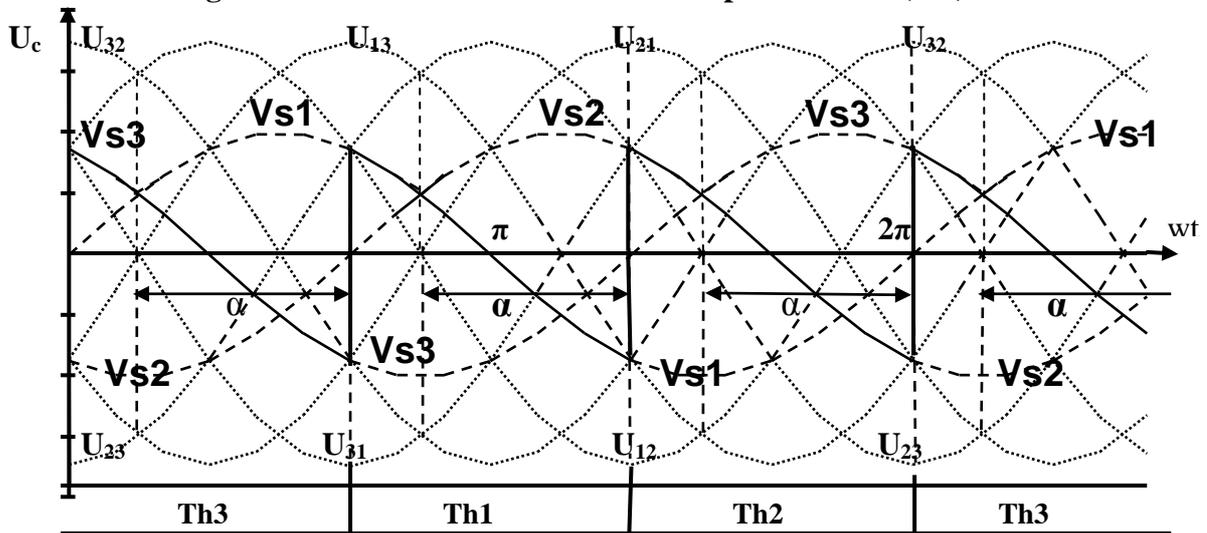


Figure 3 : Allure de la tension redressée pour $\alpha = \pi/2$ (90°)

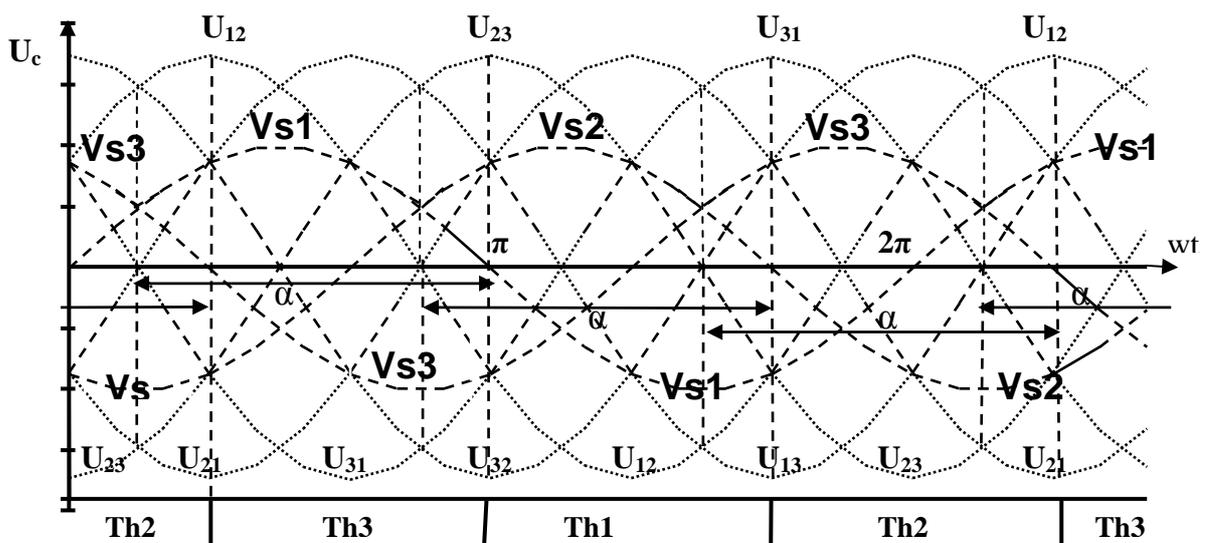


Figure 4 : Allure de la tension redressée pour $\alpha = 5\pi/6$ (150°)

c. Valeur moyenne de la tension redressée

$$U_{\text{cmoy}} = \frac{1}{T} \int_T U_c(t) dt = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6+\alpha} V_m \sin(\omega t) d(\omega t)$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos \alpha$$

Rappelons que le retard à l'amorçage α est compris dans l'intervalle $[0, \pi[$. Deux cas sont à considérer:

- $\alpha \leq \pi/2$, la valeur moyenne de la tension redressée est positive (fig.2), il en est donc de même pour la puissance active fournie par le réseau au récepteur ($P = U_{\text{cmoy}} I_c$); le transfert de puissance se fait du coté alternatif vers le coté continu, le système fonctionne en *redresseur*.

- $\alpha > \pi/2$, la valeur moyenne de la tension redressée est négative (fig.4) ainsi donc que la puissance active; le transfert de puissance se fait du coté continu vers le coté alternatif, le système fonctionne en *onduleur* ou *redresseur inversé*. Le réseau continu néanmoins à imposer la fréquence et à fournir de la puissance réactive, d'où la précision parfois ajoutée dans la dénomination d'*onduleur non-autonome*.

d. Tensions maximales aux bornes des thyristors bloqués

Considérons, par exemple, le thyristor th_1 , la tension à ses bornes a l'allure suivante:

