



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique



Université Echahid Hama Lakhdar d'El-Oued
Faculté des Sciences et de la Technologie

Mémoire de Fin d'Étude
En vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie
Filière: Génie Électrique
Spécialité: Contrôle et Diagnostic des Systèmes Électriques

Thème

Etude de la Conversion AC/AC (Gradateurs)

Réalisé par:
Amara el Habib
Mesai Ahmede abderrahmane
Djouadi Abdelkader

Encadré par :
Wissem Sliman

Soutenu Juin 2015



Remerciements

Nous remercions en premier lieu **ALLAH** de nous
'avoir donné cette volonté de toujours atteindre les
objectifs que nous nous suivons fixé ...

Nous remercions "**slimane wissem**" pour tous
les efforts qu'il a fournies pour mettre son travail à
terme ...

Nous remercions toutes les personnes qui ont
participé de près ou de loin à l'élaboration de ce
projet ...



DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail:

A ma source de bonheur :

Mon père, ma mère pour leurs amour, leur bonté, leur sacrifice, leurs encouragements perpétuels, leur soutien. puisse Dieu prolonger leur vie dans le bonheur.

Ma grand mère

Mes frères Ali et Abdel Rahman et el Amin et Yacine et mes sœurs. et tout la famille .

Et aussi pour toute l'étudiantes de 3^{eme} CDSE et 3^{eme} RE

Pour tous mes amis de notre quartier

Amara el Habib

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail:

A ma source de bonheur :

Mon père, ma mère pour leurs amour, leur bonté, leur sacrifice, leurs encouragements perpétuels, leur soutien. puisse Dieu prolonger leur vie dans le bonheur.

Ma grand mère

Mes frères lamine et salah et Ali et ammar et A.eloihide et mes sœurs..et tout la famille .

Et aussi pour toute l'équipe de Ness el Khir El oued

Mes amis houciné et A.djabar et iliase et Mohammed et Omar...

Pour tous mes amis de notre quartier

Abde errahmane mesai ahmede

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail:

A ma source de bonheur :

Mon père, ma mère pour leurs amour, leur bonté, leur sacrifice, leurs encouragements perpétuels, leur soutien. puisse Dieu prolonger leur vie dans le bonheur.

Ma grand mère

Mes frères Bachir et Ahmed et Mohammed Ali et Wahab et Youssef et mes sœurs..et tout la famille .

Et aussi pour toute l'équipe de Ness el Khir El oued

Mes amis Larbi et Aymen et Bachir et Boubaker et Mohammed et omar...

Pour tous mes amis de notre quartier

Djouadi Abdelkader

Dédicaces

Liste des symboles

Introduction générale

Chapitre I: Gradateurs monophasés

I.1 Introduction01

I. 2 Constitution d'un gradateur :01

I.3.1 Triac:.....01

I.3.2 Deux thyristors en tête bêche:.....01

I .4 Types:.....02

I .4.1 Gradateur à angle de phase:.....02

Définition :.....02

Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur:02

Inconvénients:02

I.4.2 Gradateur a train d'ondes.....03

Définition :.....03

Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur :.....03

Avantage.....03

I .5 Simulation:.....04

I .5.1 Débit sur charge résistive:.....04

Résultats de simulation04

Explication des résultats :.....08

I .5.2 Débit sur charge R-L:.....08

Calcul de l'angle de déphasage entre le courant et la tension09

I.6 Interprétation des résultats :.....11

I.7 Conclusion11

Chapitre II: Gradateurs triphasés

II-1 Introduction.....	12
II-2. Gradateur triphasé en étoile.....	13
II-3 Résultats de simulation.....	13
II-4 Mode 1 : $(0 \leq \alpha < \pi/3)$	13
II-5 Les chronogrammes de fonctionnement des gradateurs	20
II 6. Cas 1: $\alpha = 45^\circ$	20
II-7 Mode 2: $(\pi/3 \leq \alpha < \pi/2)$	22
II 8. Cas 2: $\alpha = 75^\circ$	27
II 9 Mode 3: $(\pi/2 \leq \alpha < \pi/3)$	28
II 10. Cas 3: $\alpha = 120^\circ$	34
II.11 Conclusion	34

Conclusion Générale

Bibliographie

:

$V_s(t)$: Tension de source (V).

V_m : la valeur maximale de la tension de source (V).

$i_s(t)$: le courant de la source (A).

$i_{ch}(t)$: le courant de la charge (A).

$i_t(t)$: le courant de la thyristor (A).

$V_t(t)$: la tension de la thyristor (V).

P_{ch} : la puissance fournie à la charge(W).

i_{eff} : la valeur efficace du courant de charge (A).

R: valeur de la résistance de charge (Ω).

F: la fréquence(Hz).

L: Inductance (H).

ϕ : angle de déphasage entre courant et tension(degré).

V_{an}, V_{bn} et V_{cn} : Tensions de Charge triphasée(V).

I_{an}, I_{bn} et I_{cn} :courant de Charge triphasée(A).

θ : angle de déphasage entre i_{T1} et i_{T2} (degré).

Tableau de les équation de :

[II.1]	Equation de la puissance générale pour 1 ^{er} mode
[II.2]	Equation de la courant de 1 ^{er} phase pour 1 ^{er} mode
[II.3]	Equation de la courant de 2 ^{eme} phase pour 1 ^{er} mode
[II.4]	Equation de la courant de 3 ^{eme} phase pour 1 ^{er} mode
[II.5]	Equation de la courant inverse de 1 ^{er} phase pour 1 ^{er} mode
[II.6]	Equation de la courant inverse de 2 ^{eme} phase pour 1 ^{er} mode
[II.7]	Equation de puissance globale pour 1 ^{er} mode
[II.8]	Equation de puissance générale pour 2 ^{eme} mode
[II.9]	Equation de la tension de chaque phase pour 2 ^{eme} mode
[II.10]	Equation de puissance globale pour 2 ^{eme} mode

[II.11]	Equation de puissance générale pour 3 ^{eme} mode
[II.12]	Equation de la tension de chaque phase pour 3 ^{eme} mode
[II.13]	Equation de puissance globale pour 3 ^{eme} mode

Un convertisseur statique est un système permettant d'adapter la source d'énergie électrique à un récepteur donné.

Exemples :

- On trouve un convertisseur alternatif continu dans l'alimentation d'appareils électroniques (TV, ordinateurs, chargeurs de téléphones...) qui transforment la tension alternative sinusoïdale du réseau EDF en tension continue.
- Un onduleur de secours transforme la tension continue des batteries en tension alternative pour alimenter, par exemple, du matériel informatique.

Suivant le type de machine à commander et suivant la nature de la source de puissance, on distingue plusieurs familles de convertisseurs statiques .

Dans ce mémoire, nous allons exposer la conversion alternatif – alternatif ou la tension de sortie (de charge) est différente de la tension d'entrée (de source) mais la fréquence reste inchangée, donc on a affaire aux gradateurs.

La structure de notre mémoire est la suivante :

- Introduction générale.
 - Chapitre I : les gradateurs monophasés où nous allons exposer leurs composition selon la puissance : petite, moyenne ou grande puissance (à triac ou thyristors en tête bêche), donner les différents types de commande, leurs domaines d'utilisation, par la suite présenter la simulation des gradateurs monophasés qui débitent sur différentes charges : R, RL.
 - Chapitre II : les gradateurs triphasés, semblablement au chapitre précédent nous allons exposer les différents gradateurs triphasés, donner les schémas blocs de leur simulation et exposer les résultats.
 - En fin nous terminerons par une conclusion générale.
-

Chapitre I:

Gradateurs monophasés

Chapitre II:

Gradateurs triphasés

I.1 Introduction :

Dans ce premier chapitre nous allons définir les gradateurs monophasés, les présenter et les simuler à l'aide du logiciel Matlab/Simulink, présenter et interpréter les résultats de simulation pour les charges de type ohmique et inductive.

I.2 Définition et symbole:

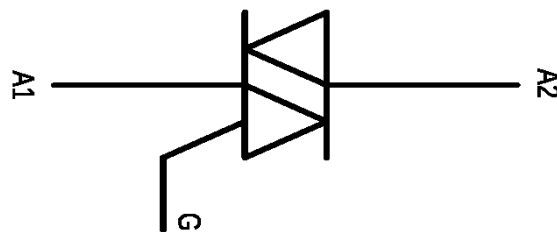
Un gradateur est un dispositif qui permet de contrôler la puissance alternative fournie à des charges résistives (fours électriques, système d'éclairage et des charges inductives (moteur universel, moteur asynchrone, etc.).

Ce convertisseur est réalisé à partir de triacs pour des charges de faible puissance ou des thyristors pour des charges plus élevées. On le retrouve pour des alimentations triphasé et monophasé. .[01]

I.3 Constitution d'un gradateur :

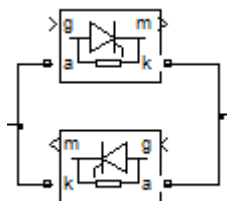
I.3.1 Triac:

Le triac est un composant électronique équivalent à la mise en parallèle de deux thyristors montés tête-bêche (l'anode de l'un serait reliée à la cathode de l'autre, les gâchettes respectives étant, par exemple, commandées simultanément). La figure I.1 représente un triac. .[01]



I.3.2 Deux thyristors en tête bêche:

C'est l'assemblage de deux thyristors en parallèle et en sens inverse : anode du premier avec la cathode du deuxième et vice versa ça. Comme le montre la figure I.2.[01]



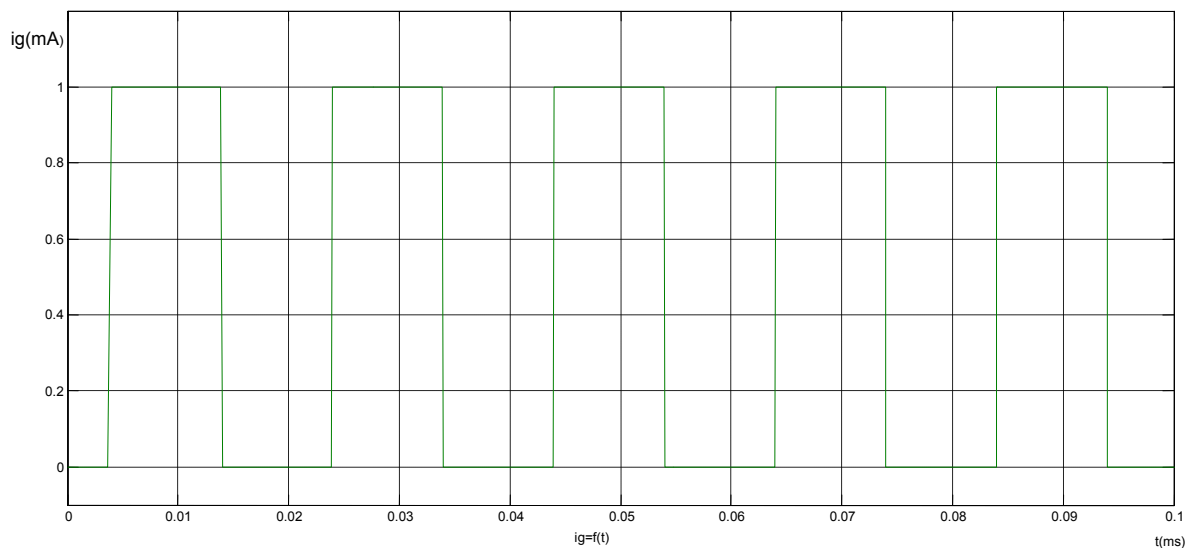
I.4 Types:

Selon le type de commande, on a deux types de gradateurs monophasés.

I.4.1 Gradateur à angle de phase:

Définition :

C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge un courant alternatif non sinusoïdal de même fréquence que la tension d'alimentation, mais de valeur efficace réglable.



La figure I.3, présente le courant de commande du type angle de phase (impulsion du courant de gâchette i_g). [01]

Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur:

- Chauffage
- Eclairage
- Variation de vitesse des moteurs alternatifs de faibles puissance (perceuse aspirateurs de quelques centaines de Watts (utilisés sur des systèmes ne présentant-En règle générale, ils sont t pas ou peu d'inertie thermique ou mécanique.[01]

Inconvénients:

- La tension aux bornes de la charge est alternative non sinusoïdale, donc le courant absorbé sera aussi alternatif non sinusoïdal. La présence d'harmonique de courant

absorbé sur le réseau sera donc importante.

- La relation entre la puissance moyenne dissipée dans la charge et le signal de commande n'est pas linéaire.[01]

I.4.2 Gradateur a train d'ondes:

Définition :

C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge des salves de tension de manière à faire varier la valeur efficace de la tension aux bornes de la charge.

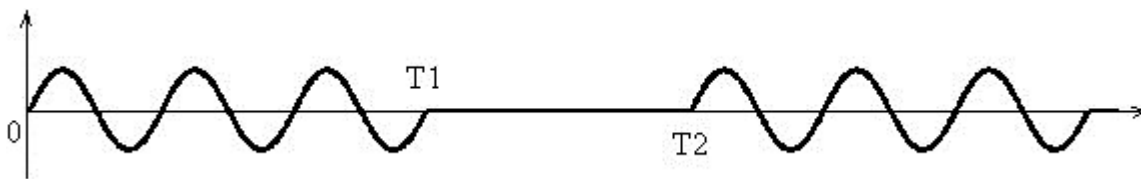


Figure I.4 : Exemple de commande par un train d'onde

Pour s'affranchir des problèmes de facteur de puissance provoqués par la technologie « angle de phase », on applique la commande par un train d'onde qui s'effectue comme suit : l'interrupteur autorise le passage du courant pendant une durée T_1 correspondant à un nombre entier de demi-périodes du secteur. Puis il coupe pendant le reste de la période T_2 de fonctionnement. On règle le transfert d'énergie en faisant varier le rapport T_1/T_2 .[02]

Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur :

- Machines à forte inertie.
- Utilisés sur des systèmes présentant une inertie thermique importante .[01]

Avantage:

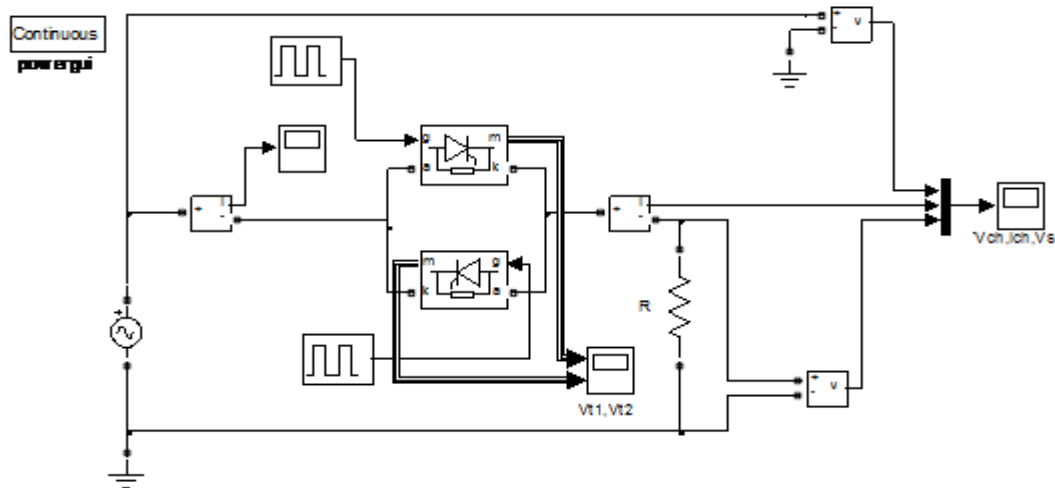
- La tension aux bornes de la charge est alternative sinusoïdale, donc le courant absorbe sera aussi alternatif sinusoïdal. La présence d'harmonique de courant sera donc nulle.
- On a une relation linéaire entre la puissance moyenne dans la charge et le signal de commande.[01]

I.5 Simulation:

La simulation des montages gradateurs est effectuée par le logiciel Matlab/Simulink .

