

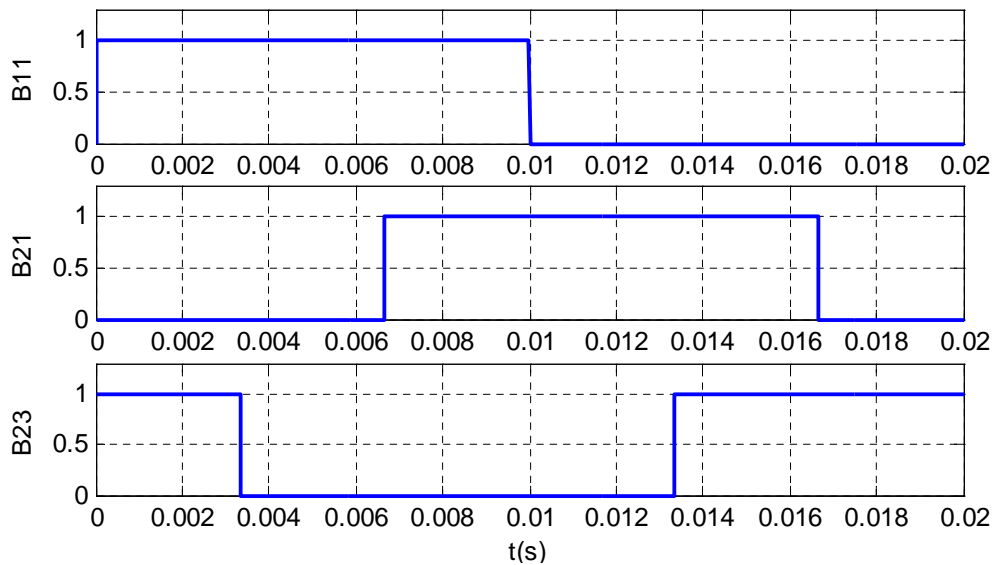
II.1. Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons étudié le modèle de fonctionnement d'un redresseur triphasé sans à priori sur la commande des interrupteurs. Afin de générer les signaux de commande pour les interrupteurs de ce dernier, nous étudierons quelques stratégies de commande on se basant sur l'analyse spectrales des harmoniques.

II.2. Différents stratégies de commande

II.2.1. Commande en pleine-onde

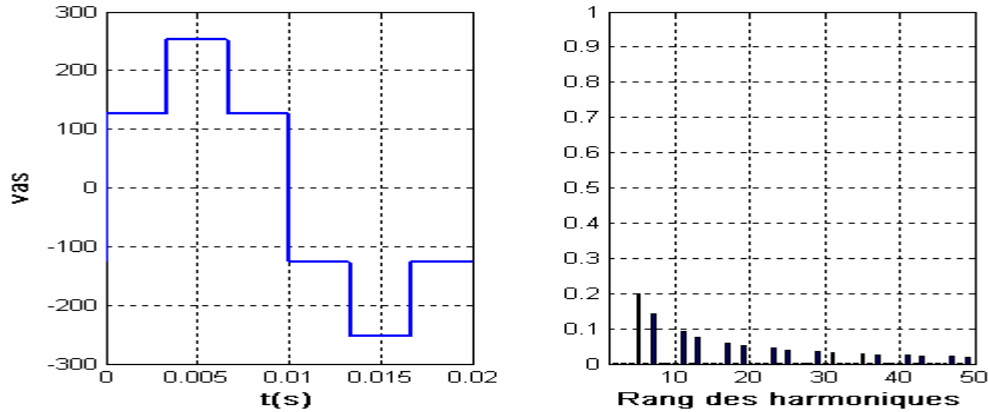
Cette commande est une commande élémentaire pour les redresseurs triphasés Pendant une période de fonctionnement du redresseur triphasé, la commande des interrupteurs est représentée par la figure suivante: [6]



**Fig(II.1): Séquences de commande des interrupteurs
d'un redresseur triphasée.**

Le spectre de tension V_1 Fig.(II-2) montre que seuls les harmoniques impaires de rang $6n \pm 1$ (n entier) existent.

Cette commande consiste de commander chaque interrupteur sur une demi période de la tension d'alimentation.



Fig(II.2): Tension V_1 de la première phase du redresseur triphasé et son spectre harmonique.

II.2.2. Commande MLI

Le principe général de cette stratégie est de comparer une tension de référence à une porteuse triangulaire ou en dent de scie. Cette stratégie est caractérisée par deux paramètres :

L'indice de modulation m est le rapport de la fréquence f_p de la porteuse à la fréquence f de la tension de référence $\left(m = \frac{f_p}{f} \right)$.

Le rapport de modulation r est le rapport de l'amplitude V_m de la tension de référence à l'amplitude V_{pm} de la porteuse $\left(r = \frac{V_m}{V_{pm}} \right)$.

Lorsque m est entier, la modulation est **synchrone** et **asynchrone** dans le cas contraire.

Les tensions de référence sont définies par : [7]

$$\begin{cases} V_{ref1} = V_m \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ V_{ref2} = V_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_{ref3} = V_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t - \frac{4\pi}{3}\right) \end{cases} \quad (II.1)$$

II.2.2.1. la caractéristique de MLI

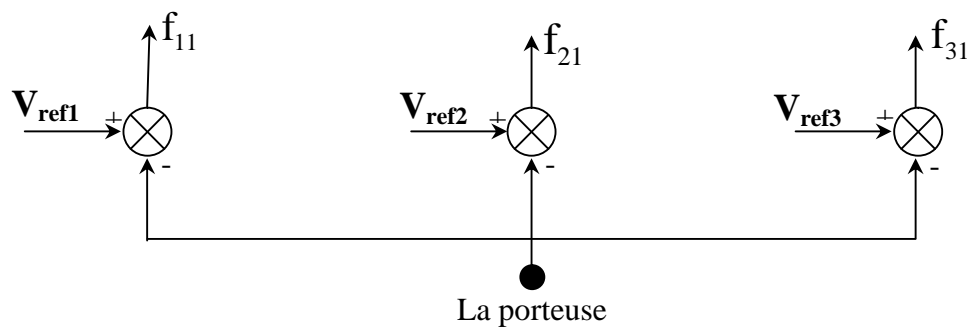
La technique de modulation de largeur d'impulsions M.L.I. en anglais. pour pulse width modulation PWM permet de reconstituer les grandeurs (tension, courant) à partir d'une

source à fréquence fixe et courant fixe par l'intermédiaire d'un convertisseur direct. La M.L.I permet de se rapprocher du signal désiré.