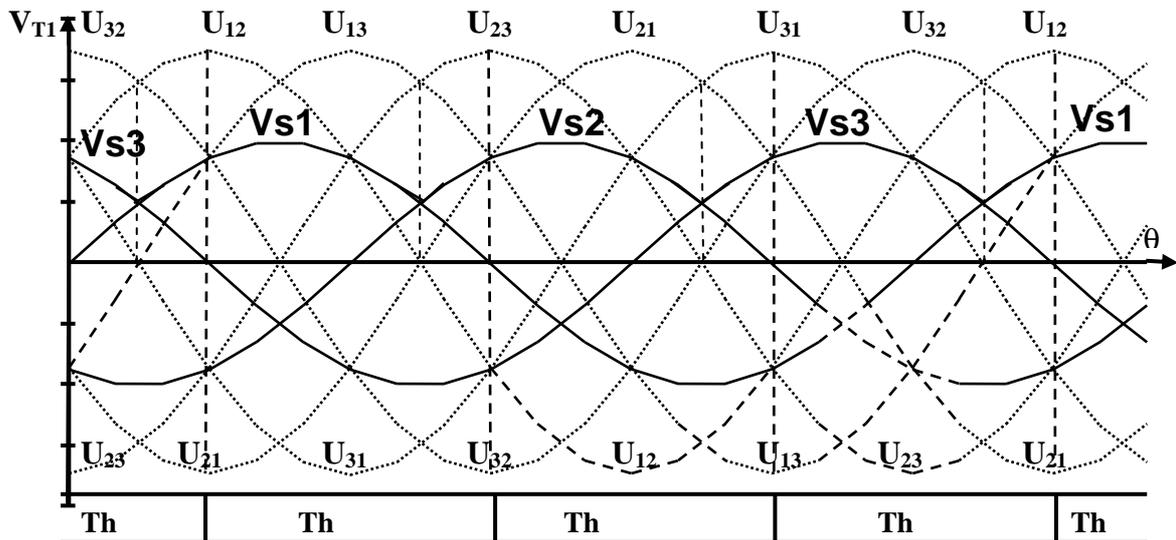


Figure 5: Allure de la tension aux bornes du thyristor Th1 pour $\alpha = \pi/6$ (30°)

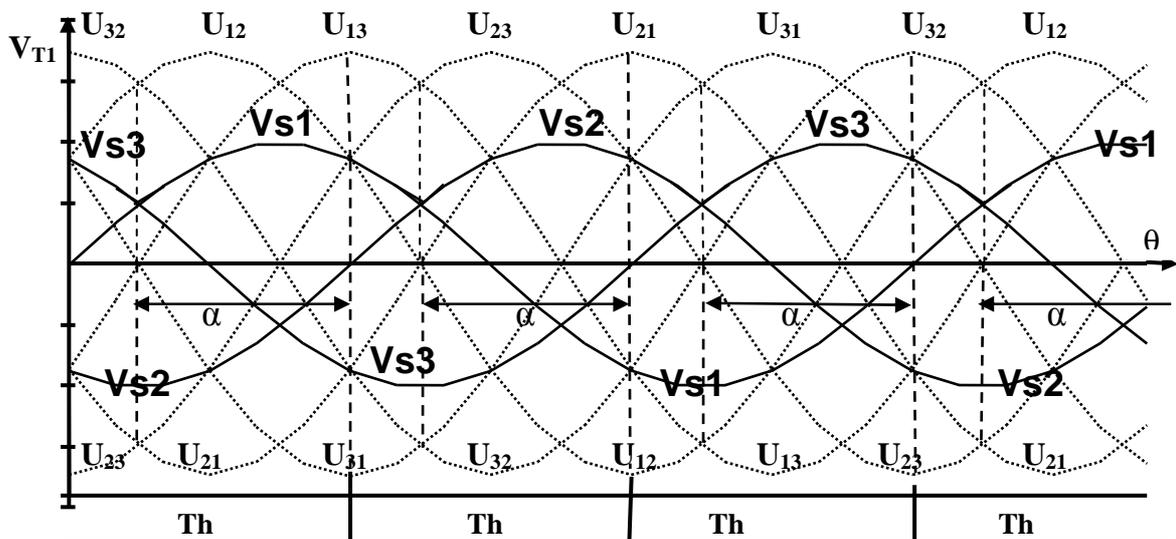


Figure 6: Allure de la tension aux bornes du thyristor Th1 pour $\alpha = \pi/2$ (90°)

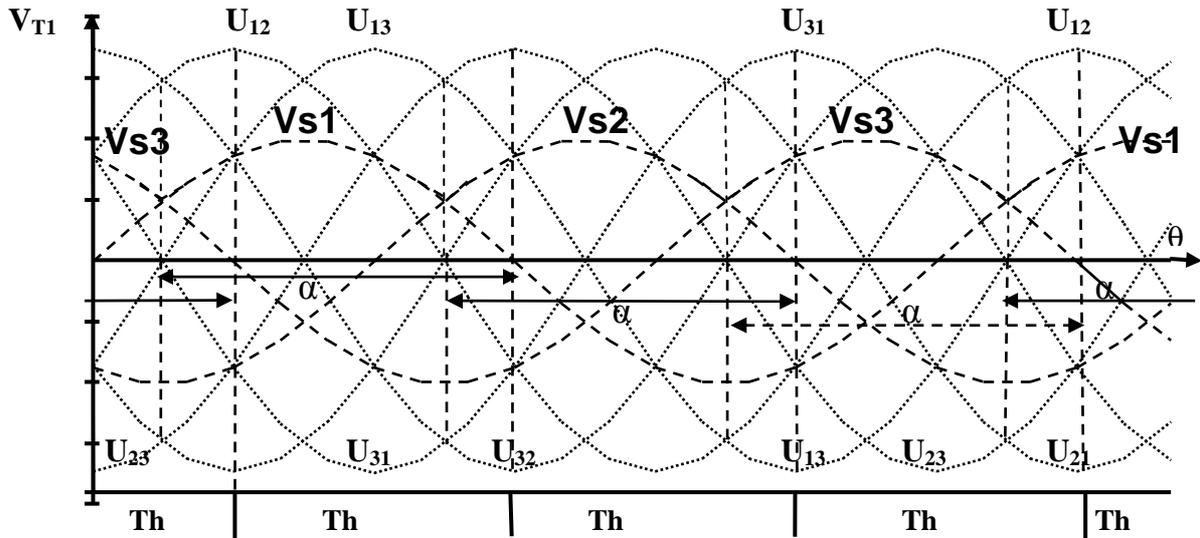


Figure 7: Allure de la tension aux bornes du thyristor Th1 pour $\alpha = 5\pi/6$ (150°)

Les thyristors devront donc supporter les tensions maximales : $V_{Tmax} = \pm\sqrt{3}V_M$

e. Courants dans les thyristors :