I.5.1 Débit sur charge résistive:

La figure I.5, montre le schéma blocs d'un gradateur monophasé débitant sur une charge résistive.



Résultats de simulation :

Figure I.5 : Schéma blocs du gradateur débitant sur une charge résistive

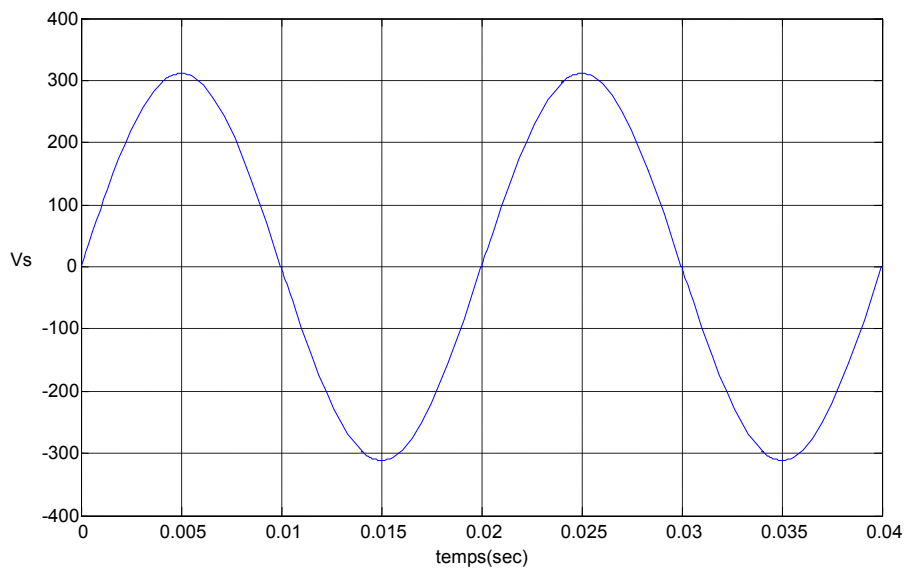


Figure I.6 : Tension d'alimentation en fonction du temps

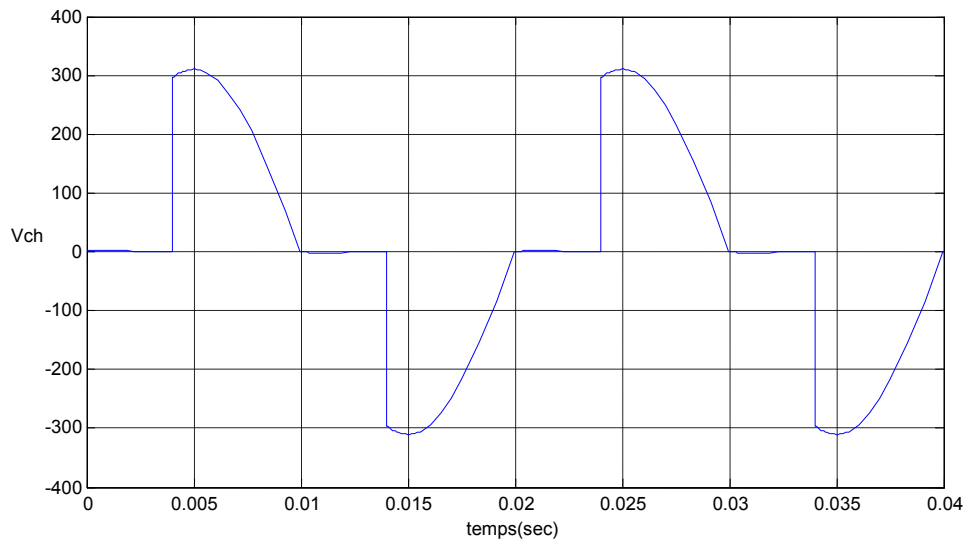


Figure I.7 : Tension de charge en fonction du temps

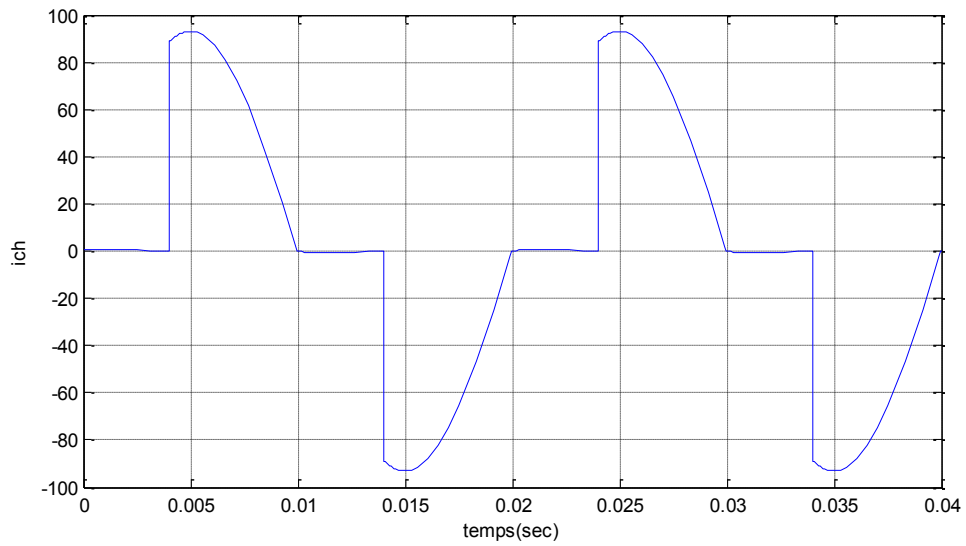


Figure I.8 : courant de charge en fonction du temps

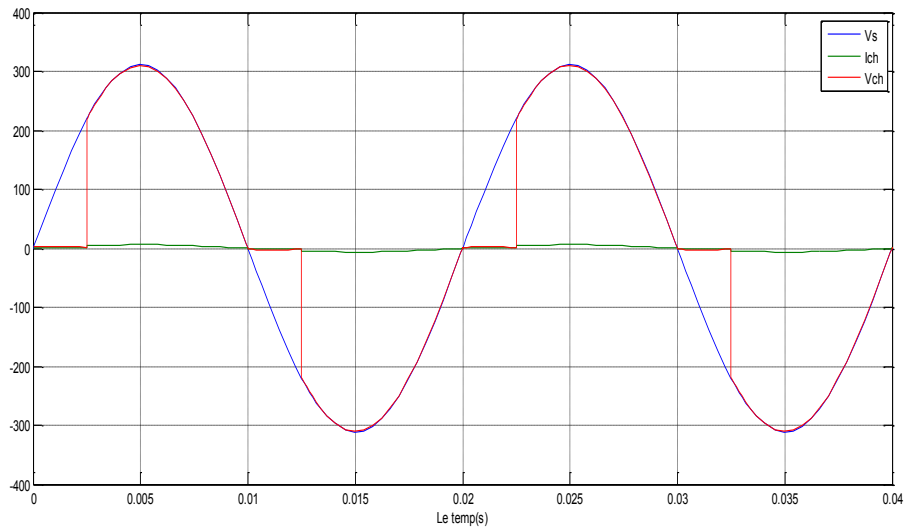


Figure I.9: Tension d'alimentation, tension et courant de charge en fonction du temps

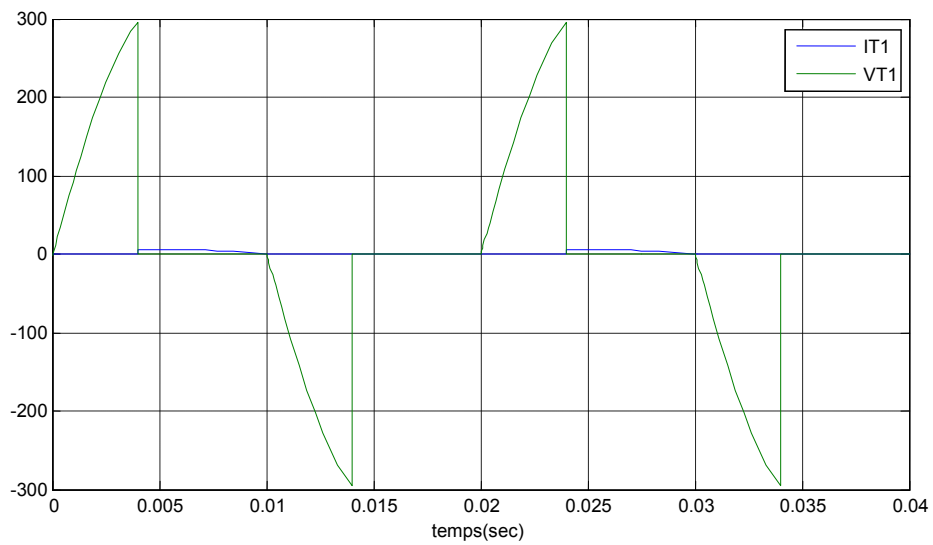


Figure I.10 : Courant et tension du thyristor 1 en fonction du temps

Chapitre I

Gradateurs Monophasés

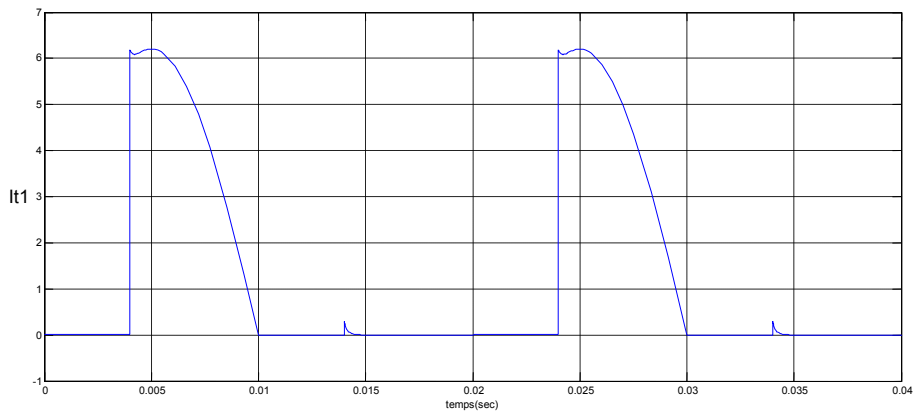


Figure I.11 Courant du thyristor 1 en fonction du temps

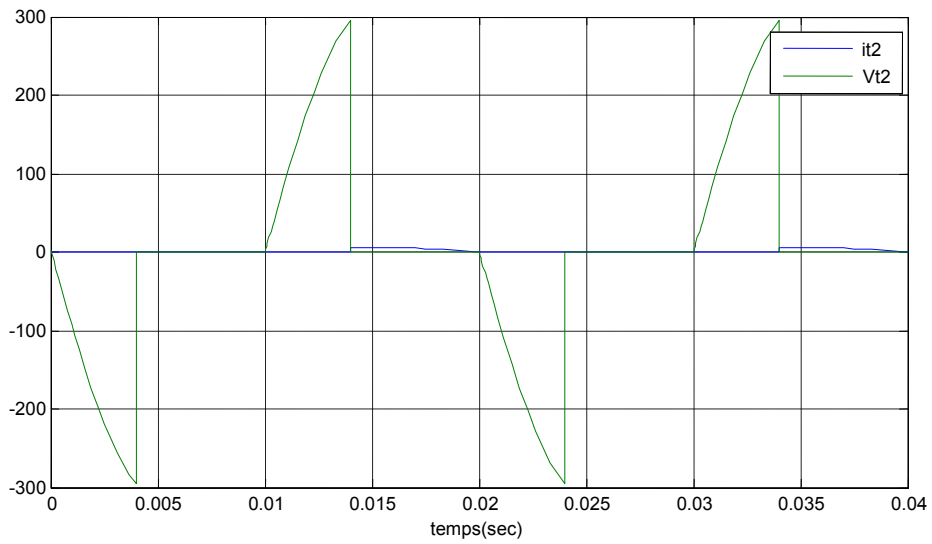


Figure I.12 : Courant et tension du thyristor 2 en fonction du temps

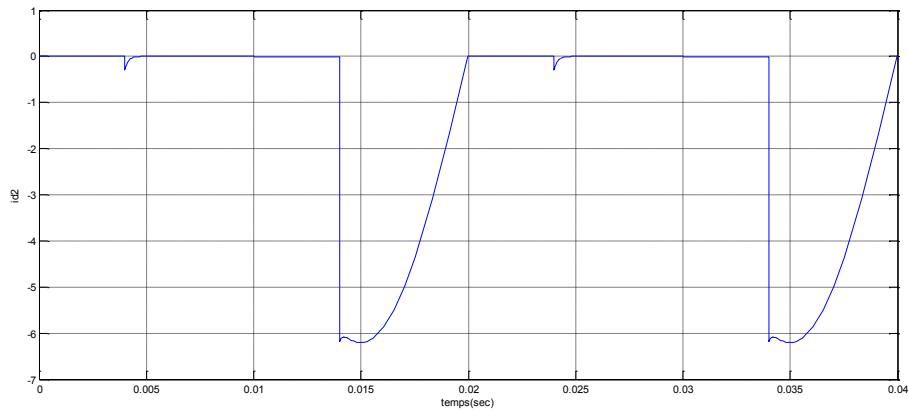


Figure I.13 : le Courant du thyristor 2 en fonction du temps

Explication des résultats :

Tension V_s : la tension de source ou tension d'alimentation est une fonction sinusoïdale de valeur maximale égale à 311V, fréquence de 50Hz.

$$V_s = V_m * \sin\theta$$

$$V_m = \sqrt{2}V_{eff}$$

Tension V_{ch} :

$$V_{ch}(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{pour } \theta \in [0, \alpha] \cup [\pi, \alpha + \pi] \\ V_m * \sin\theta & \text{pour } \theta \in [\alpha, \pi] \cup [\alpha + \pi, 2\pi] \end{cases}$$

Courant I_{ch} :

$$I_{ch}(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{pour } \theta \in [0, \alpha] \cup [\pi, \alpha + \pi] \\ I_m * \sin\theta & \text{pour } \theta \in [\alpha, \pi] \cup [\alpha + \pi, 2\pi] \end{cases}$$

Tension V_T :

$$V_T(\theta) = \begin{cases} V_m * \sin\theta & \text{pour } \theta \in [0, \alpha] \cup [\pi, \alpha + \pi] \\ 0 & \text{pour } \theta \in [\alpha, \pi] \cup [\alpha + \pi, 2\pi] \end{cases}$$

I .5.2 Débit sur charge R-L:

La figure I**présente le schéma blocs d'un gradateur monophasé débitant sur une charge R-L.

