Solution TD N° 2 :

Exercice 1 :

On pend $\theta = \omega t$

On la tension de la source : $V_e(t) = V_M \sin(\theta)$

1/ Analyse le fonctionnement

Le thyristor *Th* est amorcé à $\alpha = \omega t_1$

Lorsque le courant s'annule ($i_{ch} = 0$), le thyristor se bloque à l'instant t_e qui correspond à l'angle d'extinction $\theta_e = \omega t_e$.

La conduction du thyristor est donc de α à θ_e

- **Pour $\alpha < \theta < \theta_e$** ***Th* est passant**

  $V_{ch} = ve,$ $V_{Th} = 0.$

  i_{ch} régie par l'équation : $Ri_{ch}(t) + L\frac{di_{ch}(t)}{dt} = V_M \sin(\theta)$

  Equation différentielle de 1er ordre avec second membre sinusoïdale

La résolution de cette équation est la somme de solution homogène $\boldsymbol{i}_H$ et solution forcée $\boldsymbol{i}_F$:

$\boldsymbol{i}_{ch} = \boldsymbol{i}_H + \boldsymbol{i}_F$

$\boldsymbol{i}_H$ est la solution sans second membre :

$\boldsymbol{i}_H(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$ ou encore $\boldsymbol{i}_H(\theta) = Ae^{-\frac{\theta}{\omega\tau}}$ avec $\tau = L/R$

$\boldsymbol{i}_F$ est la solution avec second membre:

$\boldsymbol{i}_F = \frac{V_M}{Z}\sin(\omega t - \varphi)$ Avec : $z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$ et $\varphi = arctg\left(\frac{L\omega}{R}\right)$

On a donc :

$$\boldsymbol{i}_{ch} = Ae^{-\frac{\theta}{\omega\tau}} + \frac{V_M}{Z}\sin(\theta - \varphi)$$

On peut déterminer la constant A lorsque $\theta = \alpha$ où $\boldsymbol{i}_{ch}(\alpha) = 0$

$$\boldsymbol{i}_{ch}(\alpha) = Ae^{-\frac{\alpha}{\omega\tau}} + \frac{V_M}{Z}\sin(\alpha - \varphi) = 0 \Rightarrow A = -\frac{V_M}{Z}\sin(\alpha - \varphi)\, e^{\frac{\alpha}{\omega\tau}}$$

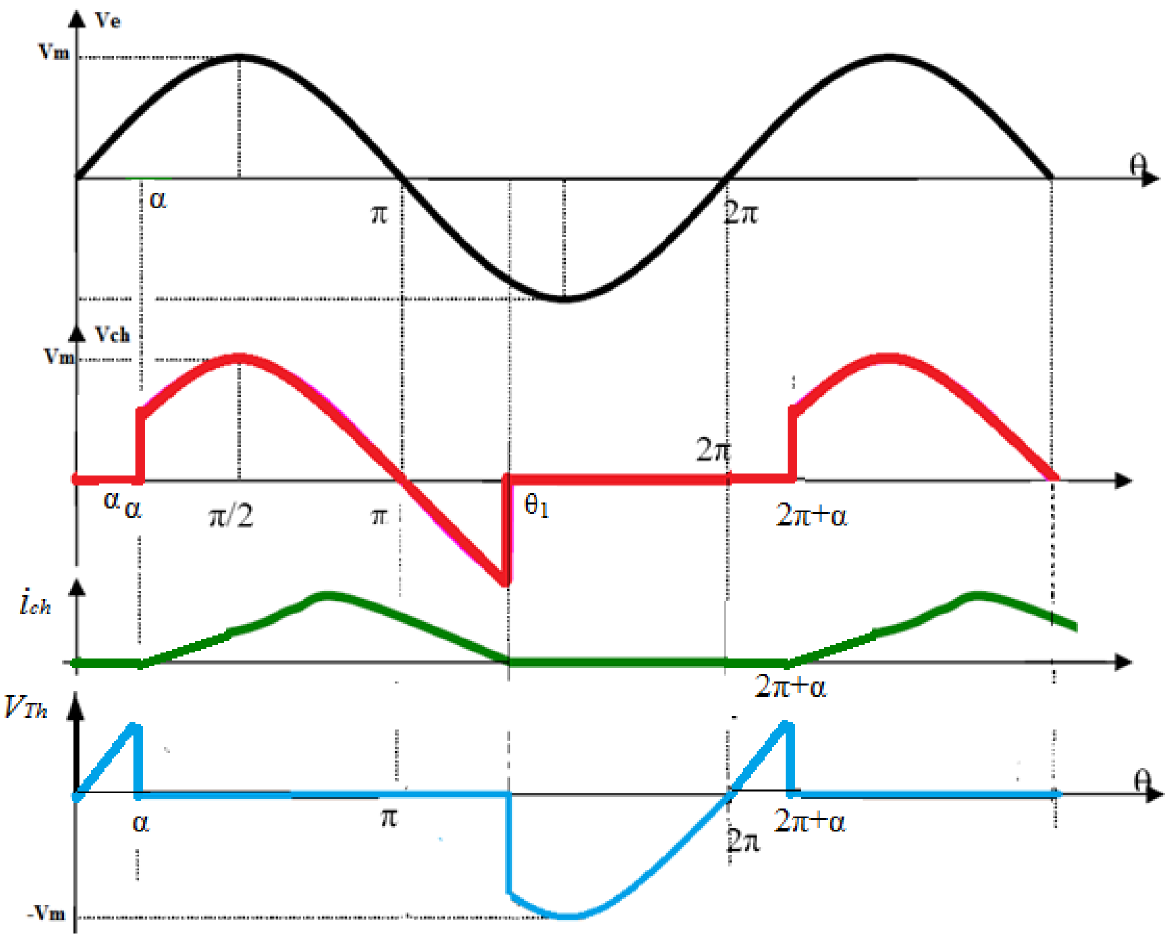
on trouve finalement:

$$\boldsymbol{i}_{ch} = \frac{V_M}{Z}\left[-\sin(\alpha - \varphi)e^{-\frac{(\theta-\alpha)}{\omega\tau}} + \sin(\theta - \varphi) \right]$$

- **<u>Pour $\theta_e < \theta < (2\pi + \alpha)$: *Th* est bloqué</u>**

$V_{ch} = 0$, $V_{Th}=V_e$ $i_{ch}=0$

<u>2/ les allures:</u>



3/ le thyristor cessera de conduire lorsque le courant s'annule

$$\boldsymbol{i}_{ch}(\theta_e) = 0 \Rightarrow \frac{V_M}{Z}\left[-\sin(\alpha - \varphi)e^{-\frac{(\theta e-\alpha)}{\omega\tau}} + \sin(\theta e - \varphi) \right] = 0$$

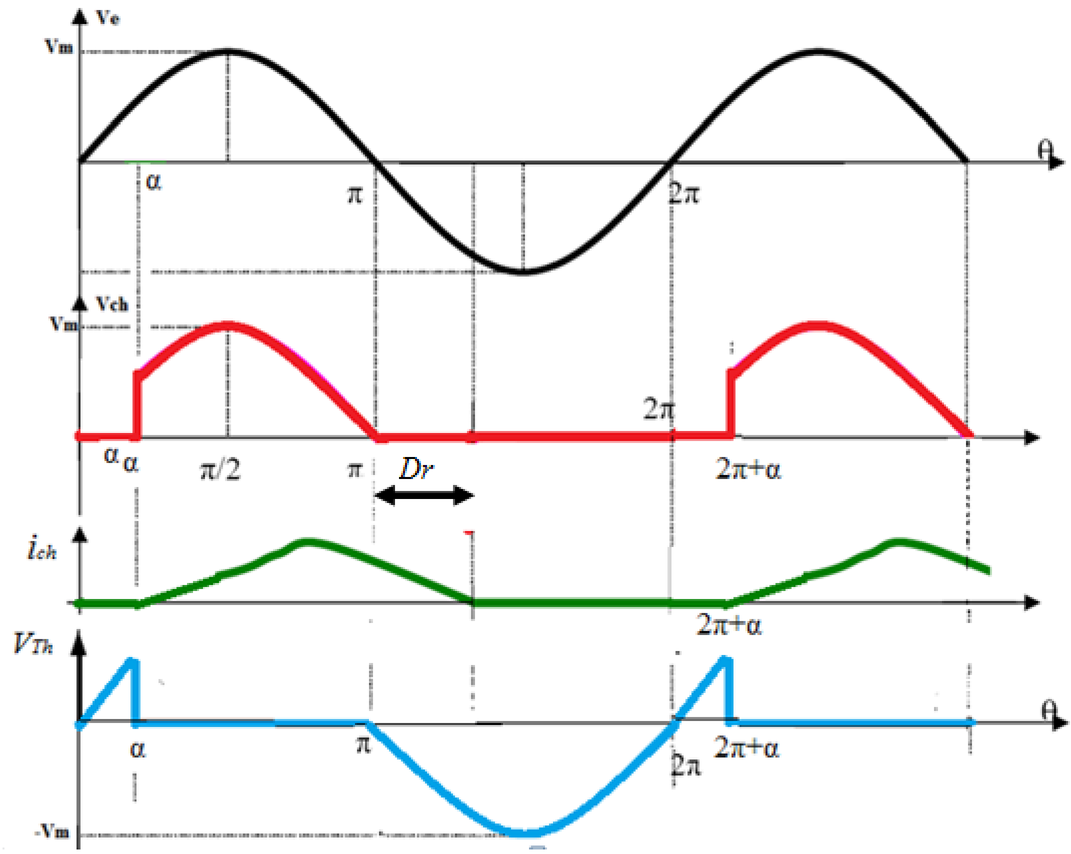
$$\Rightarrow -\sin(\alpha - \varphi)e^{-\frac{(\theta e-\alpha)}{\omega\tau}} + \sin(\theta e - \varphi) = 0$$