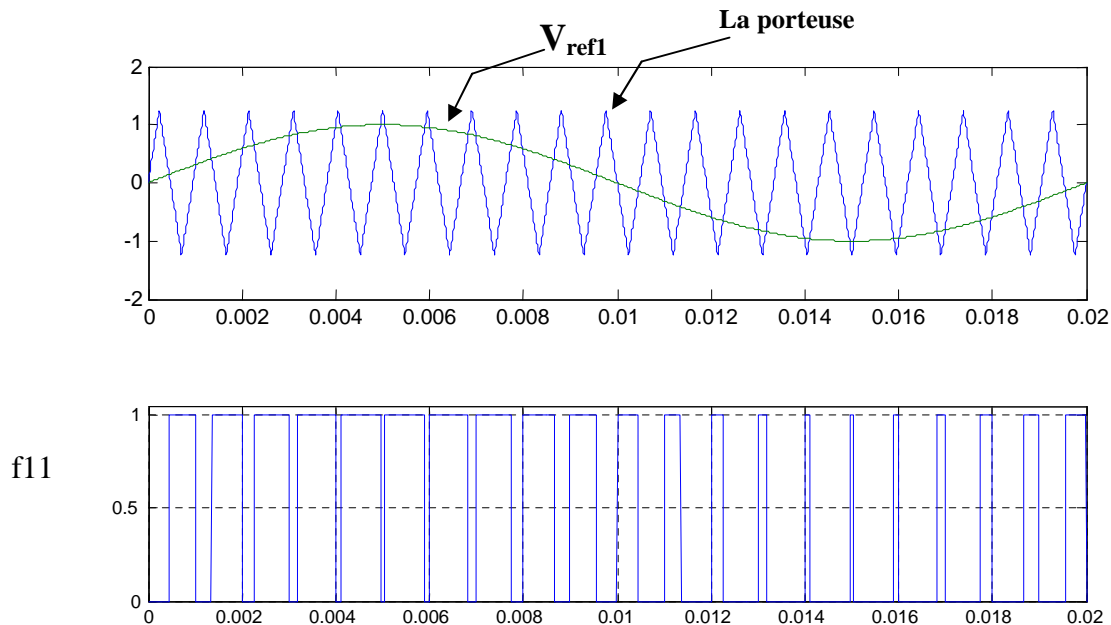
Lorsque la référence est sinusoïdale, on définit trois grandeurs caractérisent la commande:

- L'indice de modulation m égal au rapport de la fréquence de modulation sur la fréquence de référence.
- Le coefficient de réglage r en tension égal au rapport de l'amplitude de la tension de référence à la valeur crête de l'onde de modulation.
- L'angle de calage δ .

Le schéma de l'élaboration de la M.L.I est donné par la figure (II-3) [5]



Fig(II.3): Schéma de principe de calcul



Fig(II .4) : Principe de la MLI $m=21$ et $r=0,8$

II.2.2.2. Porteuse triangulaire

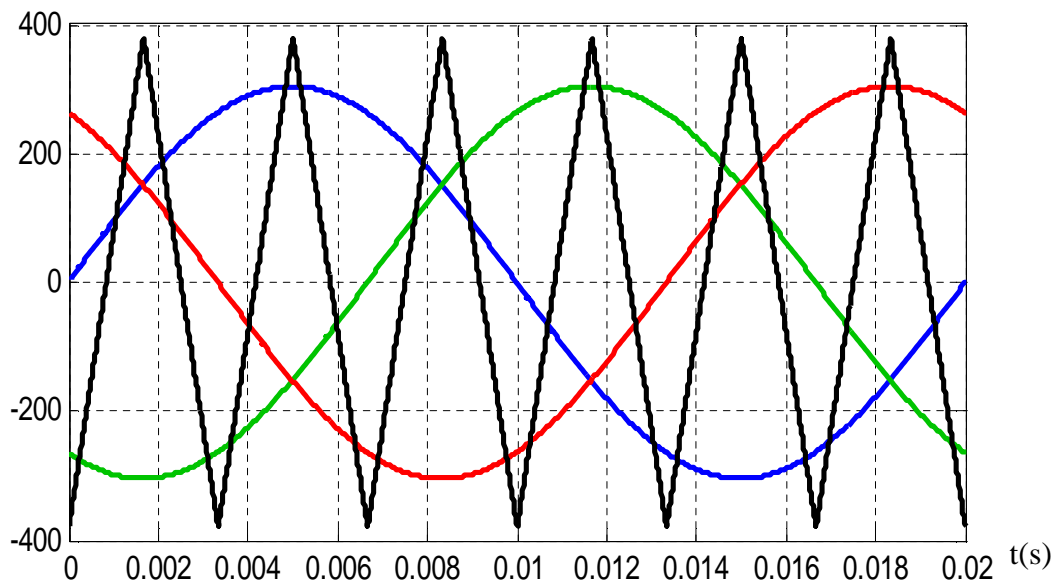
La figure (II.5) représente l'onde porteuse triangulaire et les tensions de référence pour ($m = 6$ et $r = 0.8$).

Les figures (II-6) à (II-7) montrent la tension d'entre de la première phase du redresseur pour différentes valeur de m , et son spectre harmonique.

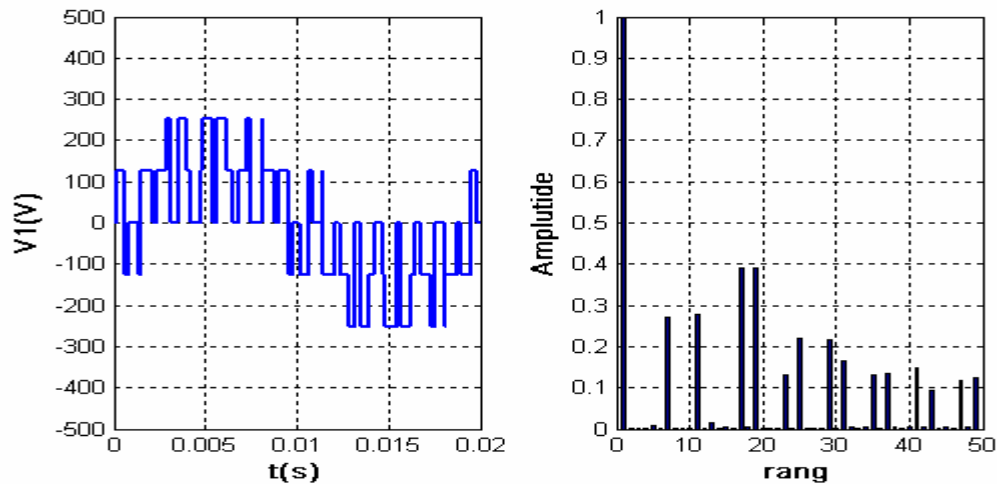
On remarque que les harmoniques de la tension se regroupent en familles centrées autour des fréquences multiples de celle de la porteuse $f_p = m.f$.