$V_{max}=311\text{v}$, $f=50\text{Hz}$, $R=50\Omega$, $L=0.1\text{H}$. Pour les trois cas ($\alpha > \varphi$, $\alpha < \varphi$, $\alpha = \varphi$)

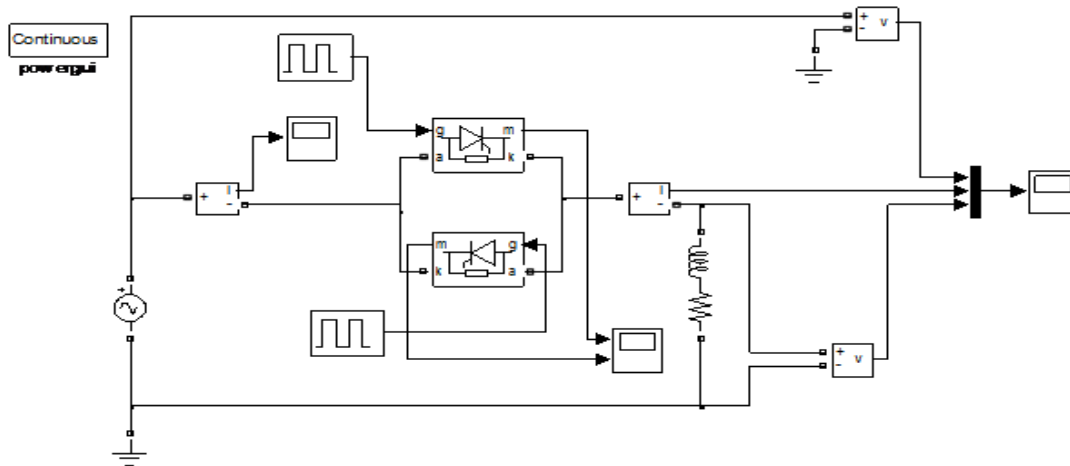


figure I.14: Schéma blocs du gradateur débitant sur une charge inductive

Calcul de l'angle de déphasage entre le courant et la tension :

$$\varphi = \arctg\left(\frac{l\omega}{R}\right) = \arctg\left(\frac{0.1 * 2 * 3.12 * 50}{50}\right) = 32.12^\circ$$

1^{er} cas: $\alpha < 32.12^\circ$: exemple $\alpha = 15^\circ$

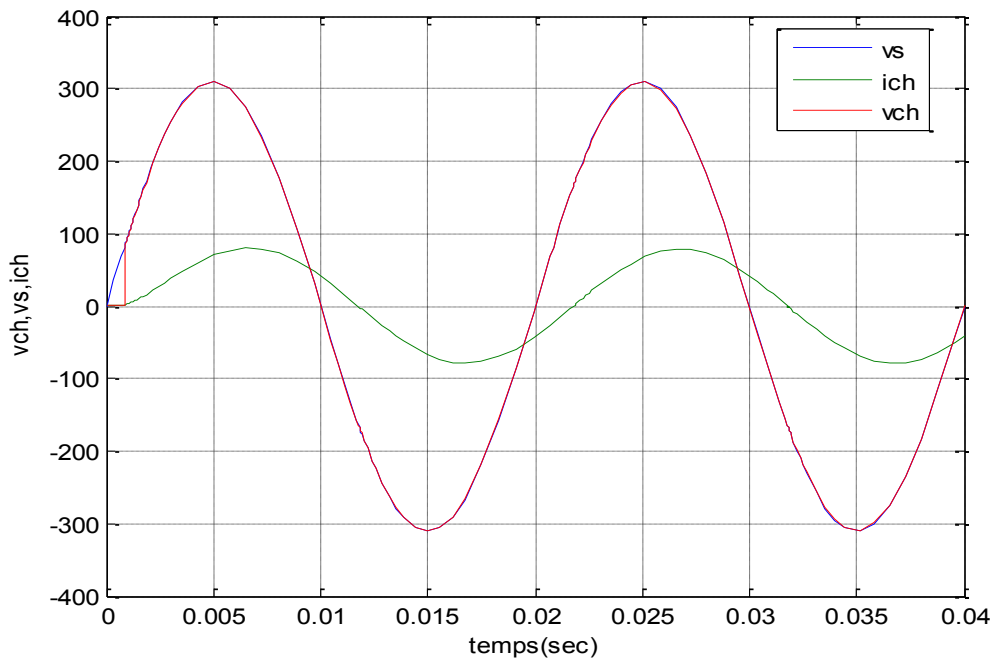


Figure I.15: Tension d'alimentation, tension et courant de charge en fonction du temps

2^{ème} cas: $\alpha = \varphi = 32.12^\circ$: $\alpha = 32.12^\circ$

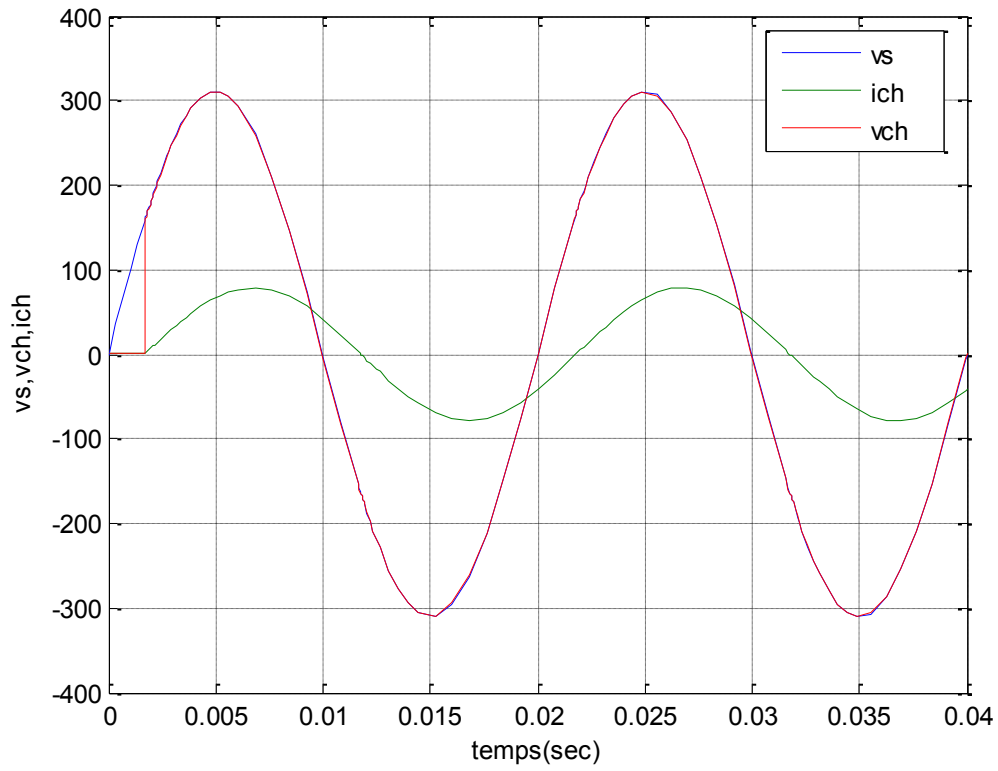


Figure I.16 : Courant et tension de charge en fonction du temps

3^{ème} cas: $\alpha > 32.12^\circ$: exemple $\alpha = 50^\circ$

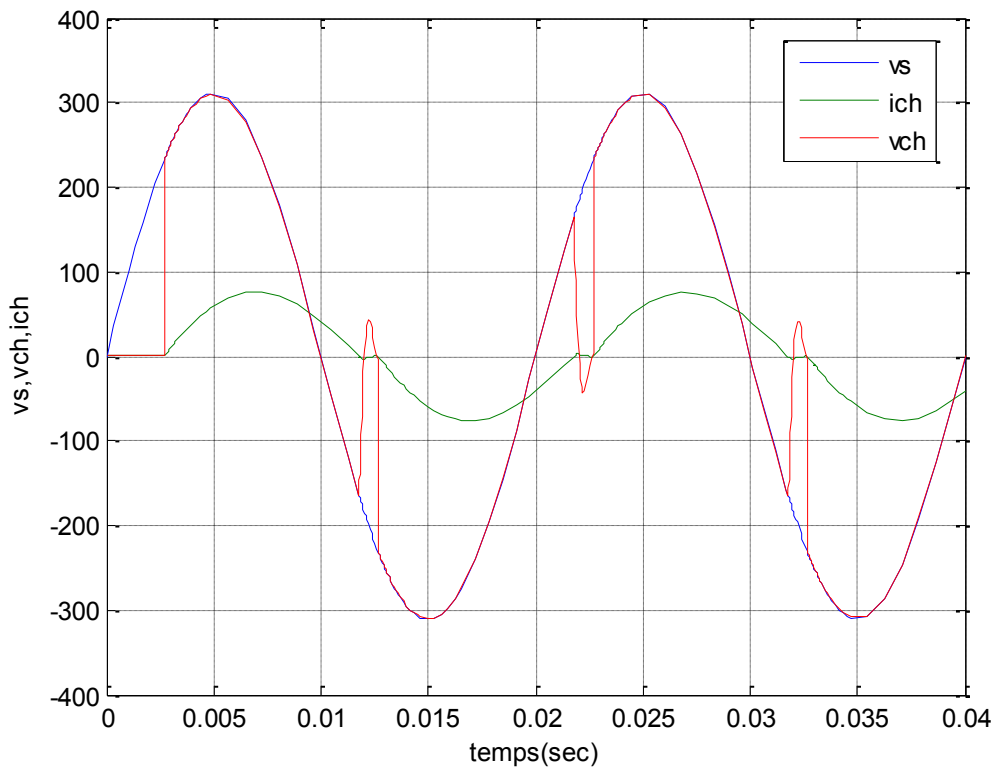


Figure I.17: Tension d'alimentation, tension et courant de charge en fonction du temps

I.6 Interprétation des résultats :

On n'a obtenu le fonctionnement gradateur que pour le troisième cas. Les deux premiers ne donnent pas les résultats d'un gradateur.

I.7 Conclusion :

Le fonctionnement d'un gradateur monophasé débitant sur une charge résistive n'est que la soustraction d'une partie de la tension sinusoïdale d'alimentation d'où on peut contrôler la valeur de la tension efficace de sortie (de charge) en modifiant l'angle d'amorçage α .

Selon la valeur de α , on trouve trois cas possibles pour la charge R-L et d'après les résultats de simulation on voit bien que le fonctionnement gradateur n'est possible que si l'angle d'amorçage est supérieur à l'angle de déphasage entre le courant et la tension.

Chapitre I Gradateurs Monophasés

Dans le prochain chapitre nous allons étudier les gradateurs triphasés et simuler un seul type de branchement le plus courant c'est celui en étoile.

Chapitre I:

Gradateurs monophasés

Chapitre II:

Gradateurs triphasés

II.1. Introduction:

Contrairement au monophasé, où il n'y avait qu'une seule façon d'associer l'interrupteur avec la charge, il existe en triphasé diverses possibilités, surtout si la charge que nous supposons toujours équilibrée, est de type à six bornes accessibles. De plus, on peut dans certains cas remplacer les interrupteurs à deux thyristors par des interrupteurs mixtes (un thyristor et une diode), ce qui augmente encore le nombre de structures possibles et nous oblige, étant donné que nous voulons garder à cette partie de l'étude une ampleur raisonnable, à nous contenter d'une description sommaire des montages les plus usuels. Ceci nous amène, en particulier, à ne pas parler des gradateurs "mixtes", peu employés, et à ne plus donner les résultats détaillés concernant les grandeurs caractéristiques, leur évolution avec les conditions de fonctionnement étant de toute façon qualitativement la même que pour le gradateur monophasé.[02]

II.2. Gradateur triphasé en étoile:

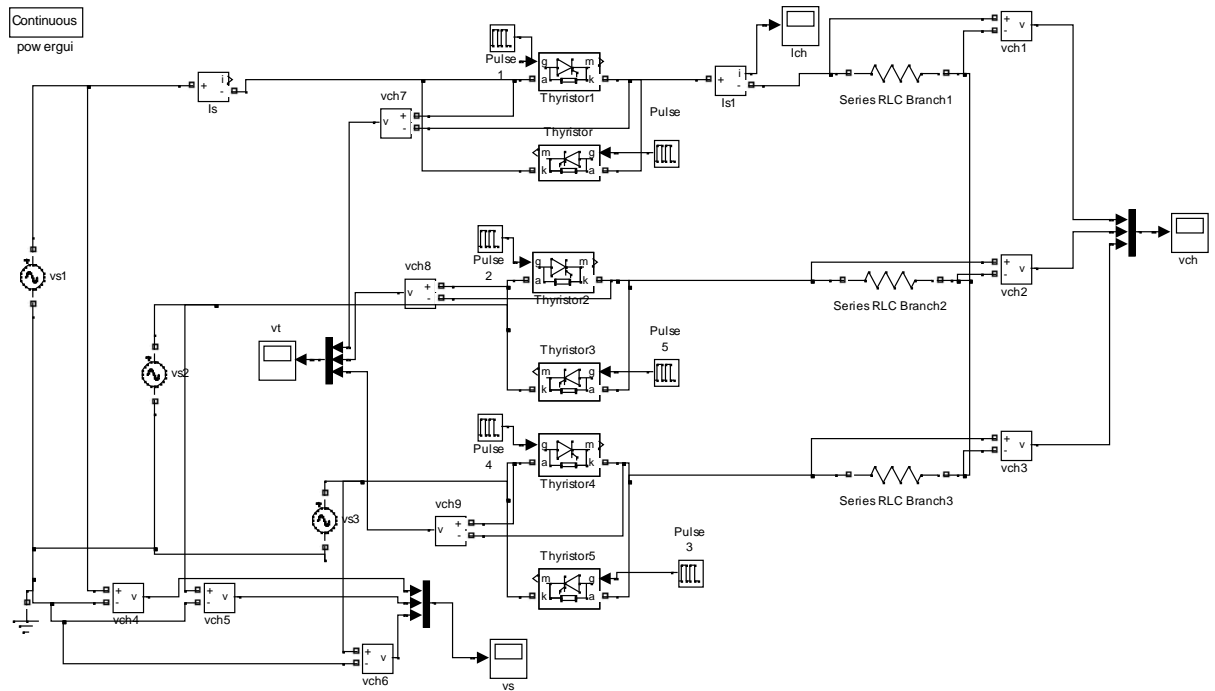


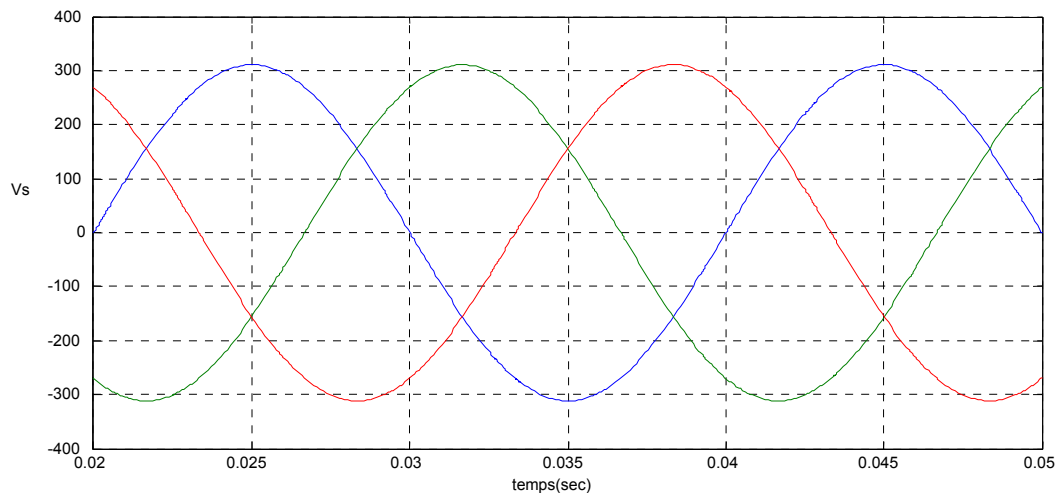
Figure II.1 : Schéma blocs du gradateur triphasé débitant sur une charge résistive

II.3. Résultats de simulation:

➤ II.4. Mode1 ($0 < \alpha < \pi/3$): $\alpha = 45^\circ$

Courbe des tensions de source :

La figure II.2 représente la tension d'alimentation du gradateur, c'est une tension triphasée équilibrée.