4/ Calcul de V_{chmoy} :

$$V_{chmoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_{ch}\, d\theta = \frac{1}{T}\int_\alpha^{\theta 1} V_M \sin(\theta)\, d\theta \quad = \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^{\theta 1} V_M \sin(\theta)\, d\theta$$

$$V_{chmoy} = \frac{V_M}{2\pi}(\cos(\alpha) - \cos(\theta_1))$$

5/ les allures (avec diode de roue libre)



Calcul de V_{chmoy} :

$$V_{chmoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_{ch}\, d\theta = \frac{1}{T}\int_\alpha^{\pi} V_M \sin(\theta)\, d\theta \quad = \frac{1}{2\pi}\int_\alpha^{\pi} V_M \sin(\theta)\, d\theta$$

$$V_{chmoy} = \frac{V_M}{2\pi}(1 + \cos(\alpha))$$

Exercice 2

1/ analyse de fonctionnement

- **Pour : $0 < \theta < \pi$** D1 passante .

$V_{ch} = v_1,\ v_{d1} = 0,\ v_{d2} = v_2 - v_1 = 2\, v_2$

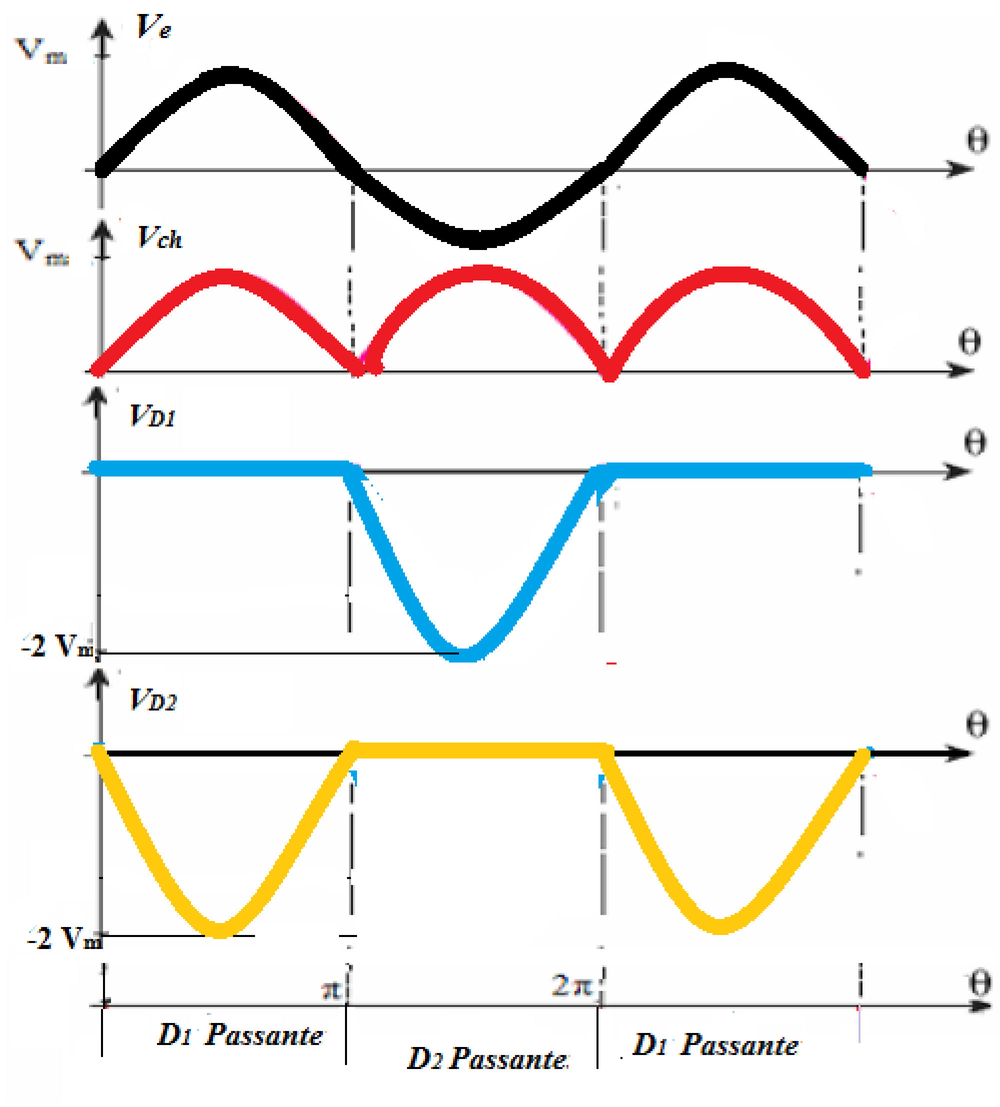
$$i_{ch} = \frac{V_{ch}}{R} = \frac{v_1}{R},\quad i_{d1} = i_{ch} \quad i_{d2} = 0$$