La première famille centrée autour de la fréquence $2m \pm 1$ est la plus importante du point de vue amplitude, dans notre cas l'harmonique 9 est nul.

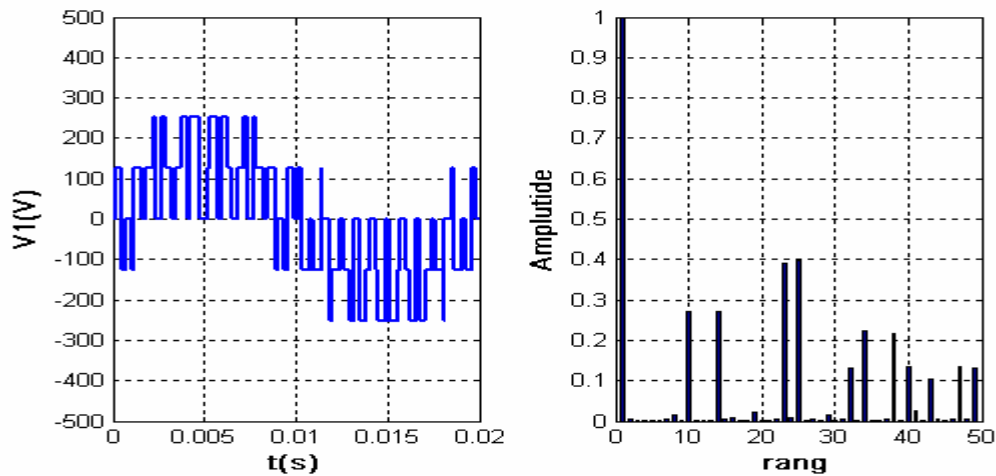
On remarque bien lorsque on augmente la valeur de m ($m=15$) que les harmonique les plus gênants sont repoussés vers des fréquence élevées ce qui facilite le filtrage et la même chose que le cas $m=9$ seuls les harmonique de rang $6k \pm 1$ existent et les harmonique paire et impairs de rang multiple de trois sont nuls. Et les harmonique qui restent se regroupent en familles centrées autour des fréquences multiples de $f_p = m.f$. la figure(II-7) illustre bien l'existence des harmoniques pairs et impairs lorsque on choisi une valeur pair de m ($m=12$).



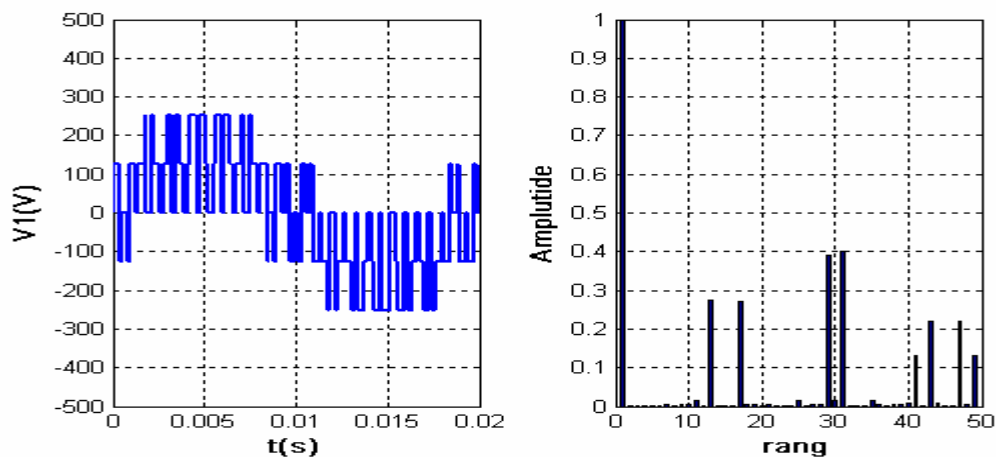
**Fig(II.5):Stratégie de commande triangulo-sinusoidale,
Pour $m = 6$, $r = 0.8$.**



Fig(II.6): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=9, r=0.8$).



Fig(II.7): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=12, r=0.8$).



Fig(II.8): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=15, r=0.8$).

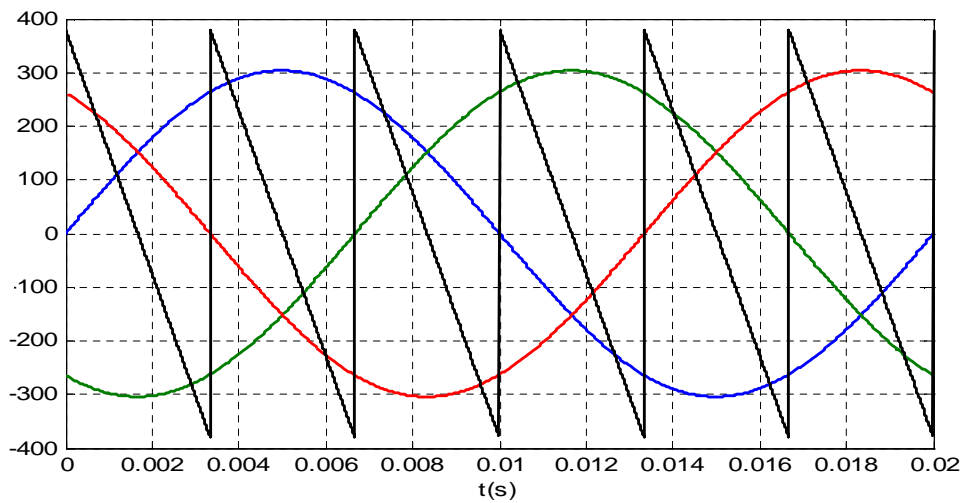
II.2.2.3. Porteuse en dent de scie

La figure (II-9) représente la porteuse en dent de scie pour ($m=6$, $r=0.8$) avec les tensions de référence qui caractérisent cette stratégie.