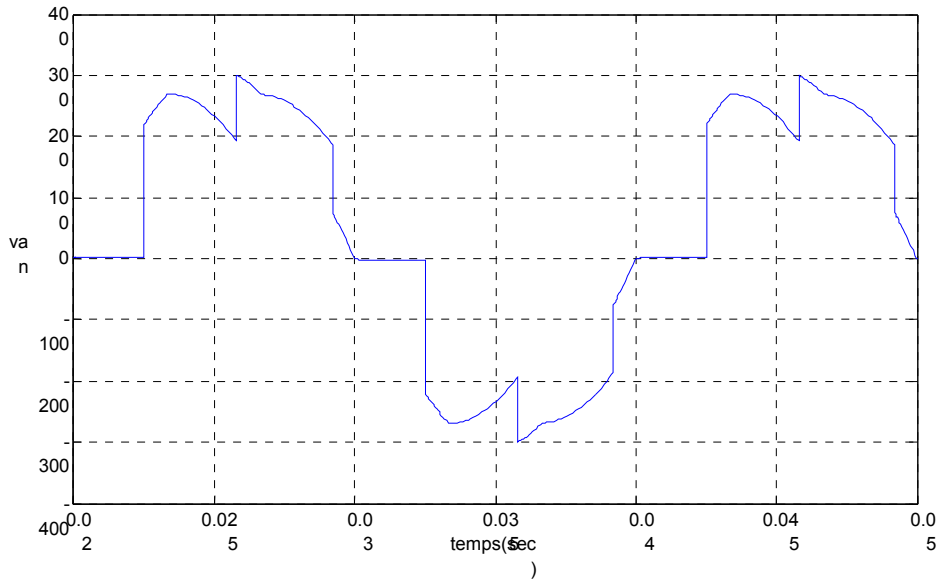


$$V_1 = V_m \sin \theta$$

$$V_2 = V_m \sin(\theta + 2\pi/3)$$

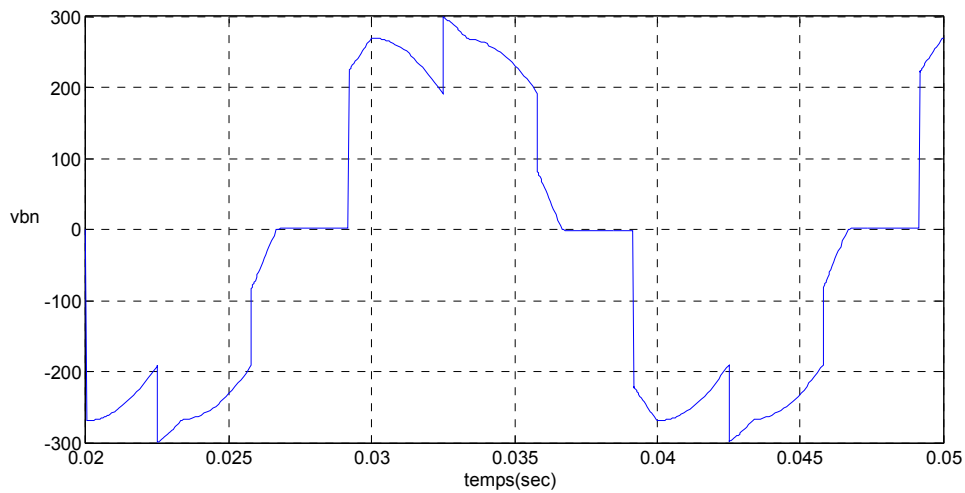
$$V_3 = V_m \sin(\theta + 4\pi/3)$$

Courbes des tension de Van :



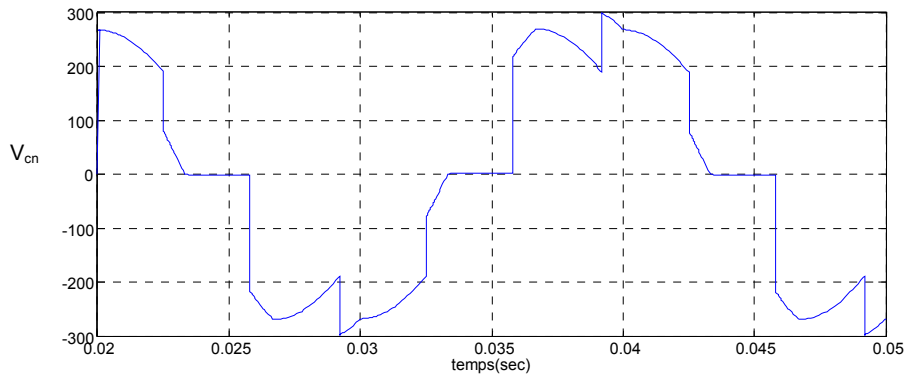
La figure II.3, représente tension de charge V_{an}

Courbes des tension de Vbn :



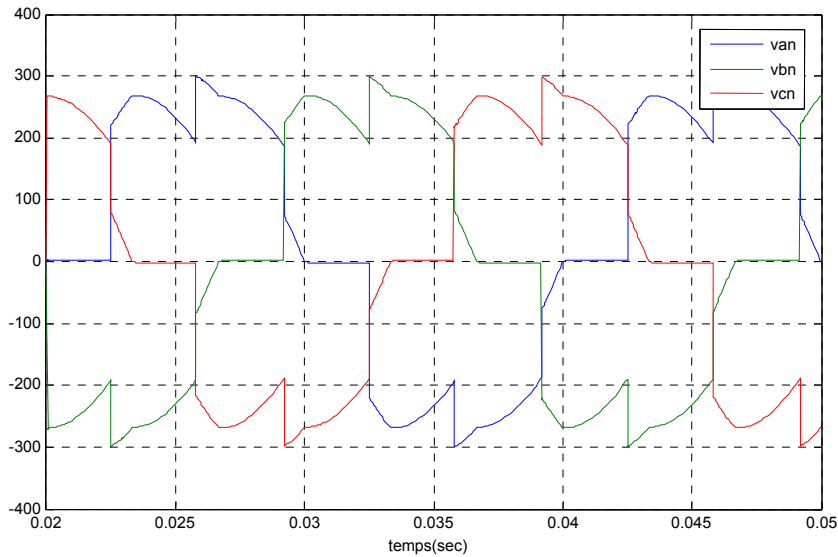
La figure II.4, représente tension de charge (V_{bn})

Courbes des tension de Vcn :



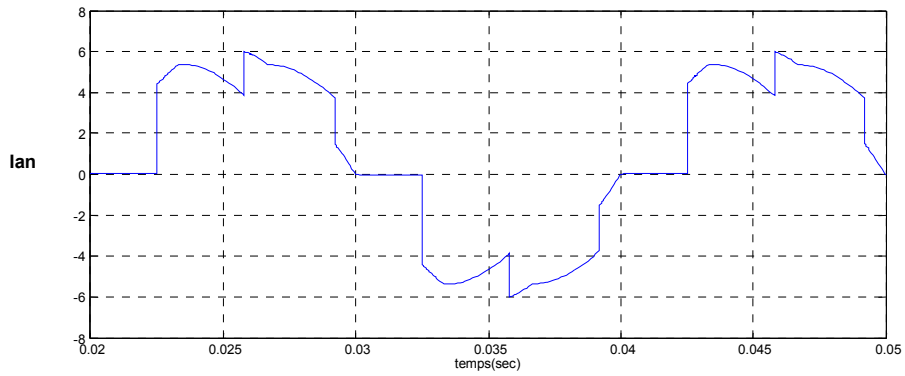
La figure II.5,représente tension de charge (Vcn)

Courbes des tension de Van ,V bn et Vcn :

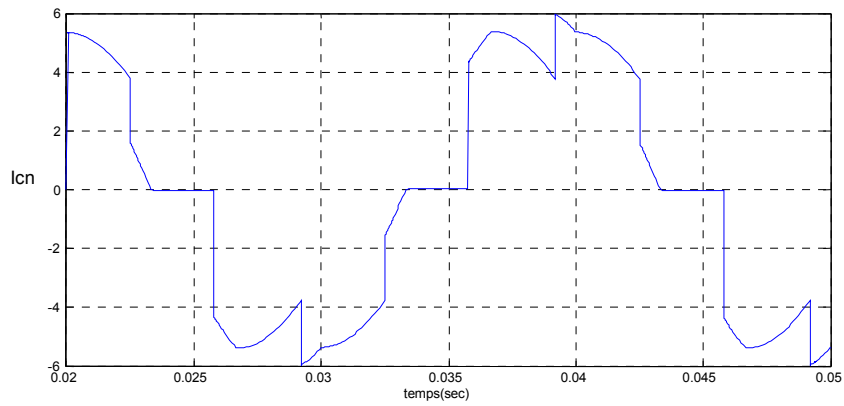


La figure II.6, représente tension de charge (Van,Vbn,Vcn)

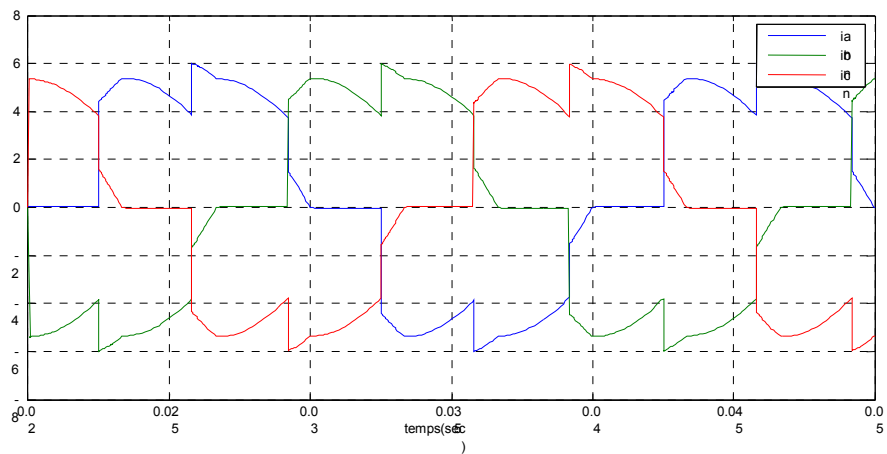
Courbes des courants (I_{an} , I_{bn} , I_{cn}) :



La figure II.7,représente courant de la charge I_{bn}

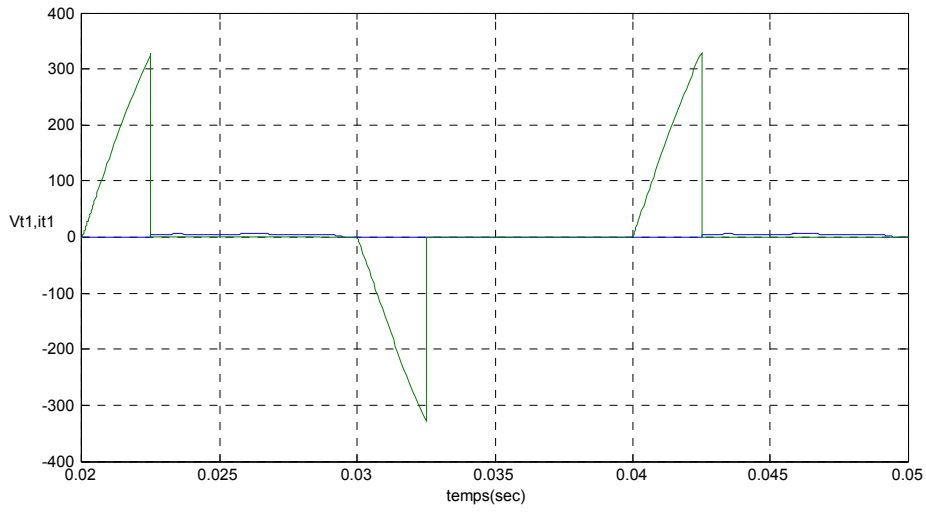


La figure II.8. représente courant de la charge (I_{cn})



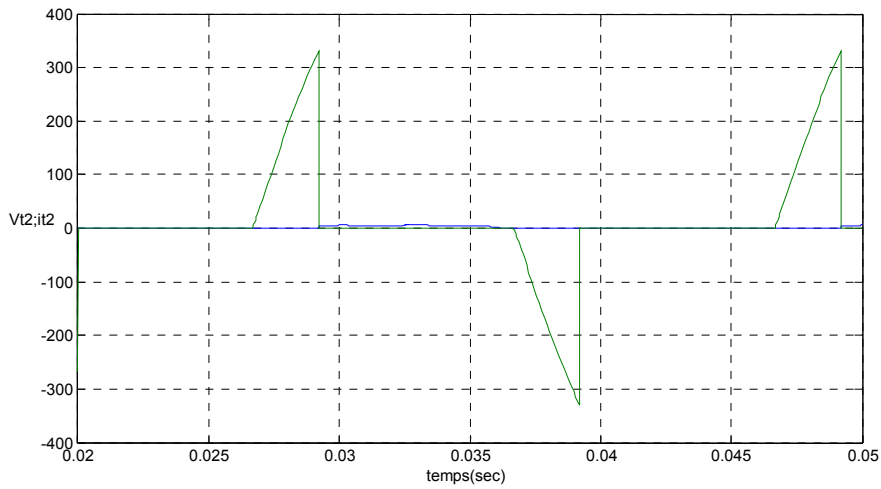
La figure II.9. représente le courants de charge (I_{an} , I_{bn} , I_{cn}):