- **Pour : $\pi < \theta < 2\pi$** D1 et passante.

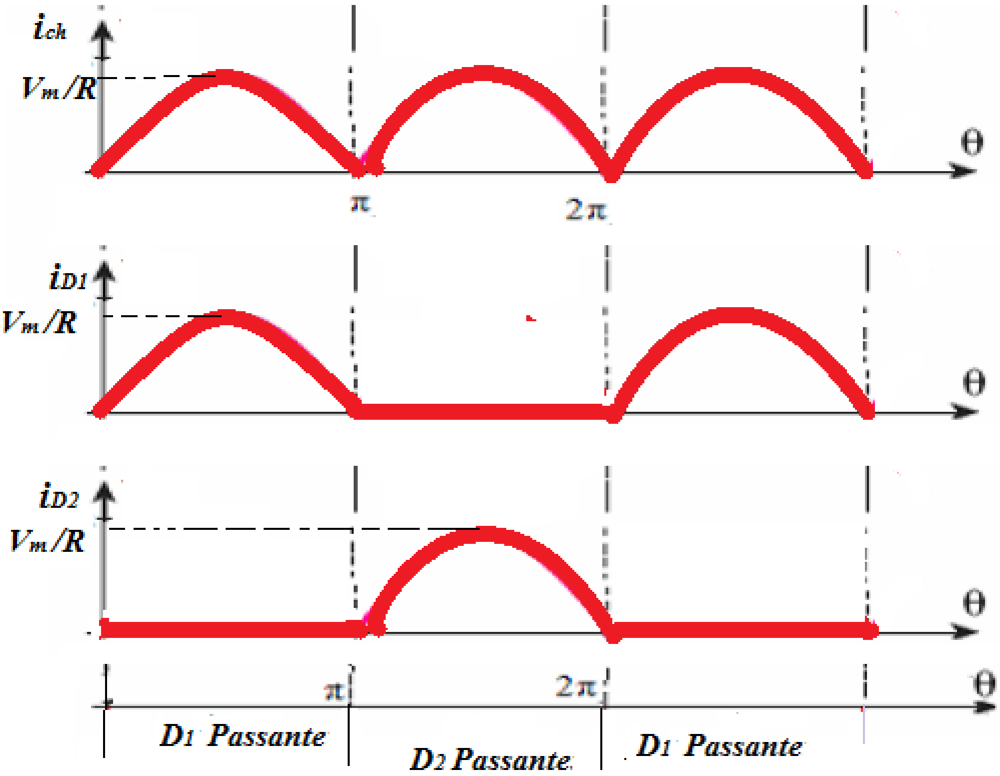
$V_{ch} = v_2,\ v_{d1} = v_1 - v_2 = 2\, v_1,\quad v_{d2} = 0,$

$$i_{ch} = \frac{V_{ch}}{R} = \frac{v_2}{R} \quad i_{d1} = 0,\ i_{d2} = \frac{v_2}{R}$$