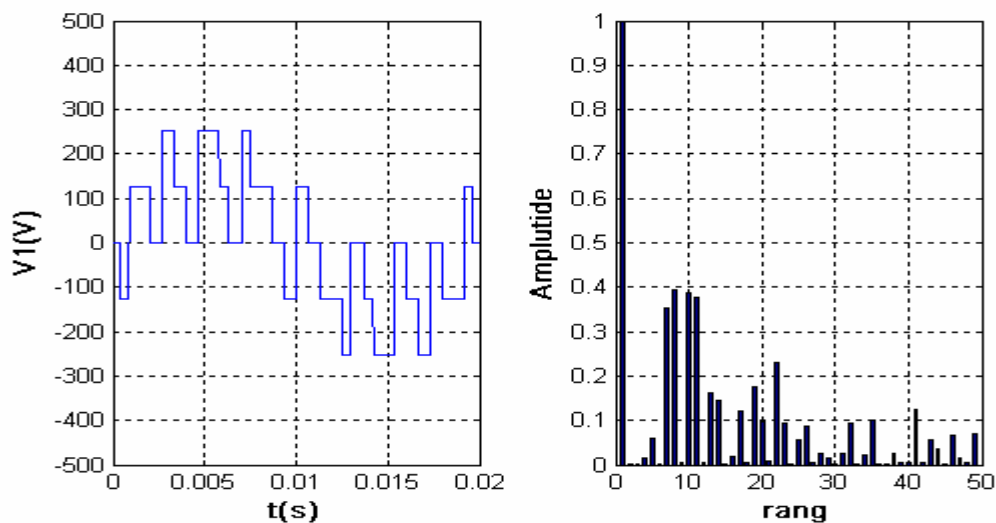
Les figures (II-10) à (II-11) et (II-12) et (II-13) montrent la tension V_1 pour un indice de modulation vont 9,12,15,36 respectivement et $r=0.8$:

On remarque que les harmoniques de la tension se regroupent en familles centrées autour des fréquences multiples de celle de la porteuse $f_p=m.f$.

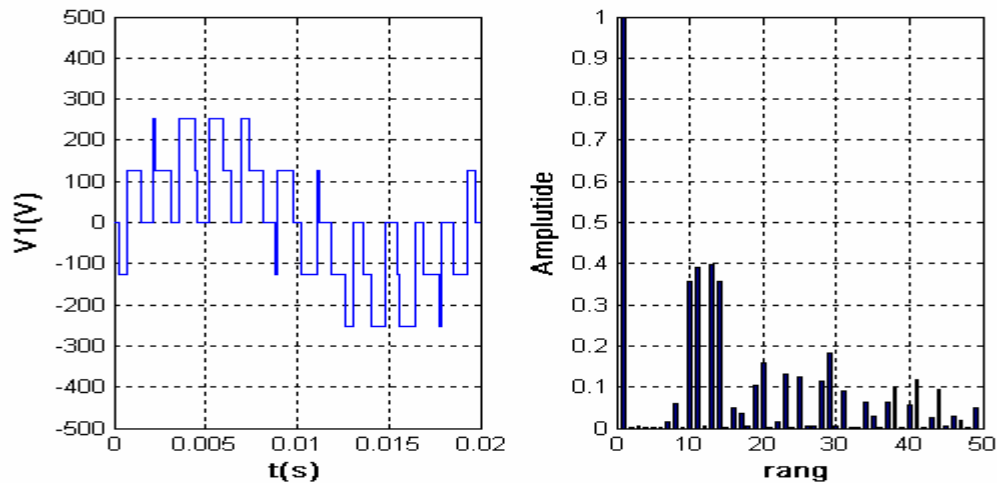
On remarque bien lorsque on augmente la valeur de m La première famille de harmonique est à nul .



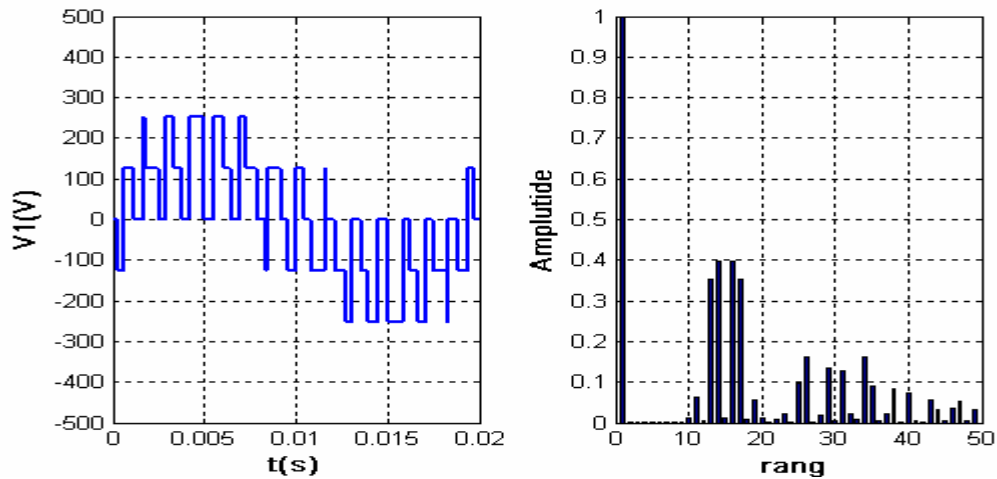
Fig(II.9):Différents signaux de la stratégie triangulo-sinusoidale, porteuse en dent de scie , ($m=6$, $r=0.8$).



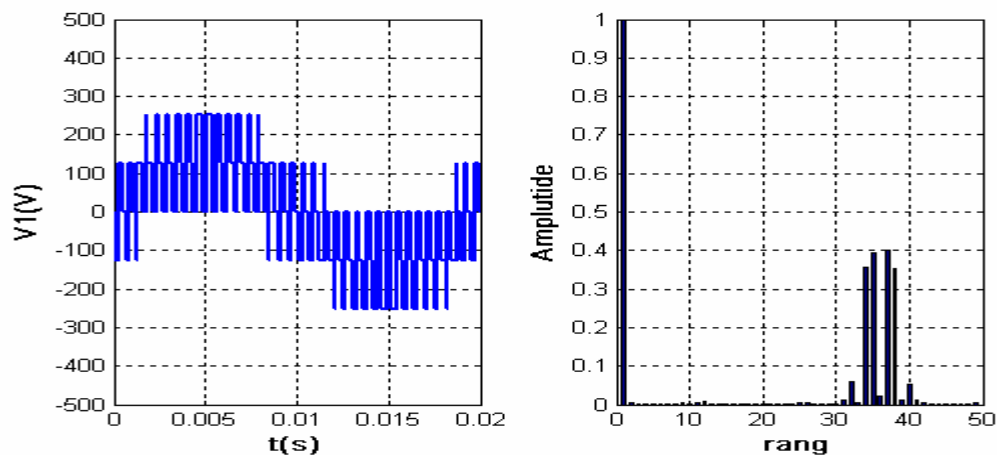
Fig(II.10): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=9$, $r=0.8$).



Fig(II.11): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=12$, $r=0.8$).



Fig(II.12): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=15$, $r=0.8$).



Fig(II.13): Tension V_1 à l'entre du redresseur triphasé et son spectre harmonique ($m=36$, $r=0.8$).