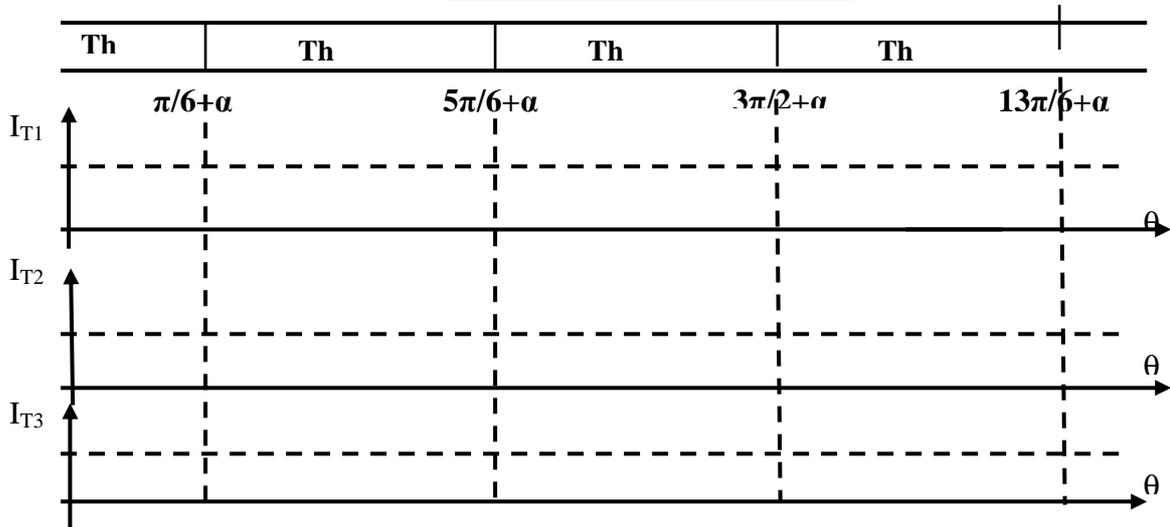


Figure 8: Allures des courants traversants les thyristors Th1, Th2 et Th3

2. Commutateur le plus négatif à thyristor : P3

a. Schéma :

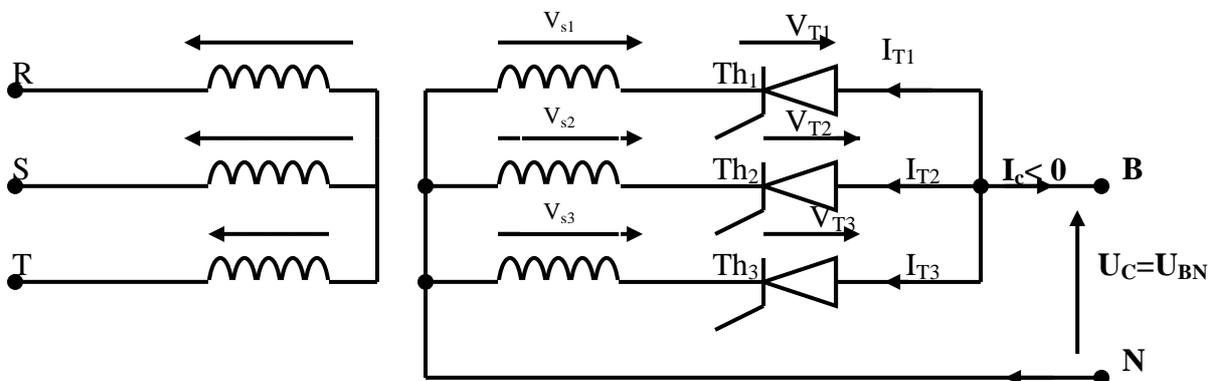


Figure 9 : Schéma de principe d'un commutateur triphasé le plus négatif.

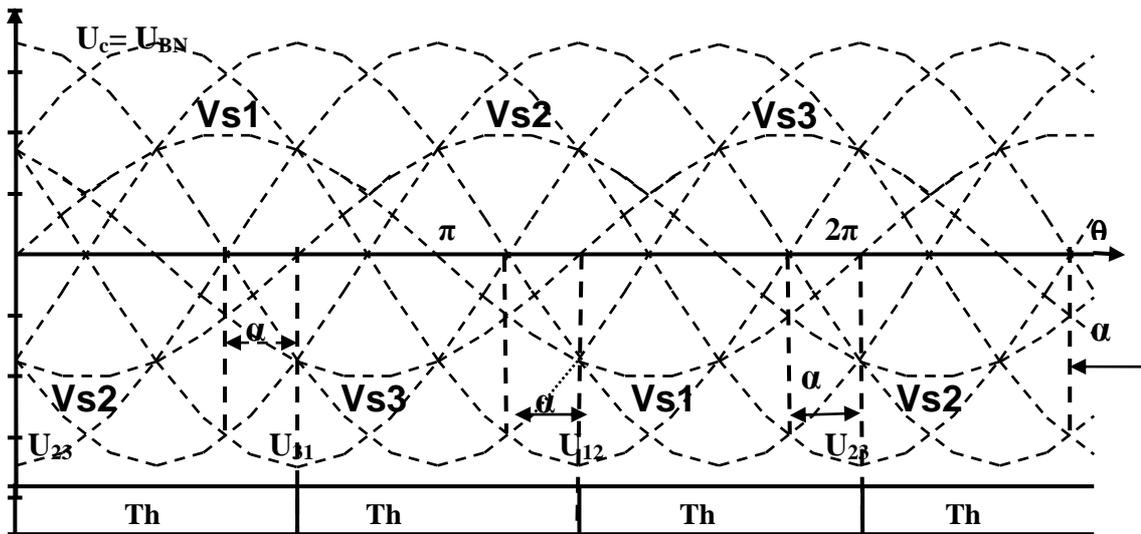


Figure 10: Allure de la tension redressée pour $\alpha = \pi/6$ (30°)