2/ les allures **Les tensions:**



Les courants :



3/ valeur mayenne :

$$V_{chmoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_{ch} d\theta = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi \mathrm{V_M} \sin(\theta)\, d\theta = \frac{2\mathrm{V_m}}{\pi}$$

4/ La tension maximale à supporter par la diode D1 en inverse est:

$\mathbf{V_{D1max} = -2V_m}$

5/ analyse de fonctionnement dans le cas de P2 commandé (à thyristors)

Th1 et Th2 remplace respectivement D1 et D2

- **<u>Pour : $\alpha < \theta < \pi$</u>** Th1 passant.

$V_{ch} = v_1$, $v_{Th1} = 0$, $v_{Th2} = v_2 - v_1 = 2\, v_2$

$i_{ch} = \frac{V_{ch}}{R} = \frac{v_1}{R}$, $i_{Th1} = i_{ch}$, $i_{Th2} = 0$

Le thyristor se bloque dès le courant s'annule, on a une charge Résistive, la tension et le courant sont en phase, le courant s'annule avec l'annulation de v_1, donc à **π.**

- **<u>Pour : $\pi < \theta < \pi + \alpha$</u>** Th1 et Th2 bloqués.

$V_{ch} = 0$, $v_{Th1} = v_1$, $v_{Th2} = v_2$

$i_{ch} = 0$, $i_{Th1} = 0$, $i_{Th2} = 0$

- **<u>Pour : $\pi + \alpha < \theta < 2\pi$</u>** Th2 passant.

$V_{ch} = v_2$, $v_{Th1} = v_1 - v_2 = 2\, v_1$, $v_{Th2} = 0$,

$i_{ch} = \frac{V_{ch}}{R} = \frac{v_2}{R}$, $i_{Th1} = 0$, $i_{Th2} = i_{ch}$

Th2 se bloque à **2π**

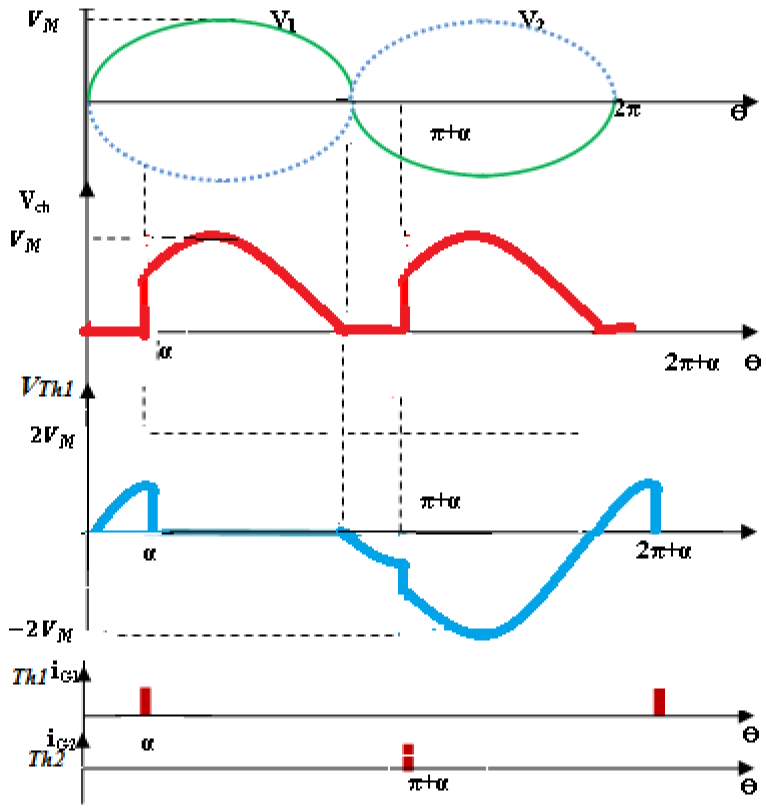
- **<u>Pour : $2\pi < \theta < 2\pi + \alpha$</u>** Th1 et Th2 bloqués.

$V_{ch} = 0$, $v_{Th1} = v_1$, $v_{Th2} = v_2$

$i_{ch} = 0$, $i_{Th1} = 0$, $i_{Th2} = 0$

<u>Les allures</u>

<u>Les tensions:</u>



Les courants