II.2.2.4. Comparaison entre une porteuse triangulaire et en dent de scie

Pour une porteuse triangulaire on remarque pour différent valeur de m (paire ou impaire) toujours la présence des harmonique $m \pm 2$ et $2m \pm 1$.

Pour poreuse en dent de scie on remarque pour différentes valeur de m (paire ou impaire) toujours la présence des harmonique $m \pm 2$ et $m \pm 1$.

Le différence entre la commande MLI par porteuse triangulaire et par porteuse en dent de scie les harmonique de rang $m \pm 1$ sont éliminés dans le cas d'une porteuse triangulaire .

II.3. Application de la commande MLI dans les redresseurs

Les deux structures sont déjà présentes dans le chapitre précédent.

II.3.1 Redresseur de courant MLI

II.3.1.1. tracé des formes d'ondes

La figure (II-14) monte la porteuse triangulaire et les tension triphasé de référence pour ($m=6$ et $r=0.8$).

Les figure (II-15) à (II-17) et (II-19) à (II-21) montrent la tension d'entre de la première phase de redresseur pour différentes valeur de m avec $r=0.8$, pour les cas ou m paire $m=6$ et $m=12$ on remarque que seul les harmonique paire présente mais avec m est impaire $m=5$ et $m=15$ nous remarque la présences des harmonique impaire.

On remarque suivent les spectre harmonique pour les différent valeur de m que les harmonique les plus important sont de rang 4 et 8 pour $m=6$ et de rang 3 et 7 pour $m=5$ Les figure (II-16) à (II-18) et (II-20) à (II-22) montre les courant redresse pour différentes valeur de m avec m paire $m=6$ et 12 à m impaire $m=5$ et 15 .

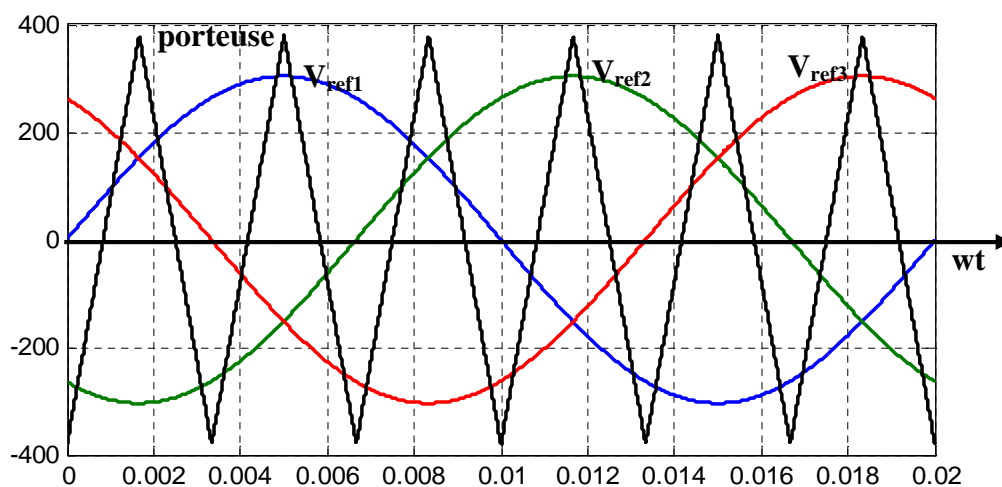


Fig (II.14): Tension de référence de redresseur triphasé pour $m=6$ et $r=0.8$.

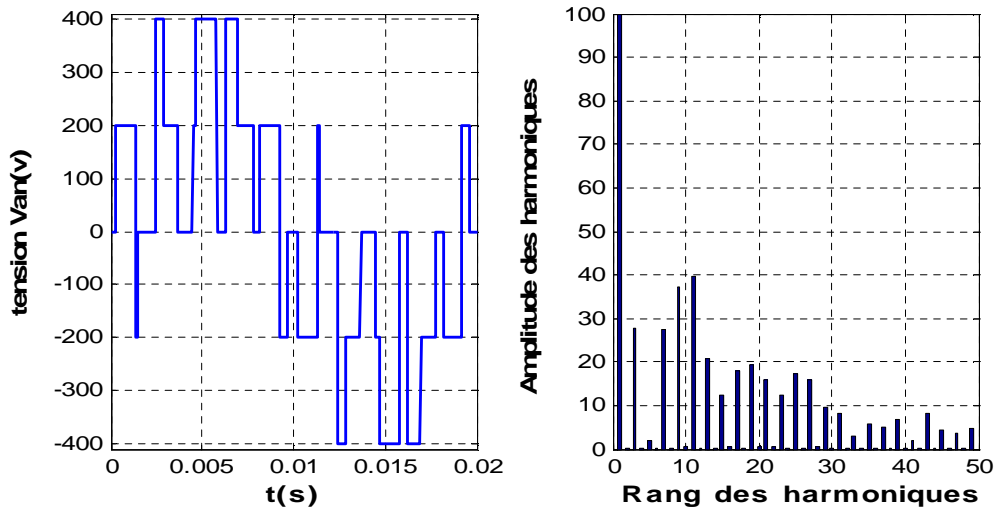


Fig (II.15): Tension simple V_1 , et son spectre harmonique

Pour $m = 5$ et $r = 0.8$.

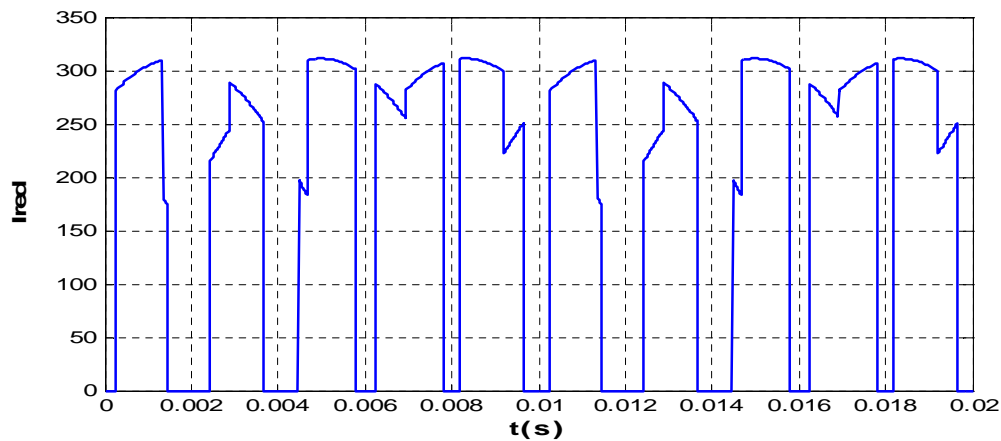


Fig (II.16): Courant redresse I_{red} , et son spectre harmonique

Pour $m = 5$ et $r = 0.8$.