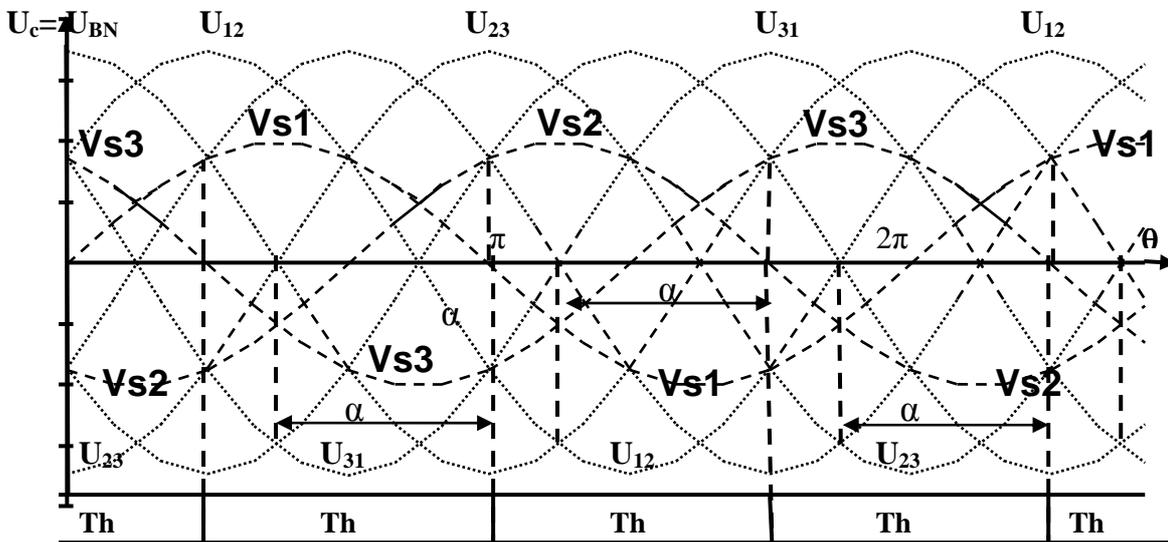


Figure 11: Allure de la tension redressée pour $\alpha = \pi/2$ (90°)

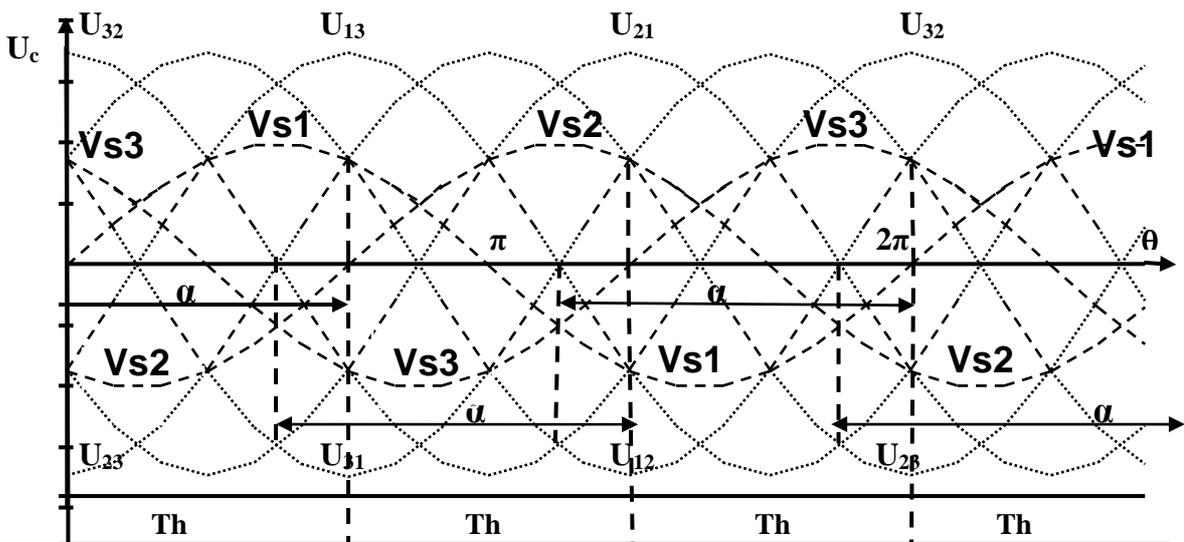


Figure 12: Allure de la tension redressée pour $\alpha = 5\pi/6$ (150°)

b. Valeur moyenne de la tension redressée

$$U_{cmoy} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\frac{7\pi}{6}+\alpha}^{\frac{11\pi}{6}+\alpha} V_M \sin \theta d\theta = \frac{1}{2\pi/3} \int_{-\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha} V_M \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) d\theta = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\frac{\pi}{2}+\alpha}^{\frac{7\pi}{6}+\alpha} V_M \sin\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) d\theta$$

$$\Rightarrow U_{cmoy} = \frac{V_M}{2\pi/3} \cos \frac{\pi}{6} \cos \alpha = -\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_M \cos \alpha$$

c. Tensions maximales aux bornes des thyristors bloqués

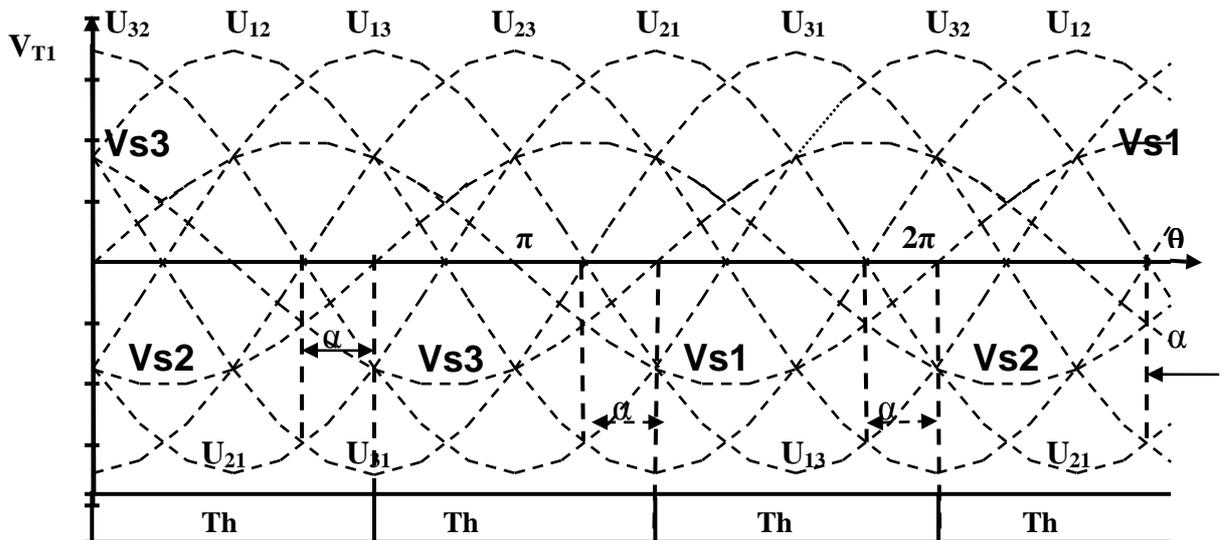


Figure 13: Allure de la tension aux bornes du thyristor Th1 pour $\alpha = \pi/6$