Courbes des tension de gradateur VT1:



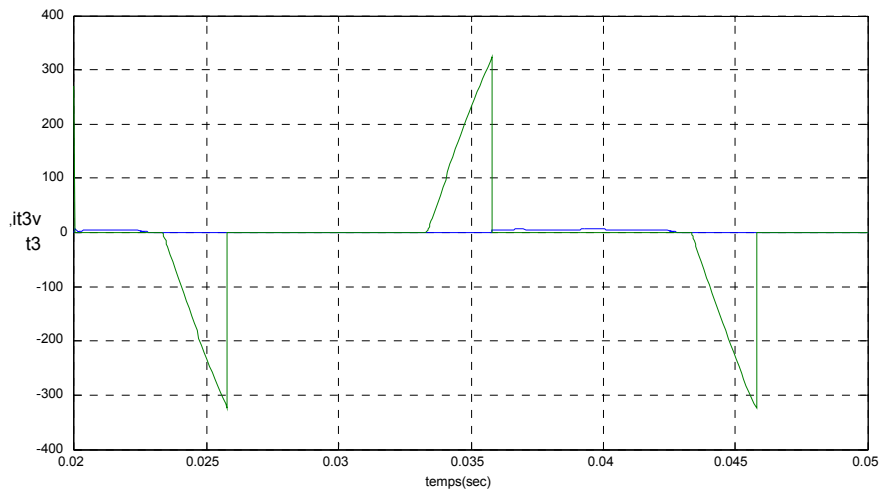
La figure II.10 . représente la tension de thyristor 1(Vt1)

Courbes des tension de gradateur VT2 :



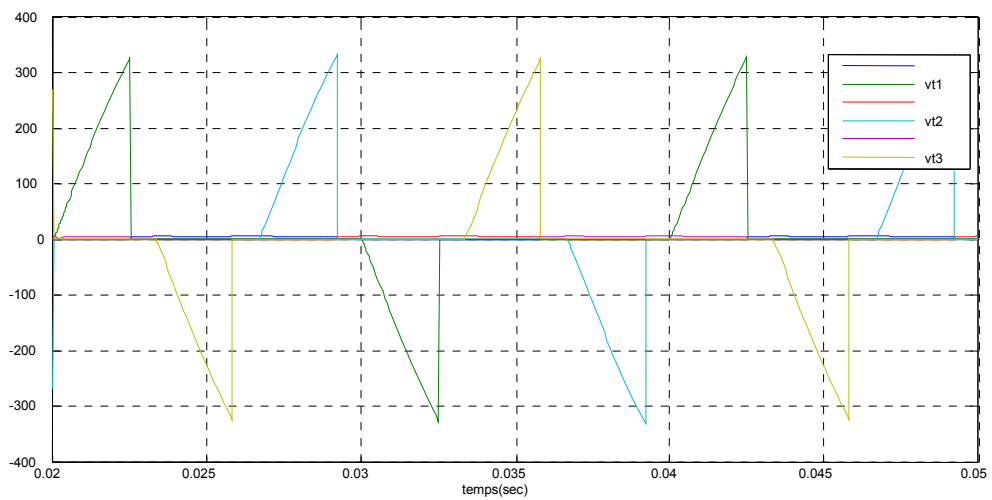
La figure II.11. représente la tension et courant de charge de thyristor 2(Vt2)

Courbes des tension de gradateur VT3 :



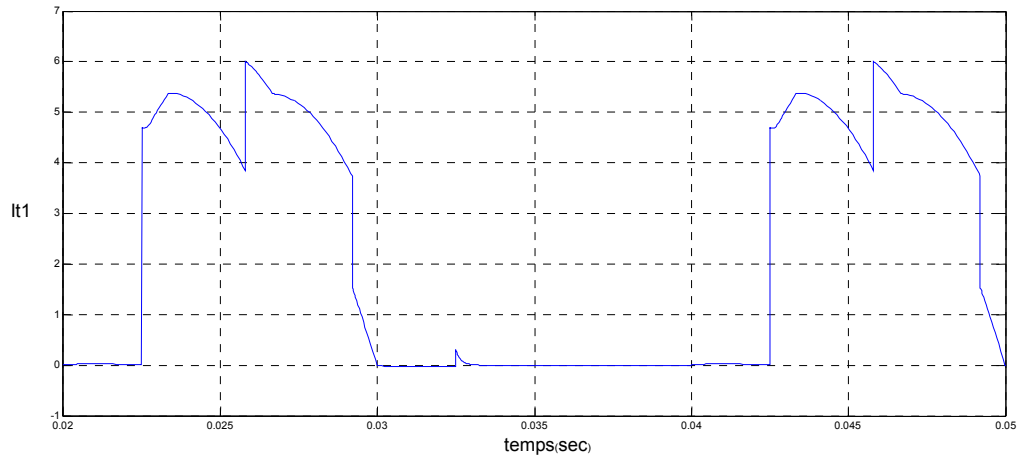
La figure II.12. représente la tension et courant de charge de thyristor3(Vt3)

Courbes des tensions de gradateur VT1,VT1 et VT3 :

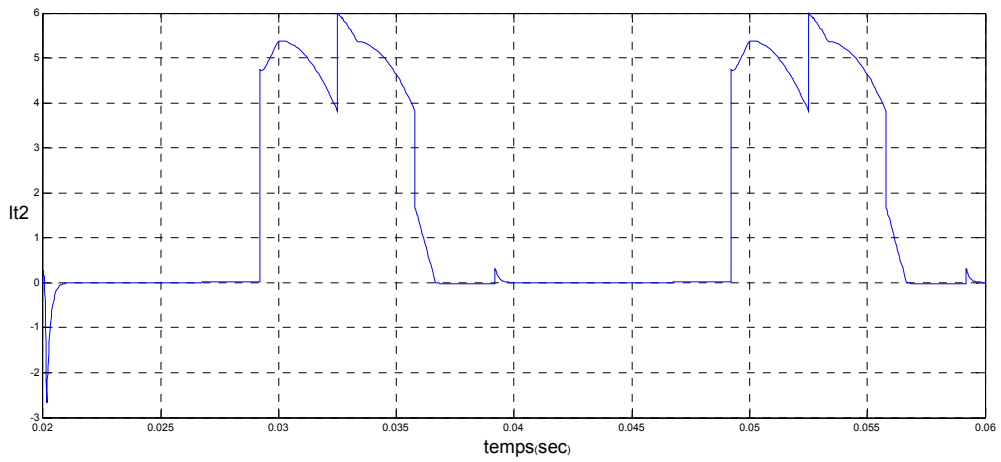


La figure II.13. représente la tension de thyristor (Vt1,Vt2,Vt3)

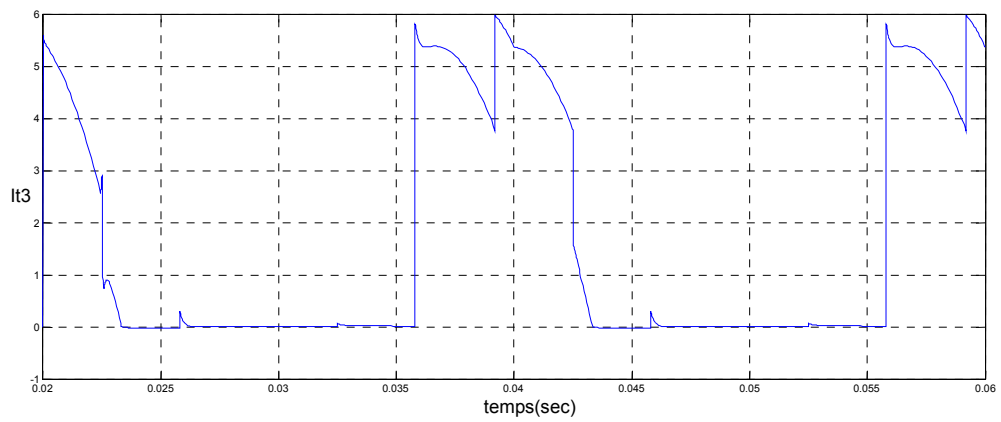
Courbes des courants de thyristor (I_{t1} , I_{t2} , I_{t3}):



La figure II.14. représente la courant de thyristor (I_{t1})



La figure II.15. représente la courant de thyristor (I_{t2})



La figure II.16. représente la courant de thyristor (I_{t3})

II. 5. Les chronogrammes de fonctionnement des gradateurs :

Ce mode est caractérisé par la conduction de 2 ou 3 éléments pour toute la période.

- 1^{er} mode : $0 \leq \alpha < \pi/3$
- 2^{eme} mode : $\pi/3 \leq \alpha < \pi/2$
- 3^{eme} mode : $\pi/2 \leq \alpha < 5\pi/6$

- L'angle d'amorçage α est mesuré à partir de passage par zéro de chaque tension simple .

II. 6. Cas 1: $\alpha = 45^\circ$:

- $(0, \alpha)$: $T5, T6$ conduits $\Rightarrow V_{an} = 0$
- $(\alpha, \frac{\pi}{3})$: $T1, T6$ et $T5$ conduits $\Rightarrow V_{an} = V_a$, la charge triphasée est symétrique (équilibré).
- $(\frac{\pi}{3} + \alpha, \frac{2\pi}{3})$: $T1, T2, T6$ conduits $\Rightarrow V_{an} = V_a$.
- $(\frac{2\pi}{3}, \frac{2\pi}{3} + \alpha)$: $T1, T2$ conduits $\Rightarrow V_{an} = \frac{V_{ac}}{2}$.
- $(\frac{2\pi}{3} + \alpha, \pi)$: $T1, T2, T3$ conduits $\Rightarrow V_{an} = V_a$.

$$p = 3RI_{ceff}^2 \text{ avec } I_{ceff}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_c^2(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi I_c^2(\theta) d\theta = \sum_{i=1}^5 I_{ceff}^2 \quad [II.1]$$

$$I_{c1eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_\alpha^{\pi/3} \frac{V_m^2}{R^2} \sin^2(\theta) d\theta \quad [II.2]$$

$$I_{c2eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi/3+\alpha} \frac{V_m^2}{4R^2} (\sin(\omega t + \pi/6))^2 d\theta \quad [II.3]$$

$$I_{c3eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3+\alpha}^{2\pi/3} \frac{V_m^2}{R^2} \sin^2 \theta d\theta \quad [II.4]$$

$$I_{c4eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{2\pi/3}^{2\pi/3+\alpha} \frac{V_m^2}{4R^2} (-\sin(\omega t - \pi/6))^2 d\theta \quad [II.5]$$

$$I_{c5eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{2\pi/3+\alpha}^\pi \frac{V_m^2}{R^2} \sin^2(\theta) d\theta \quad [II.6]$$

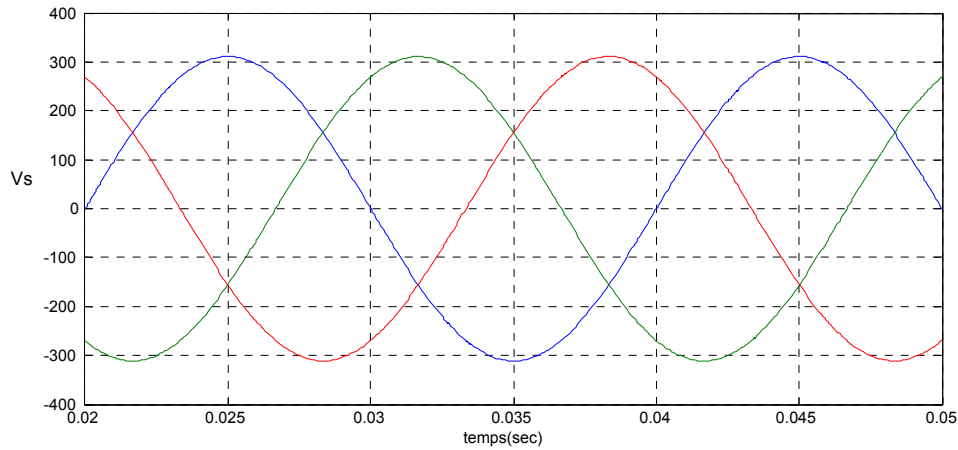
$$P = 9 \frac{V_m^2}{\pi R} \left(\pi/6 - \frac{\alpha}{4} - \sin \frac{2\alpha}{8} \right). [II.7] \quad [03]$$

➤ II .7.Mode: $2(\pi/3t\text{to}\pi/2)$:

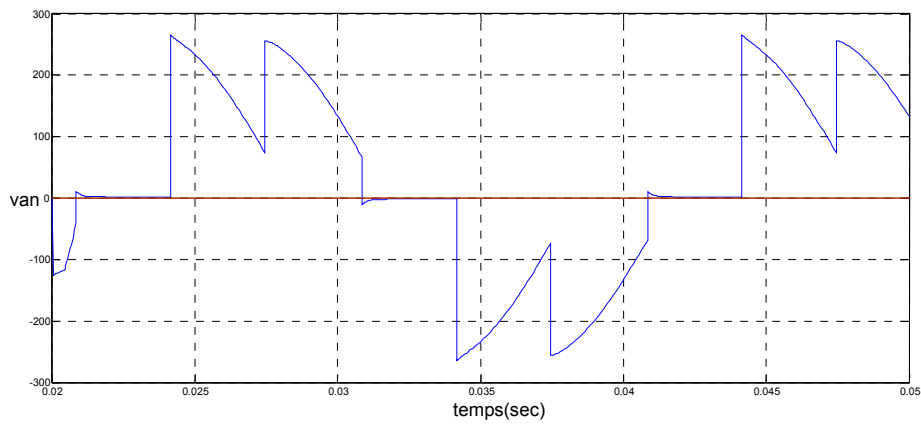
Pour 2^{er} mode de conduction: $\pi/3 < \alpha < \pi/2 : \alpha = 75^\circ$

Courbes des tensions de source :

La figure II.17. représente la tension d'alimentation du gradateur, c'est une tension triphasée équilibrée

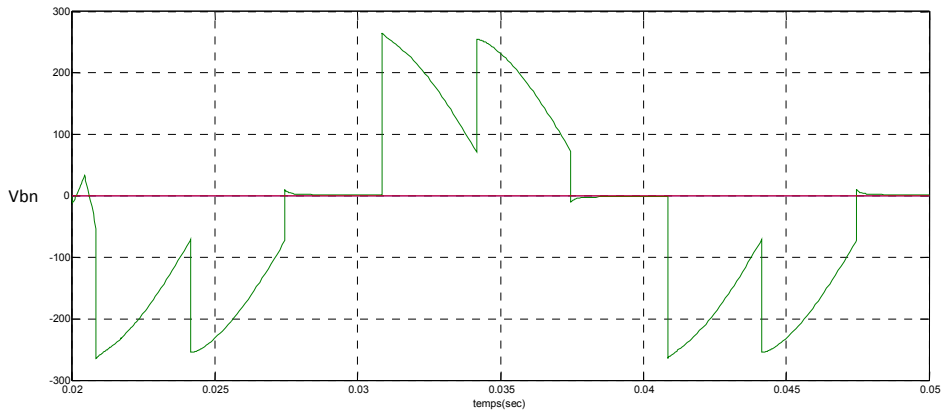


Courbes des tension de Van :