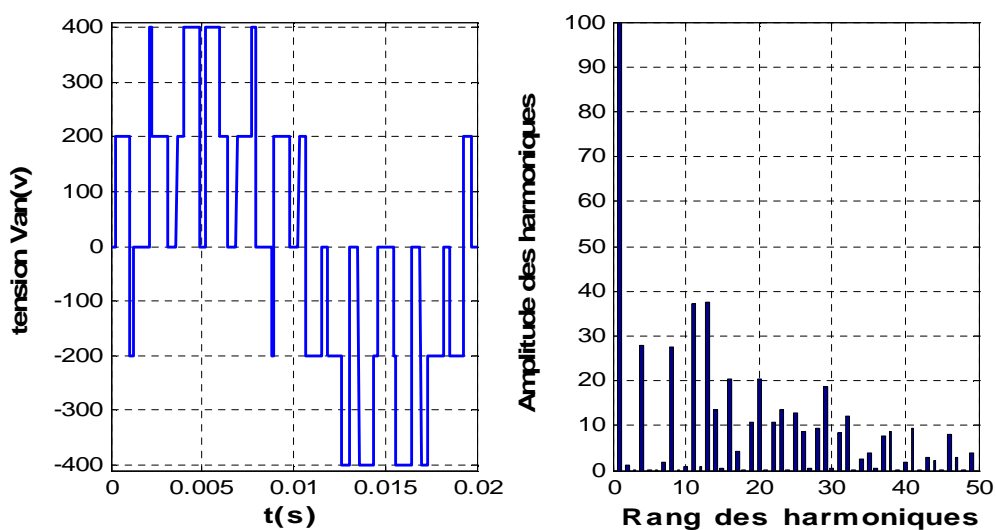


Fig (II.17): Tension simple V_1 , et son spectre harmonique

Pour $m = 6$ et $r = 0.8$.

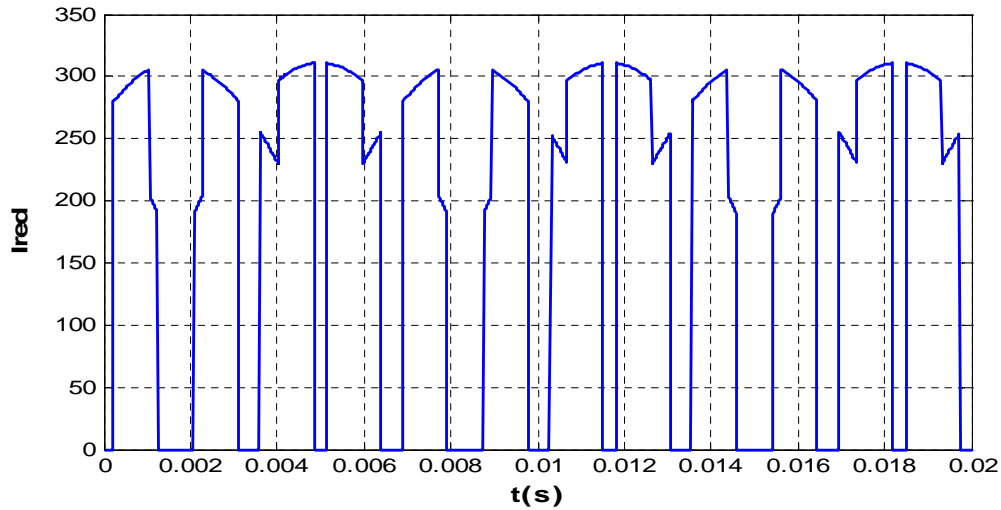


Fig (II.18): Courant redresse I_{red} , et son spectre harmonique

Pour $m = 6$ et $r = 0.8$.

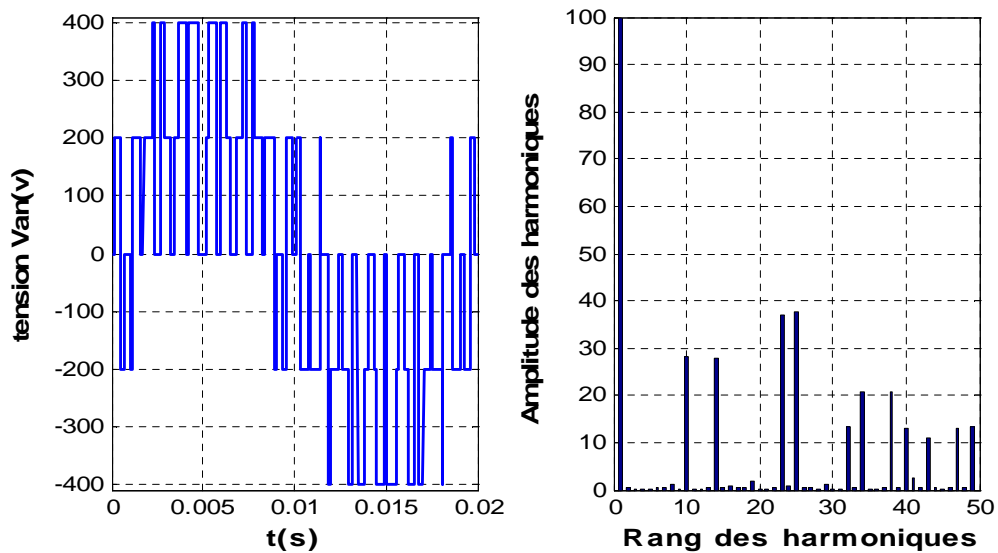


Fig (II.19): Tension simple V_1 , et son spectre harmonique

Pour $m = 12$ et $r = 0.8$.

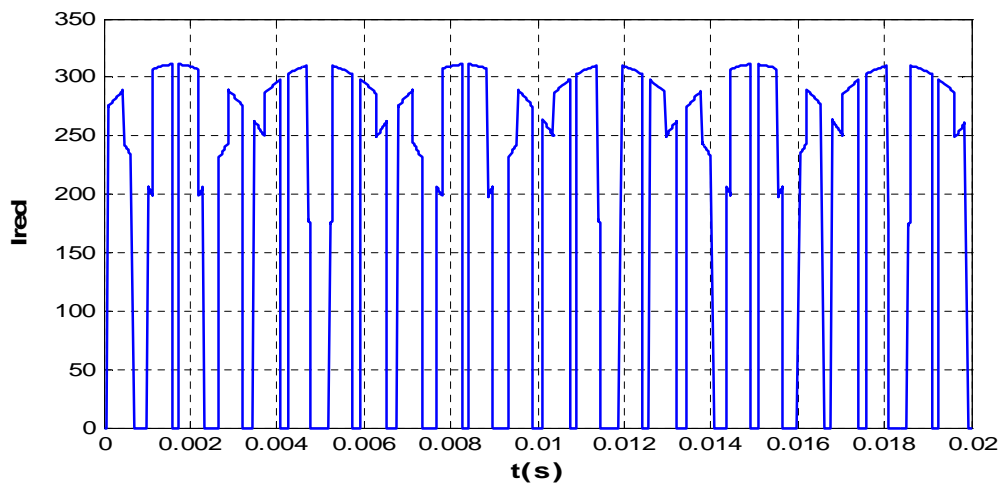


Fig (II.20): Courant redresse I_{red} , et son spectre harmonique

Pour $m = 12$ et $r = 0.8$.