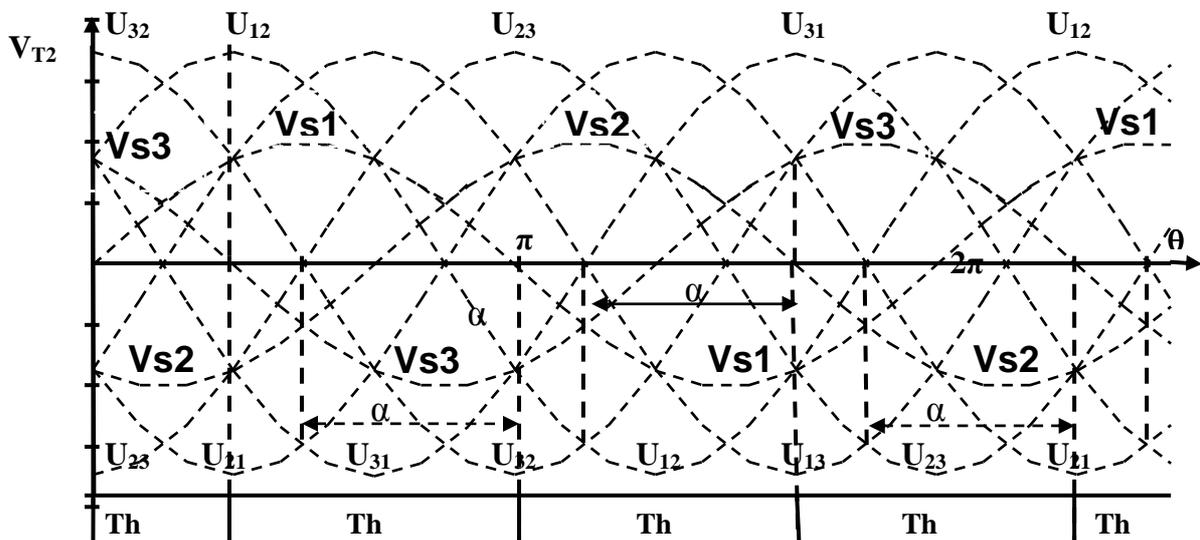


Figure 14: Allure de la tension aux bornes du thyristor Th2 pour $\alpha = \pi/2$

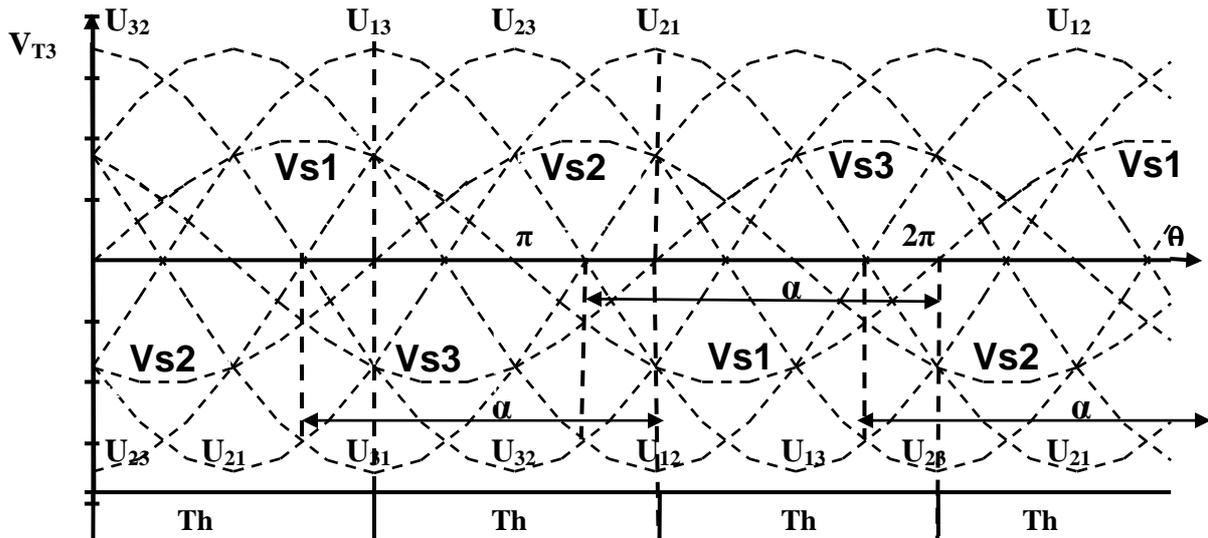


Figure 15: Allure de la tension aux bornes du thyristor Th3 pour $\alpha = 5\pi/6$ (150°)

Les thyristors devront donc supporter les tensions maximales : $V_{T\max} = \pm\sqrt{3}V_M$

d. Courants dans les thyristors :