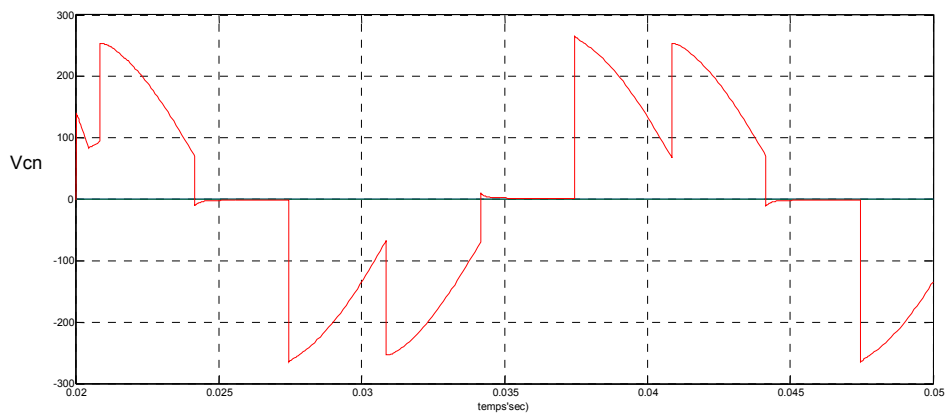
La figure II.18 . représente la tension de la charge de (Van)

Courbes des tension de Vbn :



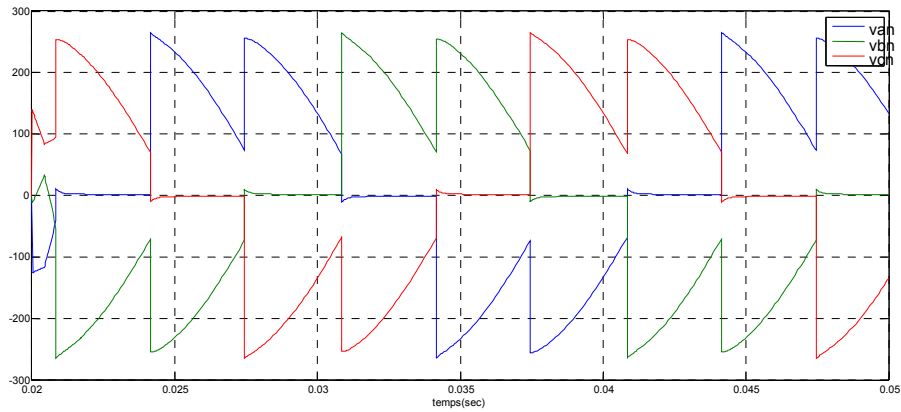
La figure II.19 . représente la tension de la charge (Vbn)

Courbes des tension de Vcn :



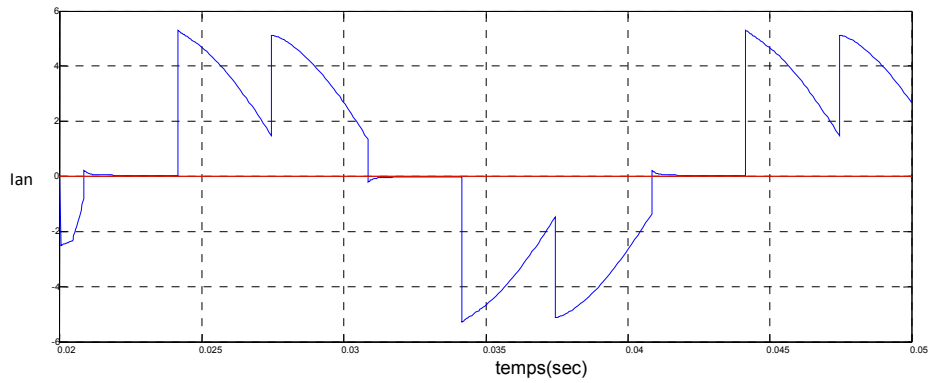
La figure II.20. représente la tension de la charge (Vcn)

Courbes des tensions de Van, Vbn, Vcn:



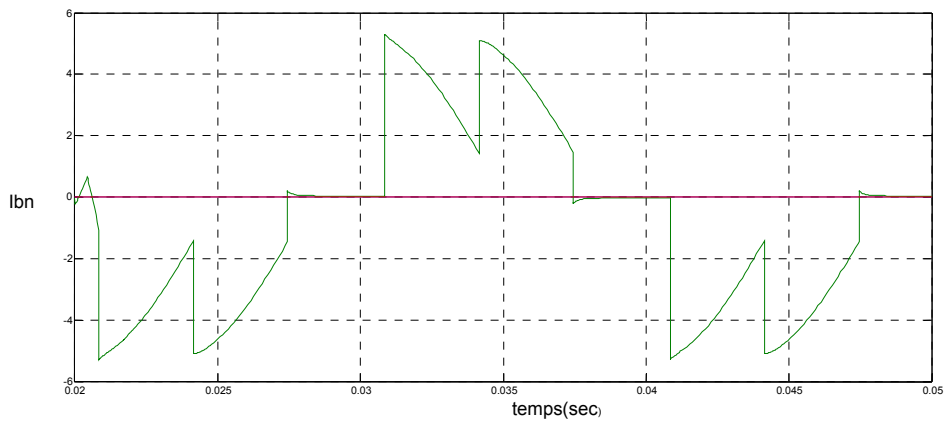
La figure II.21. représente tensions de la charge (V_{an}, V_{bn}, V_{cn})

Courbes des courant de I_{an} :



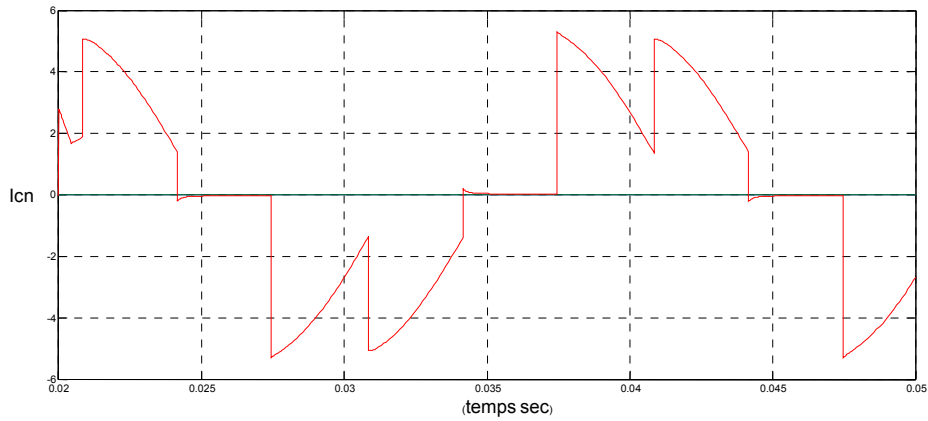
La figure II.22. représente le courant de la charge (I_{an})

Courbes des courant de I_{bn} :



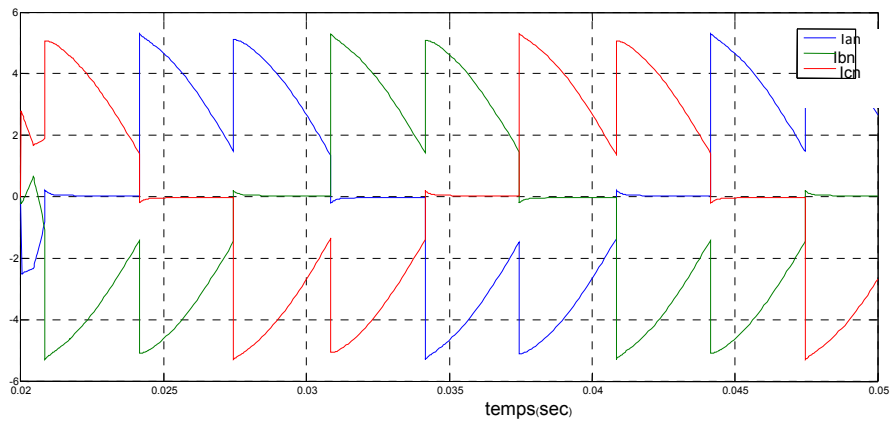
La figure II.23. représente le courant de la charge (I_{bn})

Courbes des courant de I_{cn} :



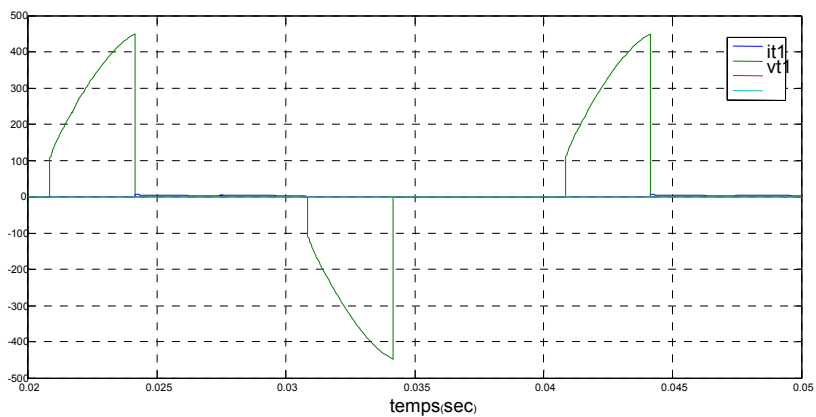
La figure II.24. représente le courant de la charge (I_{cn})

Courbes des courants de la charge (I_{an} , I_{bn} , I_{cn}):



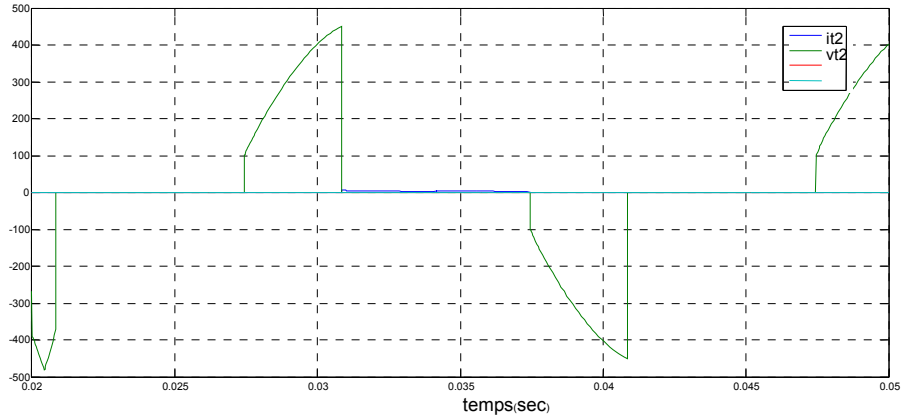
La figure II.25. représente courant de charge trois phase (I_{an} , I_{bn} , I_{cn})

Courbes des tension de V_{t1} , i_{t1} :



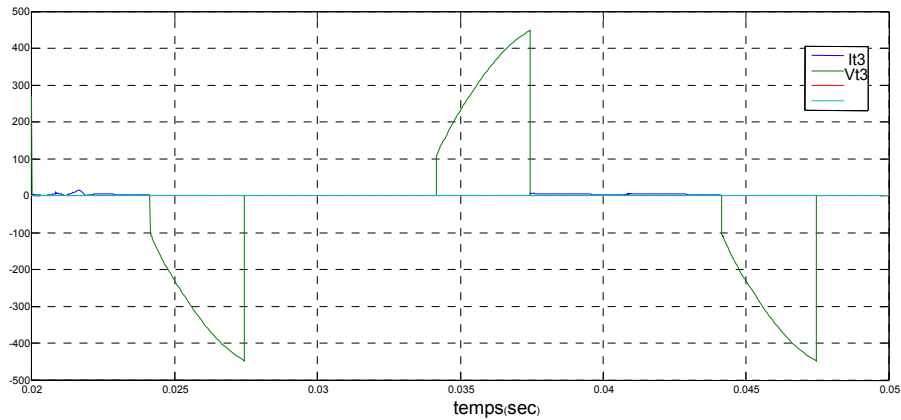
La figure II.26. représente la tension de thyristor 1(V_{t1})

Courbes des tension de V_{t2} , I_{t2} :



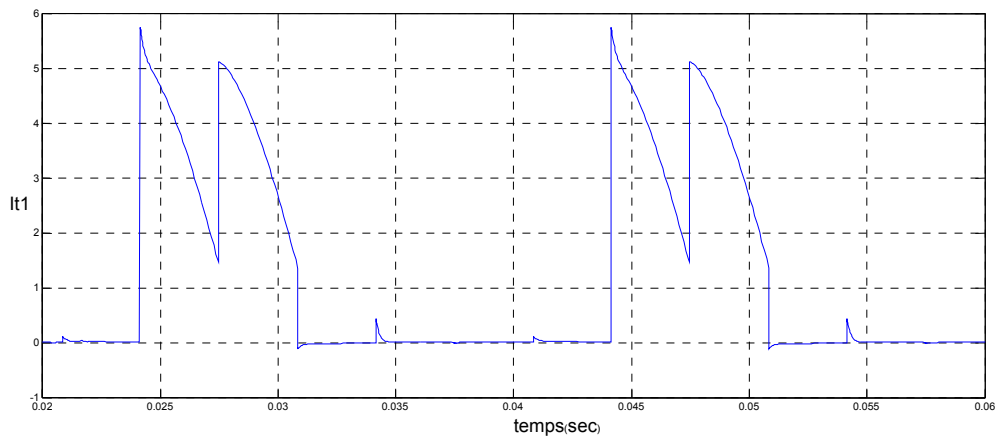
La figure II.27 . représente la tension de thyristor 2(V_{t2})

Courbes des tension de V_{t3}, I_{t3} :

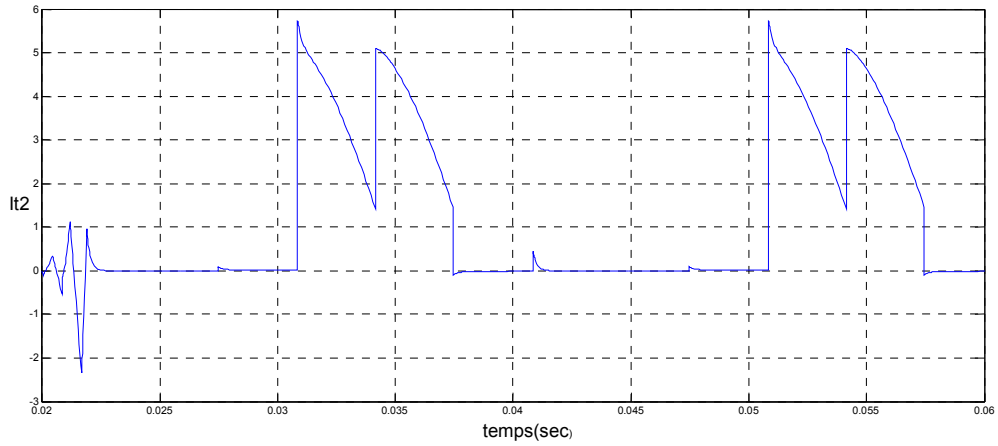


La figure II.28. représente la tension de thyristor 3(V_{t3})