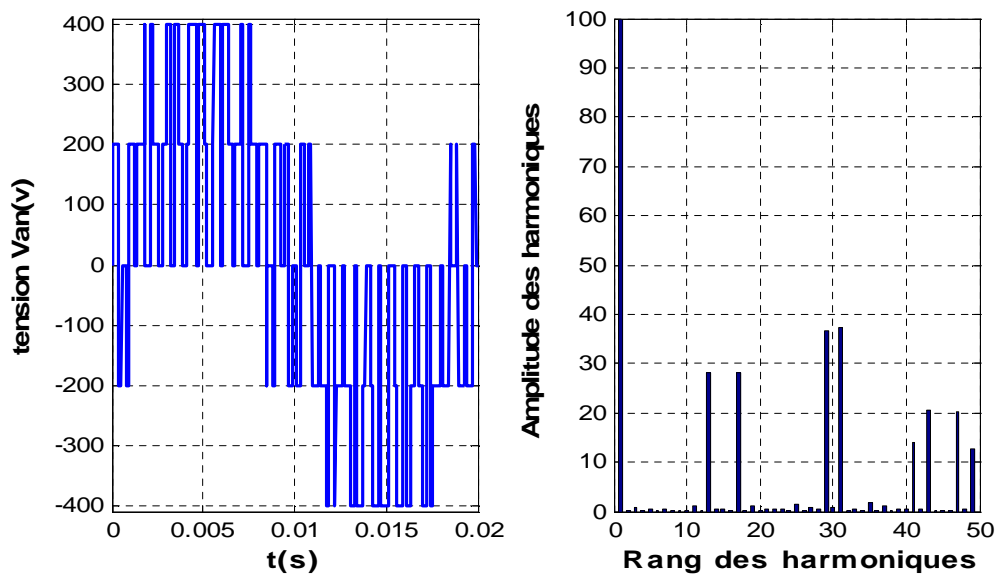


Fig (II.21): Tension simple V_1 , et son spectre harmonique

Pour $m = 15$ et $r = 0.8$.

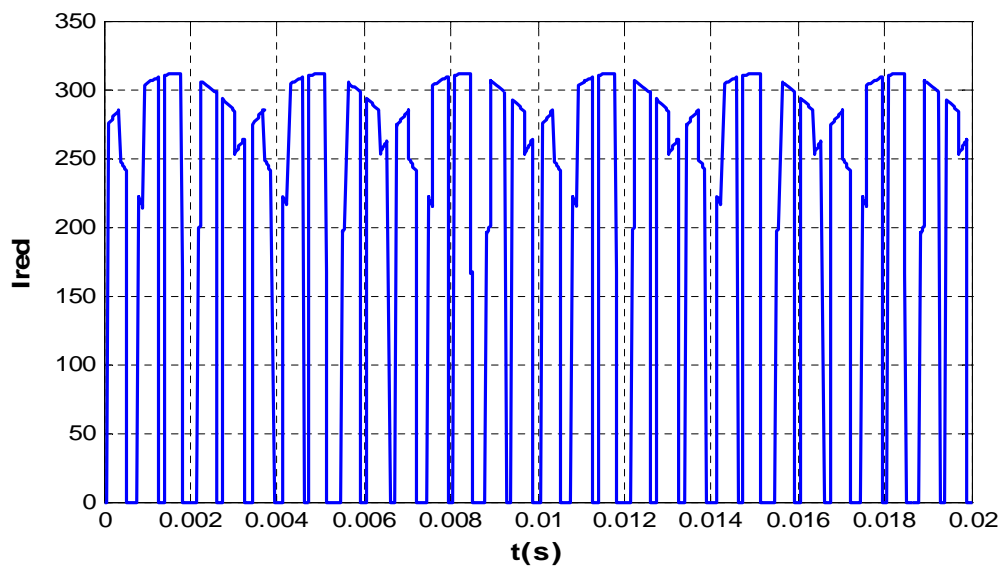


Fig (II.22): Courant redresse I_{red} , et son spectre harmonique

Pour $m = 15$ et $r = 0.8$.

II.3.2 Redresseur de tension MLI

II.3.2.1. tracé des formes d'ondes

La figure (II-23)) monte les courant triphasé de référence pour ($m=6$ et $r=0.8$).

La figure (II-24) monte les deux porteuses M1 et M2 et les courant de référence de chaque sixième période on note : en utilise des ondes de modulation M1 et M2 unidirectionnelle, en divise la période T en sixième ($T/6$).

Pendant le premier sixième de période: compare de i_{aref} avec **M1** et compare de i_{cref} avec **M2**

La deuxième sixième période compare de $-i_{bref}$ avec **M1** et compare de $-i_{cref}$ avec **M2**.

La troisième sixième période compare de i_{bref} avec **M1** et compare de i_{aref} avec **M2**.

La quatrième sixième période compare de $-i_{cref}$ avec **M1** et compare de $-i_{aref}$ avec **M2**.

La cinquième sixième période compare de i_{cref} avec **M1** et compare de i_{bref} avec **M2**.

dernière sixième période compare de $-i_{aref}$ avec **M1** et compare de $-i_{bref}$ avec **M2**.

Les figure (II-25) à (II-27) et (II-29) à (II-31) montrent le courant de la première phase de redresseur pour différentes valeur de m avec $r=0.8$, pour les cas ou m paire $m=6$ et $m=12$ on remarque que seul les harmonique paire présente mais avec m est impaire $m=5$ et $m=15$ nous remarque la présences des harmonique impaire.

Les figure (II-26) à (II-28) et (II-30) à (II32) montre la tension redresse pour différentes valeur de m avec m paire $m=6$ et 12 à m impaire $m=5$ et 15.