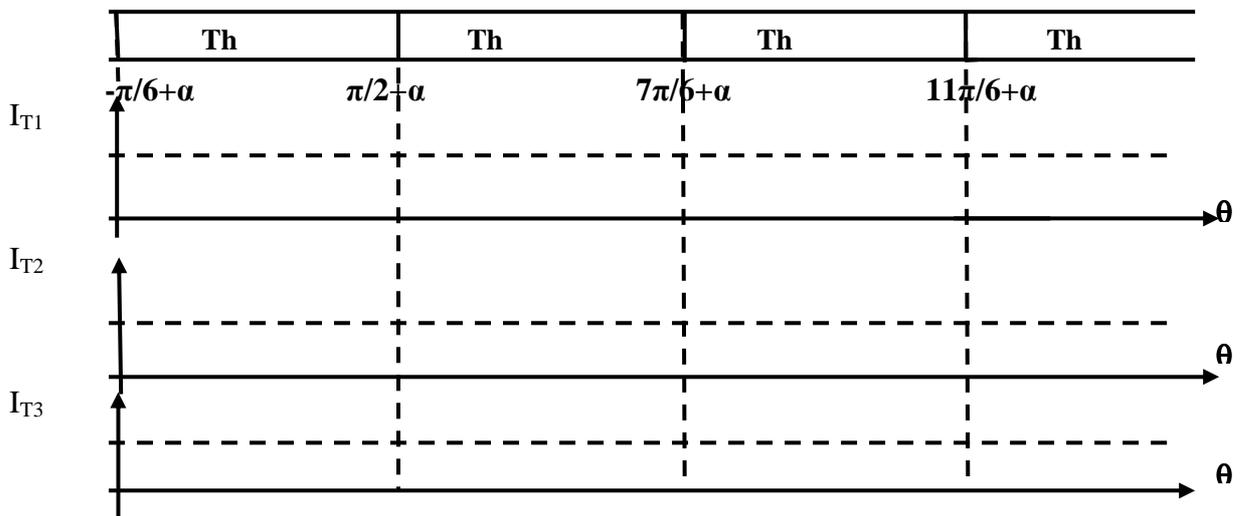


Figure 16: Allures des courants traversants les thyristors Th1, Th2 et Th3

II. Commutation parallèle double à thyristors :

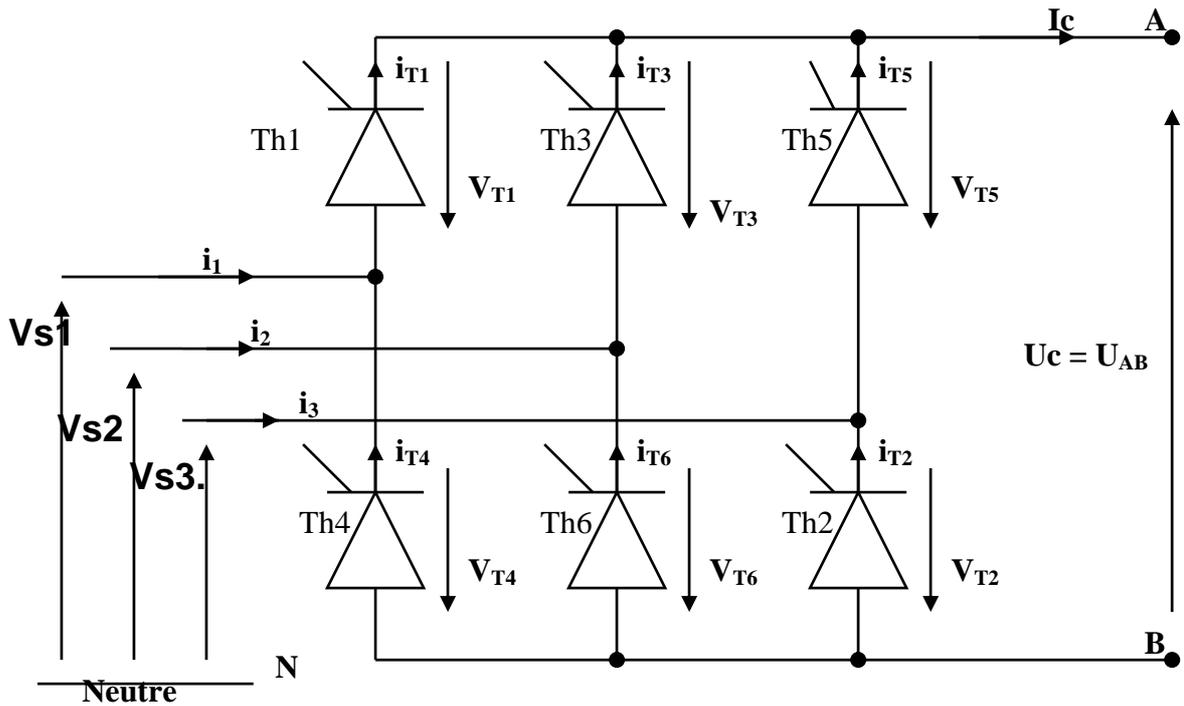


Figure 17 : Schéma de principe d'un pont triphasé tout thyristors.

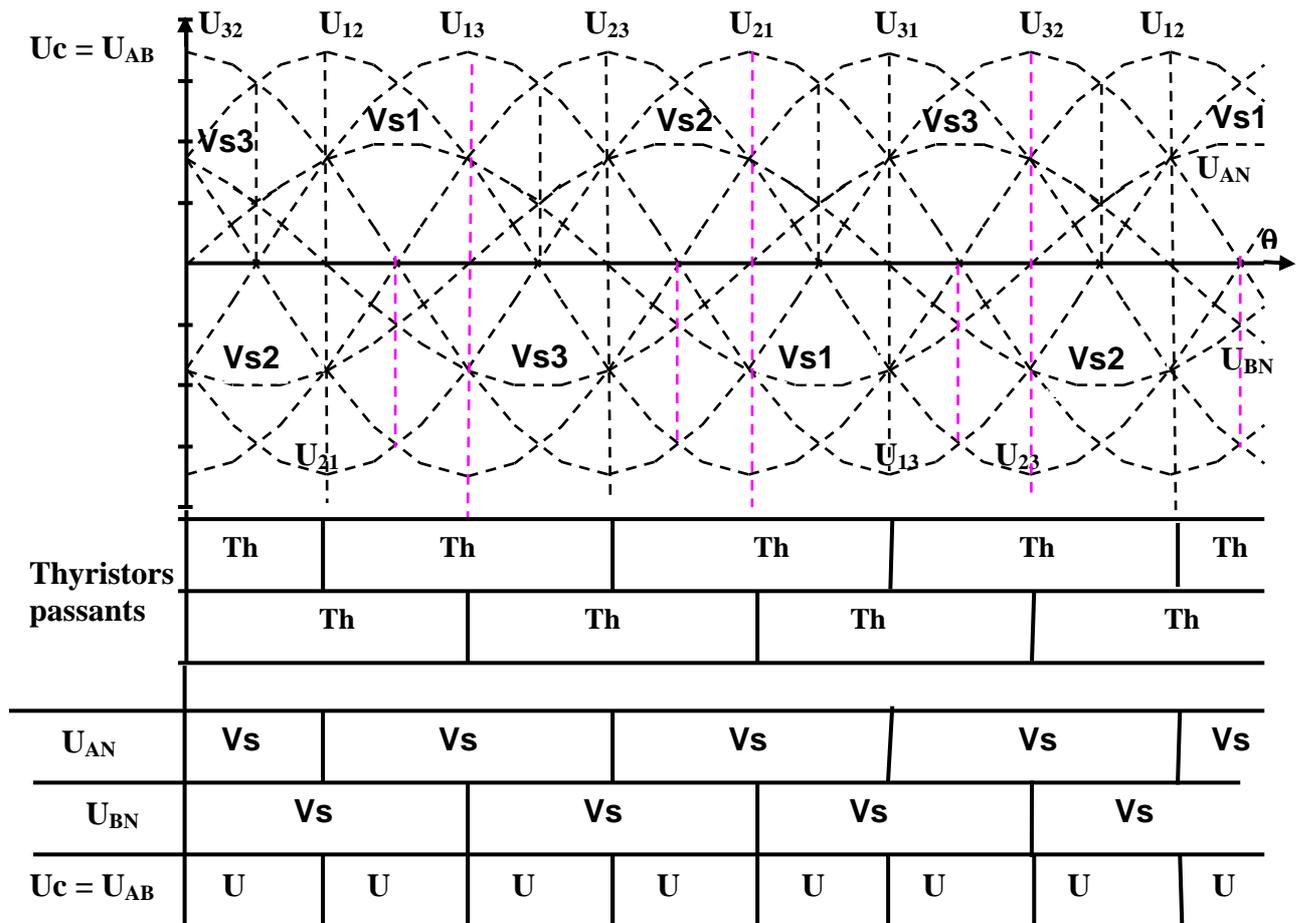


Figure 18 : Allure de la tension redressée à la sortie d'un pont triphasé tout thyristors. ($\alpha = 30^\circ$)