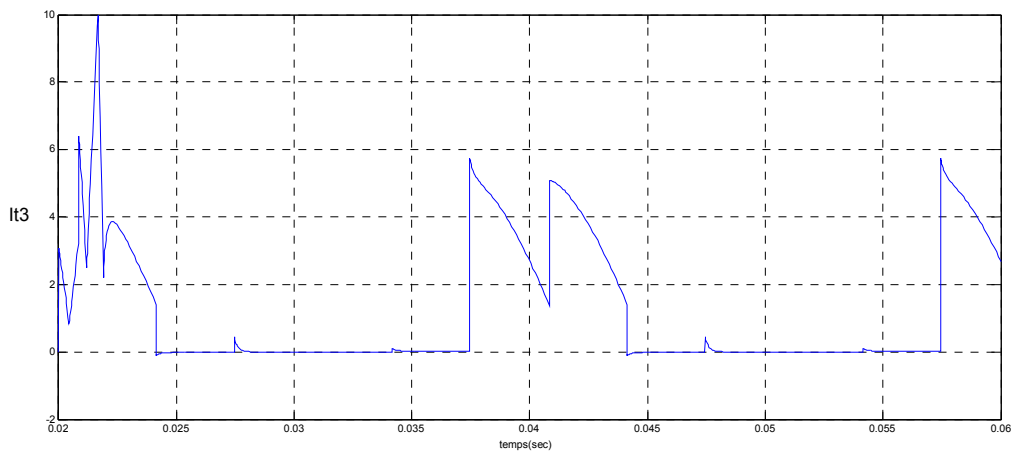
Courbes des courants de thyristor (I_{t1} , I_{t2} , I_{t3}):



La figure II.29. représente la courant de thyristor (I_{t1})

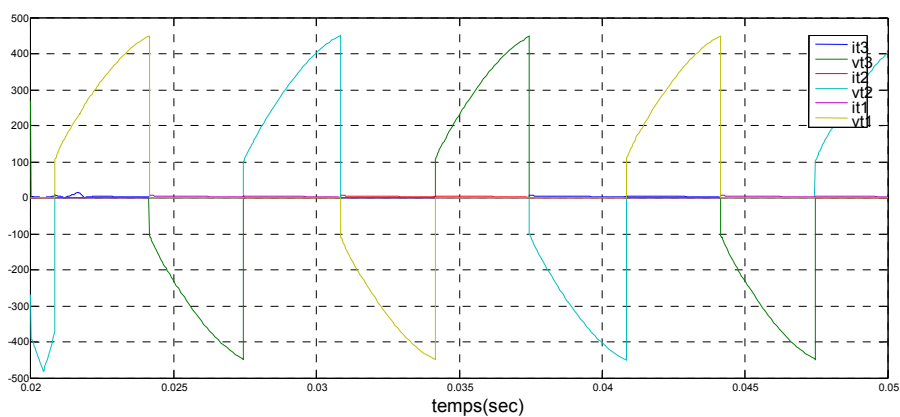


La figure II.30. représente la courant de thyristor (It2)



La figure II.31. représente la courant de thyristor (It3)

Courbes des tensions et les courants(Vt1,Vt2, Vt3 ,It1,t2,t3):



La figure II.32. représente la tension et le courant de thyristor (1,2,3)

II. 8.Cas 2: $\alpha = 75^\circ$:

La puissance dissipée par la charge :

$$P = 3RI_{eff}^2 = \frac{3u_{eff}^2}{R} \quad [II.8]$$

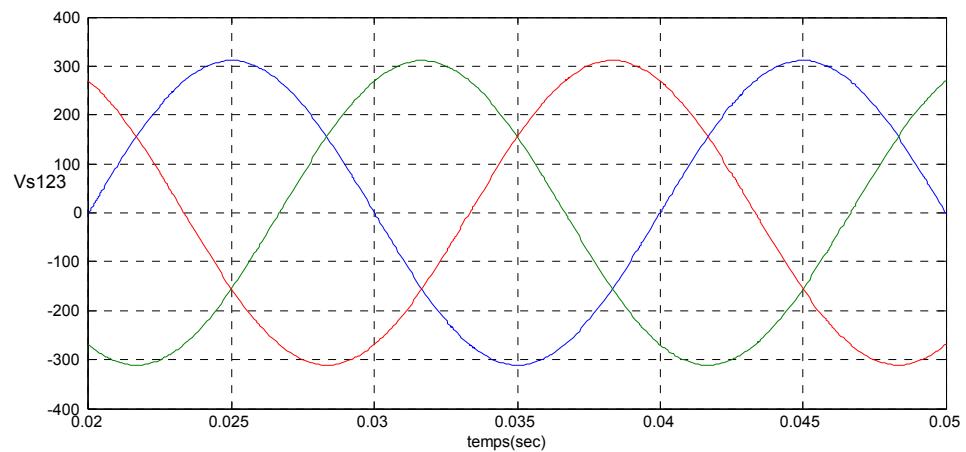
$$u_{ceff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi u_c^2(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} \int_\alpha^{\pi/3+\alpha} V_{ab}^2/2(\theta) d\theta + \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3+\alpha}^{2\pi/3+\alpha} V_{ac}^2/2(\theta) d\theta \quad [II.9]$$

$$P = 9 \frac{V_m^2}{\pi R} \left(\pi/12 - \frac{\alpha}{4} - 3 \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} + (\sqrt{3}/16) \cos 2\alpha \right) \quad [II.10] \quad [03]$$

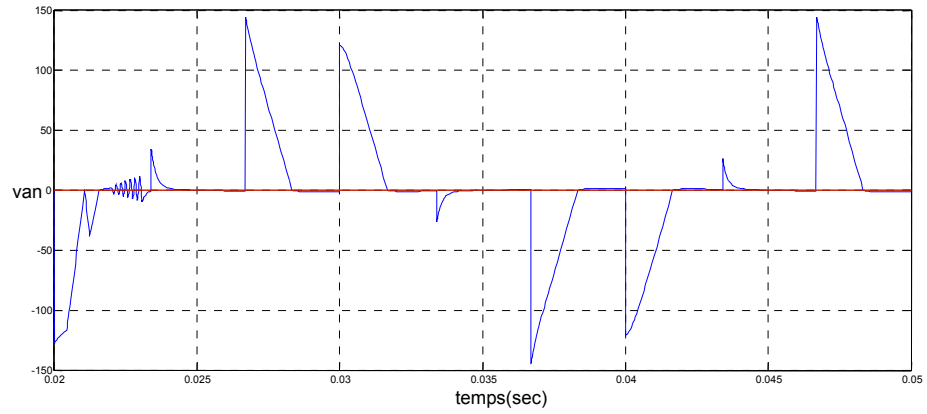
II.9. Mode: $3(\pi/2 \text{ à } 5\pi/3)$: $\alpha = 120^\circ$

Courbes des tensions de source :

La figure II.33. représente la tension d'alimentation du gradateur, c'est une tension triphasée équilibrée

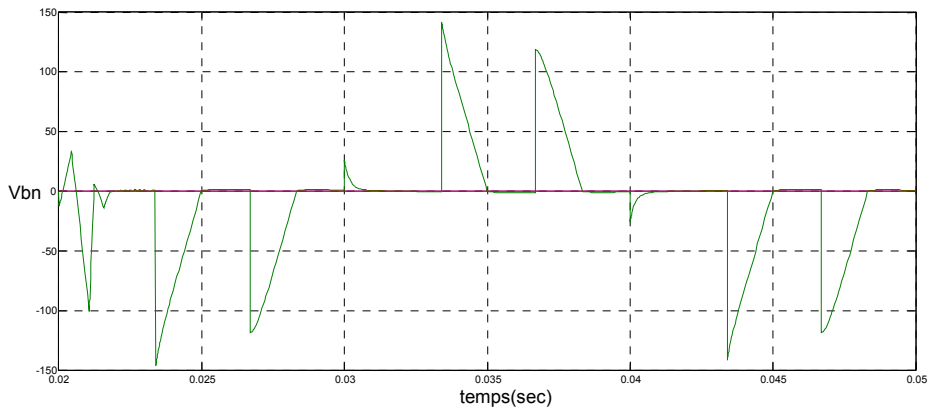


Courbes des tension de Van:



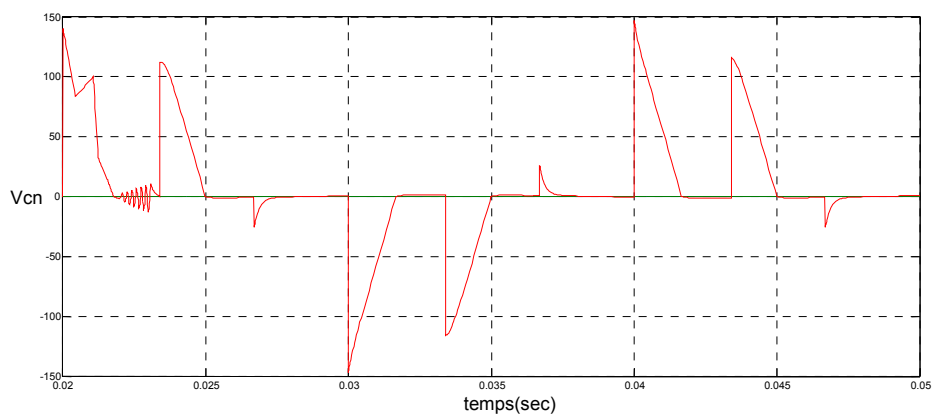
La figure II.34 . représente la tension de la charge de (V_{an})

Courbes des tension de V_{bn} :



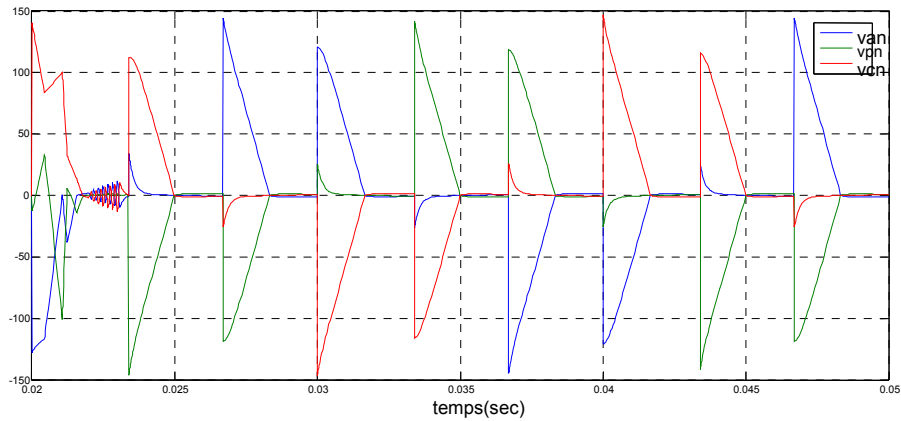
La figure II.35 . représente la tension de la charge de (V_{bn})

Courbes des tension de V_{cn} :



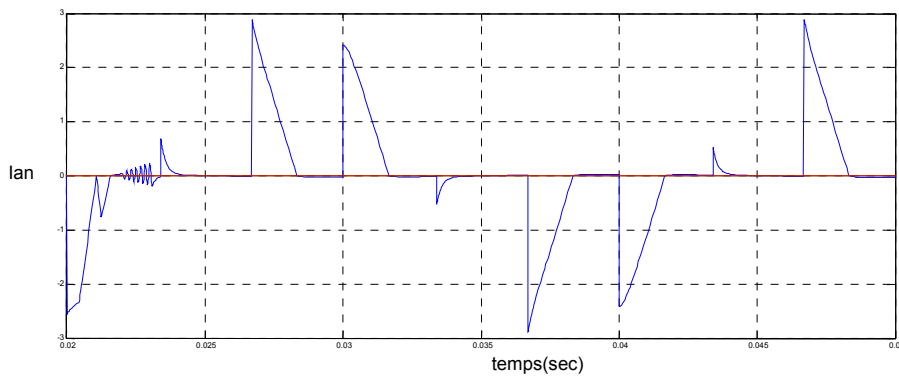
La figure II.36 . représente la tension de la charge de (V_{cn})

Courbes des tensions de (V_{an} , V_{bn} , V_{cn}):



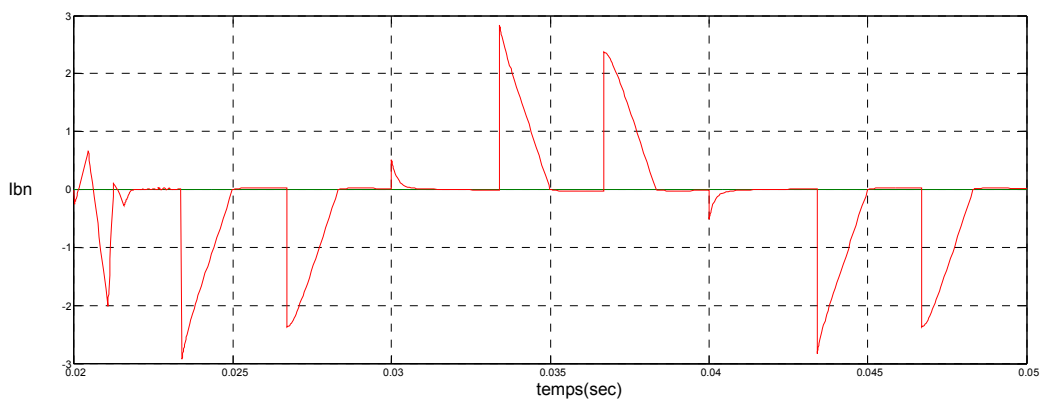
La figure II.37 . représente la tension de la charge de (V_{an} , V_{bn} , V_{cn})

Courbes des courant de I_{an} :



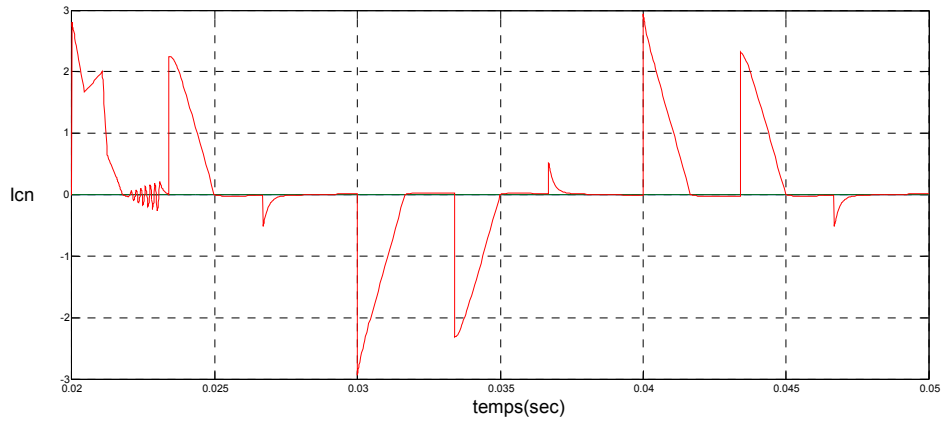
La figure II.38 . représente le courant de la charge (I_{an})