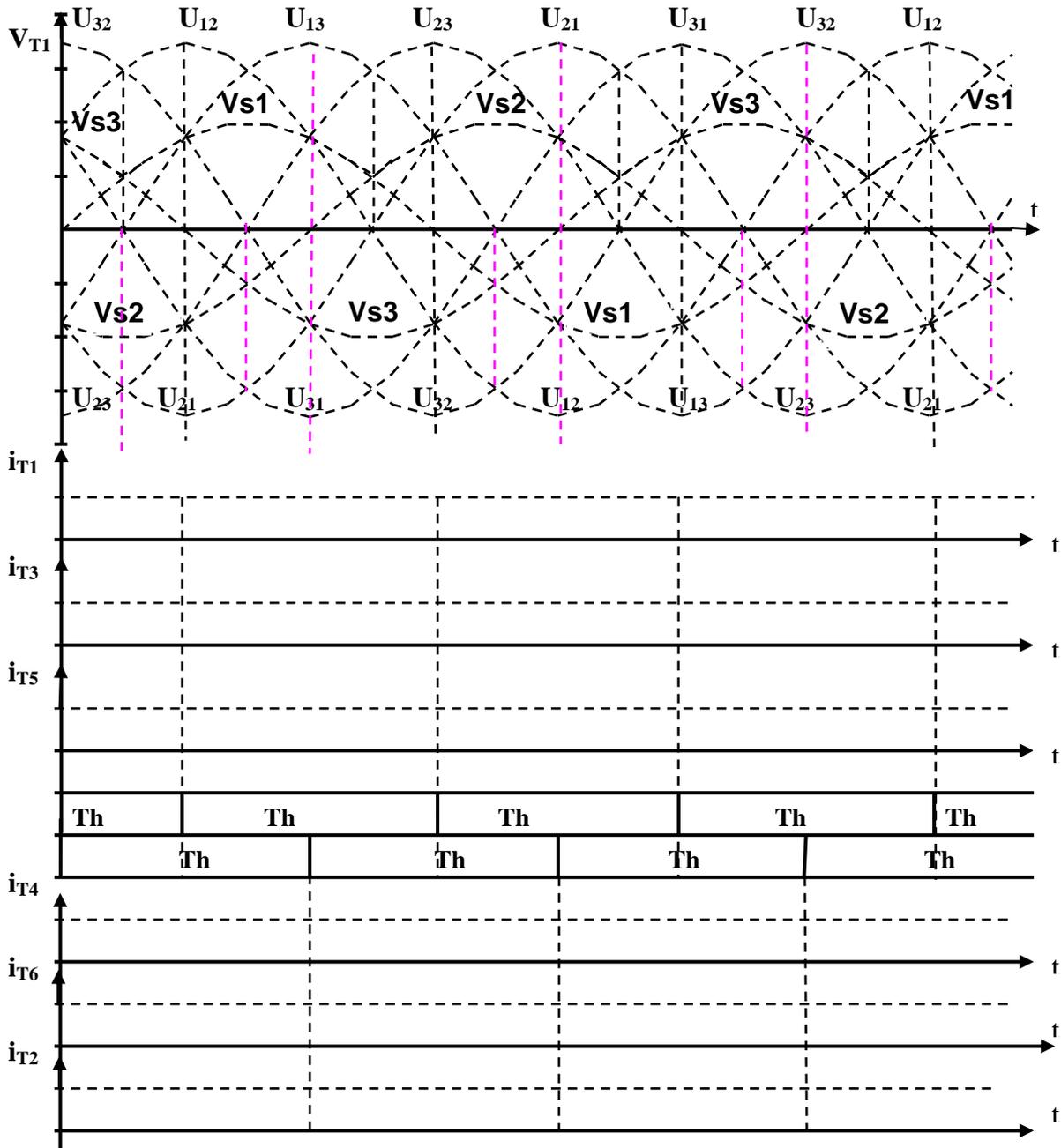
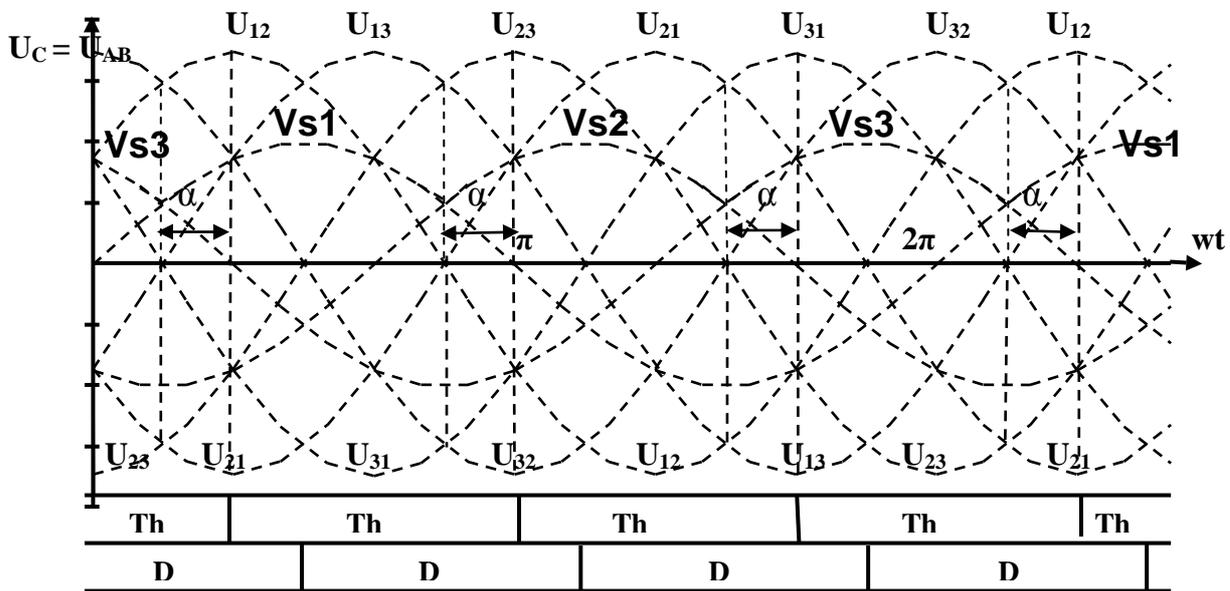
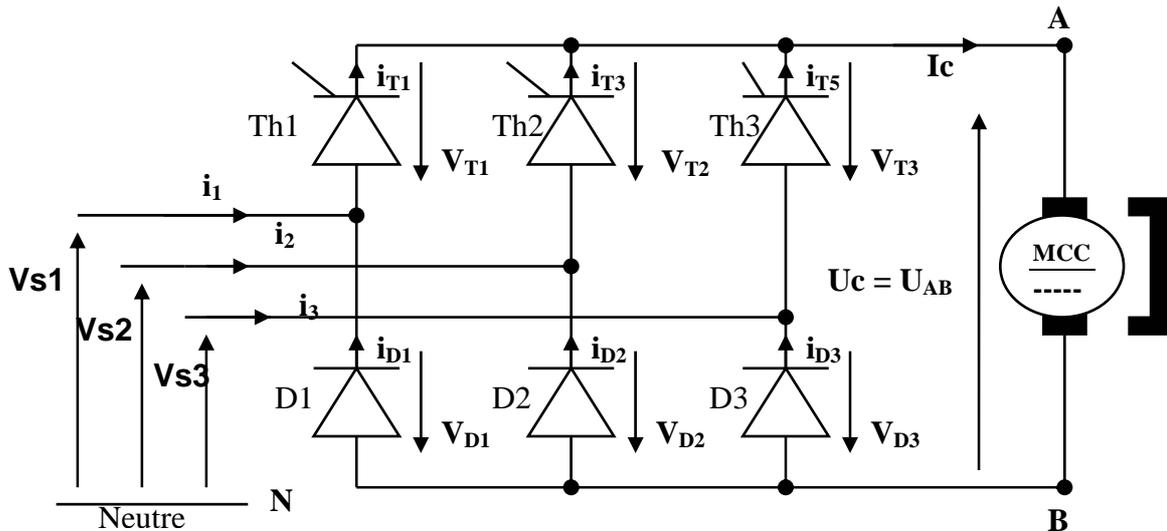


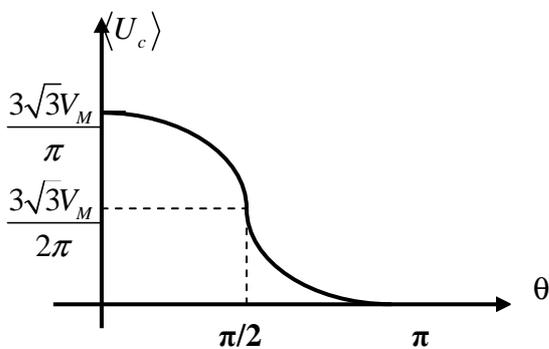
Figure 19 : Allure de la tension aux bornes du thyristor Th1 et des courants d'un pont triphasé tout thyristors. ($\alpha = 30^\circ$)

III. Pont PD3 mixte :



$$\langle U_{AB} \rangle = \langle U_{AN} \rangle - \langle U_{BN} \rangle = \frac{3\sqrt{3}V_M}{2\pi} \cos \alpha - \left(-\frac{3\sqrt{3}V_M}{2\pi} \right)$$

$$\Rightarrow \langle U_c \rangle = \frac{3\sqrt{3}V_M}{\pi} \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$



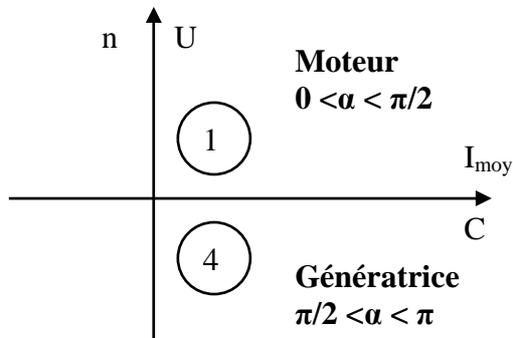
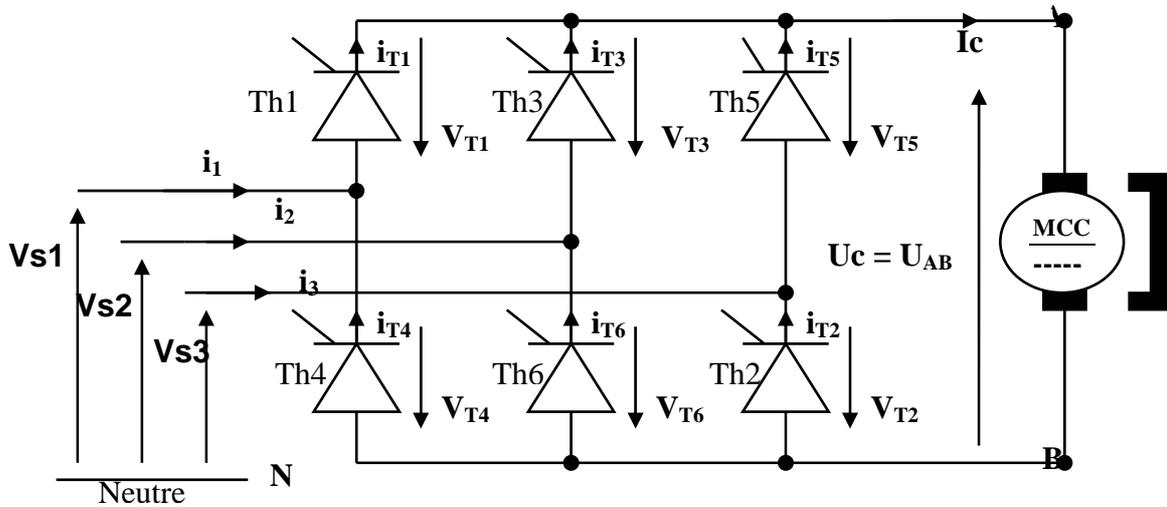
$\forall \alpha \in [0, \pi] : \langle U_c \rangle > 0; I_c > 0$ (Vu le sens des thyristors)

$$\Rightarrow P = \langle U_c \rangle * I_c > 0$$

Le pont mixte ne peut jamais fonctionner en onduleur.

IV. Association redresseurs machine à courant continu :

1. Fonctionnement dans les deux quadrants de la MCC :



Si $0 < \alpha < \pi/2$: le PD3 fonctionne en redresseur et la MCC fonctionne en moteur (**quadrant 1**).

Si $\pi/2 < \alpha < \pi$: le PD3 fonctionne en onduleur et la MCC en génératrice (**quadrant 4**).

2. Fonctionnement dans les quatre quadrants de la MCC :