Courbes des courant de I_{bn} :



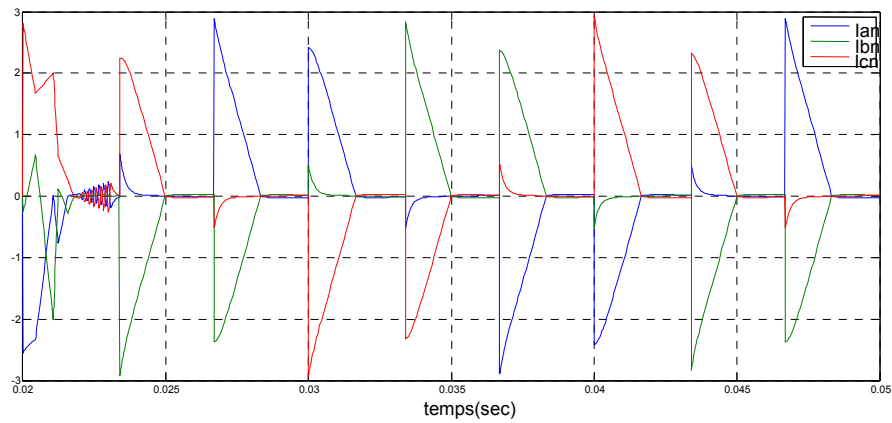
La figure II.39. représente le courant de la charge (I_{bn})

Courbes des courant de I_{cn} :



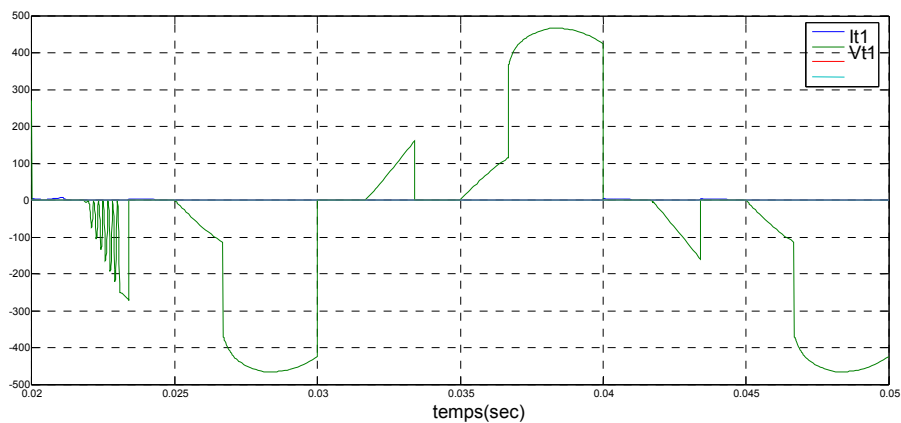
La figure II.40 . représente le courant de la charge (I_{cn})

Courbes des courants de (I_{an} , I_{bn} , I_{cn}) :



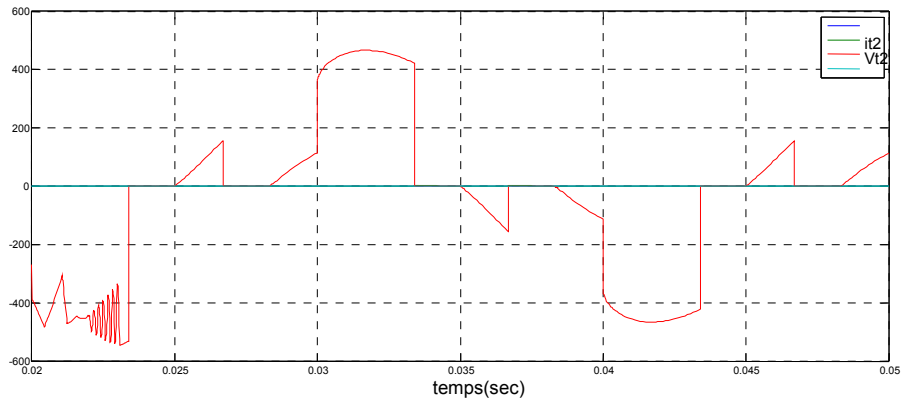
La figure II.41. représente le courant de la charge (I_{an}, I_{bn}, I_{cn})

Courbes des tension de V_{t1}, I_{t1} :



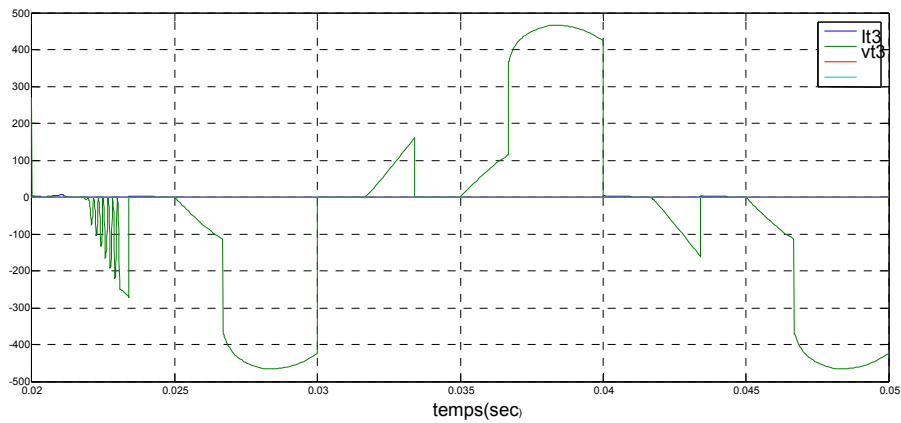
La figure II.42 . représente la tension de thyristor 1(V_{t1})

Courbes des tension de V_{t2}, I_{t2} :



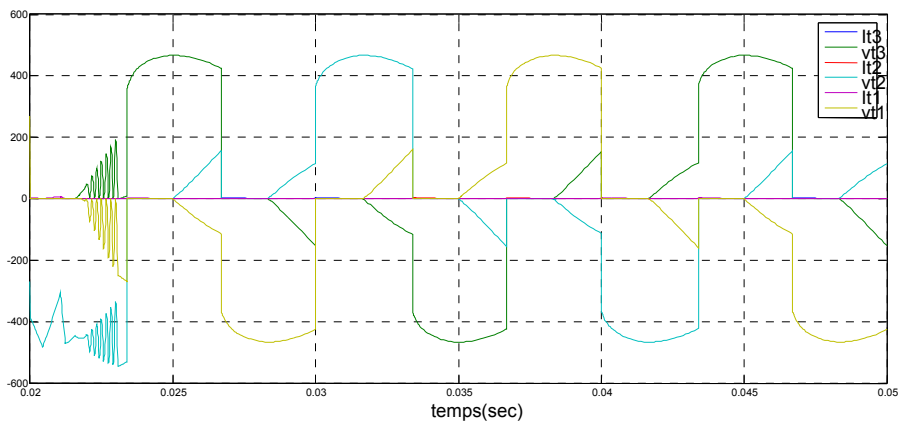
La figure II.43 . représente la tension de thyristor 2(Vt2)

Courbes des tension de Vt3,It3



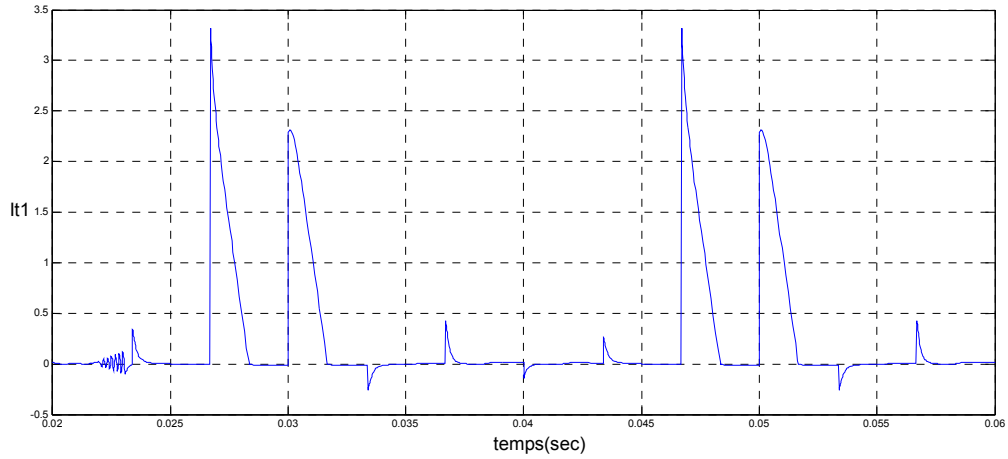
La figure II.44. représente la tension de thyristor 3(Vt3)

Courbes des tension et les courants(Vt1,Vt2, Vt3 , It1 ,It2 ,It3) :

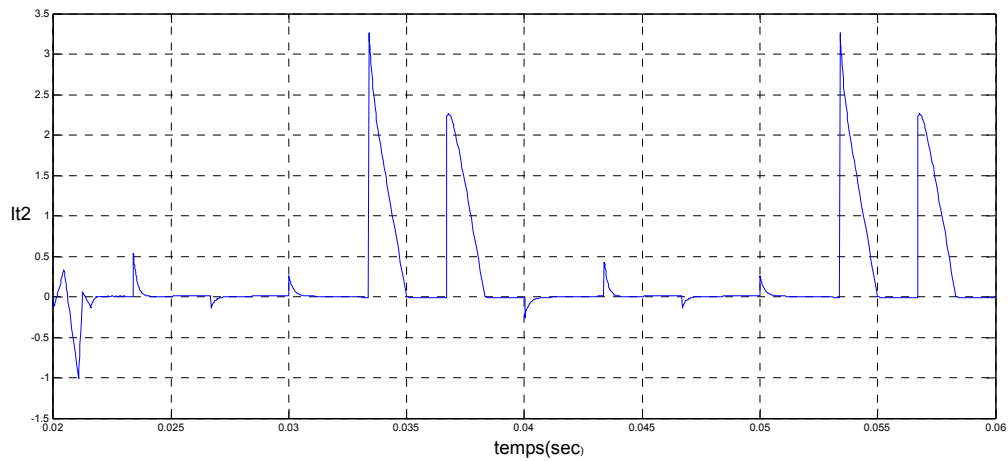


La figure II.45. représente la tension de thyristor 1.2.3

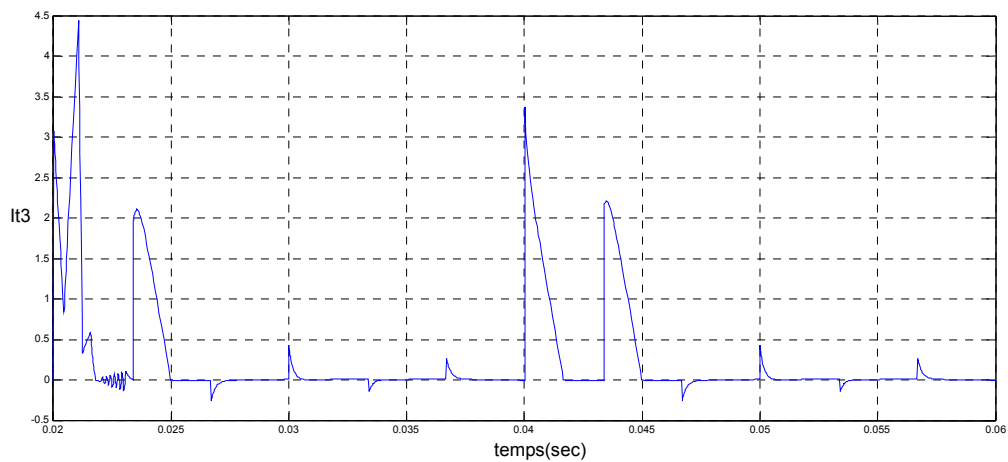
Courbes des courants (It1, It2 , It3):



La figure II.46. représente la courant de thyristor 1(I_{t1})



La figure II.47. représente la courant de thyristor2 (I_{t2})



La figure II. 48. représente la courant de thyristor3 (I_{t3})

II.10.Cas 3: $\alpha = 120^\circ$:

Explique tous :

$$p = 3RU_{ceff}^2 \approx 3 U_{ceff}^2/R \text{ [II.11]}$$

$$u_{eff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{5\pi/6} \left(\frac{V'_{ab}}{2}\right)^2 d\theta + \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3+\alpha}^{7\pi/6} \left(\frac{V'_{ac}}{2}\right)^2 d\theta \text{ [II.12]}$$

$$P = 9 \frac{V_m^2}{\pi R} \left(5\pi/24 - \frac{\alpha}{4} + 1/16 \sin 2\alpha + (\sqrt{3}/16) \cos 2\alpha \right). \text{ [II.13] [03]}$$

II.11. Conclusion :

Enfin le gradateur est un convertisseur utilisé pour fournir des tensions de valeurs efficaces réglables. Ses applications ont triphasés sont donc diverses : variation de puissance à incandescence variation de vitesse d'un moteur asynchrone....

Conclusion Générale

Enfin, le gradateur est un convertisseur utilisé pour fournir des tensions de valeurs efficaces réglables.

Ses applications sont donc diverses : variation de puissance d'une résistance de chauffe, variation d'intensité lumineuse d'une lampe à incandescence variation de vitesse d'un moteur asynchrone.

Le travail présenté dans ce mémoire est axé sur l'analyse du fonctionnement des différents types de gradateurs. Dans ce contexte l'étude compte deux chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons définie les gradateurs monophasés, les présenter et les simuler à l'aide du logiciel Matlab/Simulink, présenter et interpréter les résultats de simulation pour les charges de type de charge ohmique et inductive.

Dans Le deuxième chapitre nous avons discuté les gradateurs triphasés, et donner les schémas blocs de leur simulation, et exposer les résultats obtenus pour un seul type c'est celui en étoile qui débite sur une charge de type triphasée équilibrée à six bornes accessibles. Or ils existent pour les gradateurs triphasés diverses possibilités.

[01] P.solaz,"gradateur", www.gradateur (AC/AC).com.

[02] "Les gradateurs", www.gradateurs triphasés .com.

[03] L . zelloma ,"Électroniques de puissance",cours1^{ere} master électrotechnique; université de chahide Hama lakhder El oued, 2014/2015.

[04] L'électronique de puissance - Volume 2 La conversion AC-AC
C. ROMBAUT, G. SEGUIER, R. BAUSIERE, TEC&DOC, 1986.

[05] L'électronique de puissance : les fonctions de base et leurs applications Cours et exercices résolus,
G. SEGUIER, DUNOD, 7eme édition, 1998, 424 pages.

[06]Génie électrique. du réseau au convertisseur. apprendre par l'exemple,
J.-P. COCQUERELLE, éditions TECHNIP.

[07] Norme européenne, Norme française, NF EN 61000-3-2,1er tirage, août 1995.

[04],[05],[06],[07] cette référence ne utilisé pas par nous, mais nous apprendrons a le capacité ces les références.