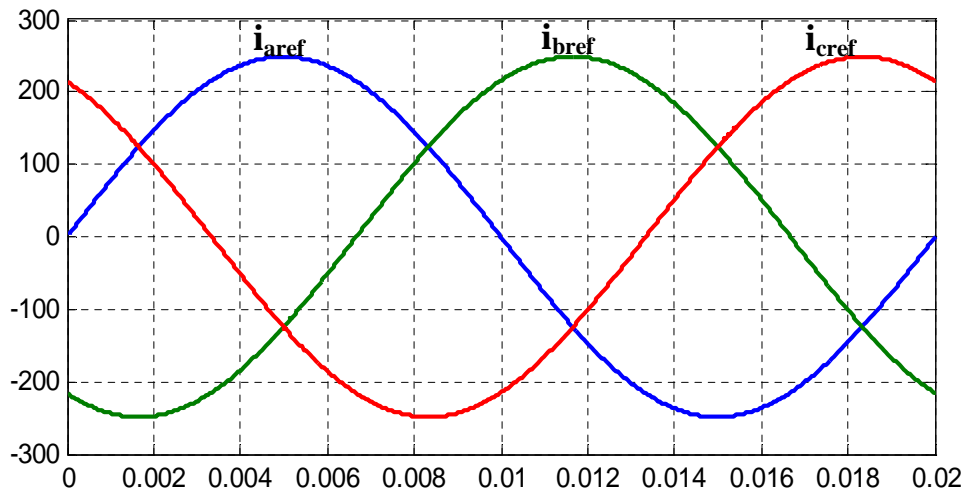


Fig (II.23): Courant de référence de redresseur triphasé

Pour $m = 6$ et $r = 0.8$.

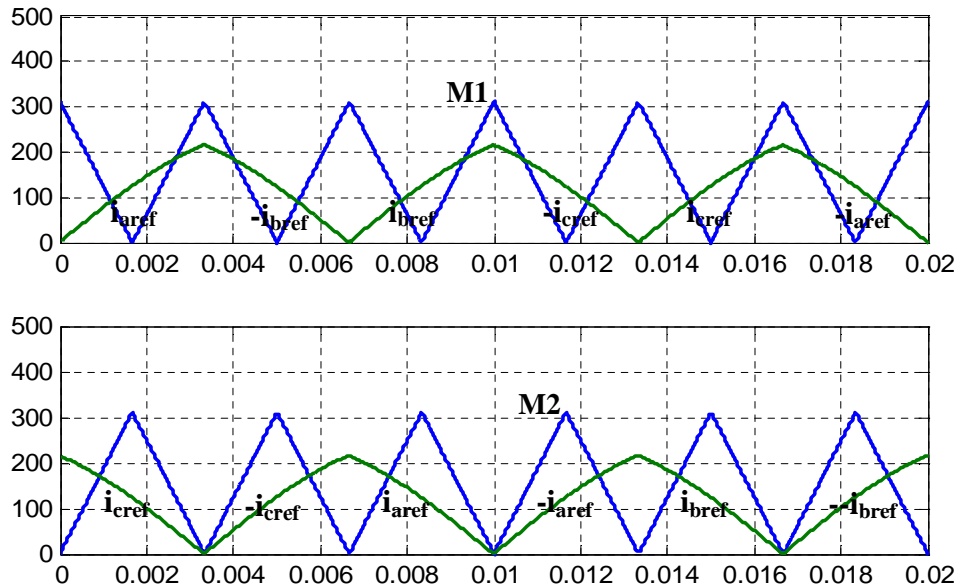


Fig (II.24): Courant de référence pour chaque sixième de période et l'onde de modulation Pour $m = 6$ et $r = 0.8$.

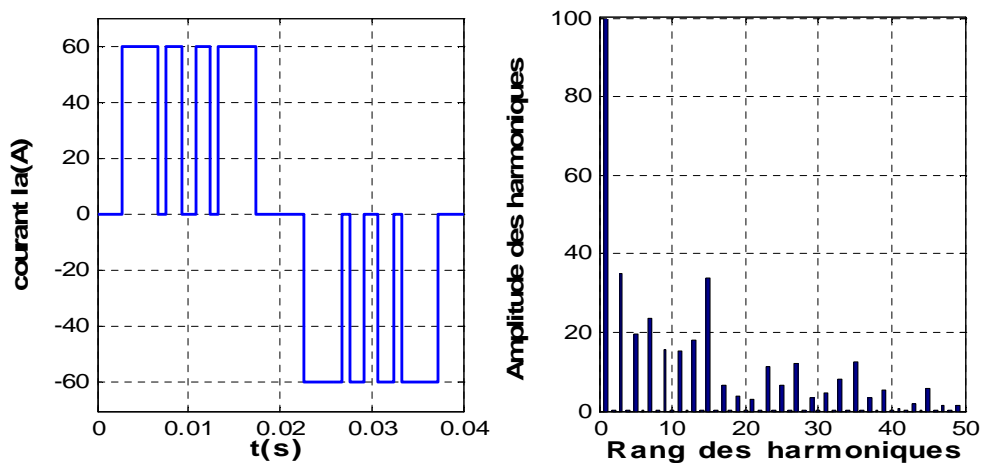


Fig (II.25): Courant simple I_a , et son spectre harmonique Pour $m = 5$ et $r = 0.8$.

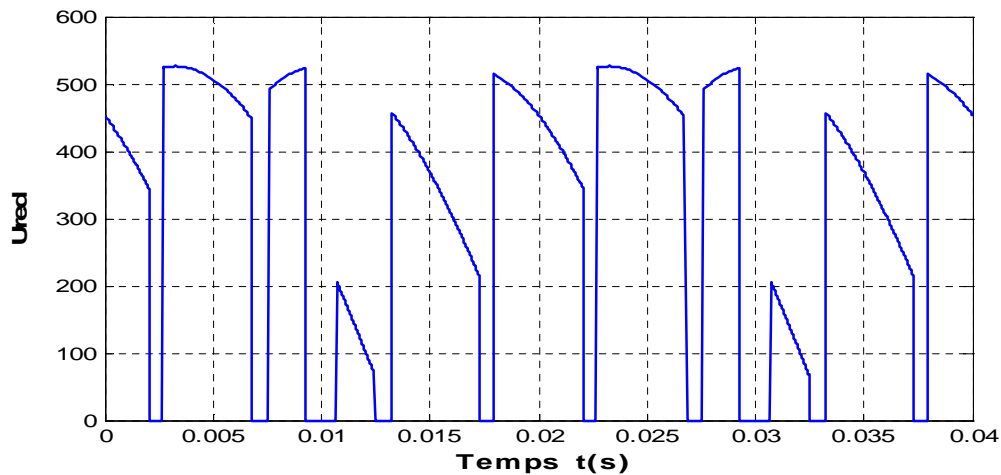
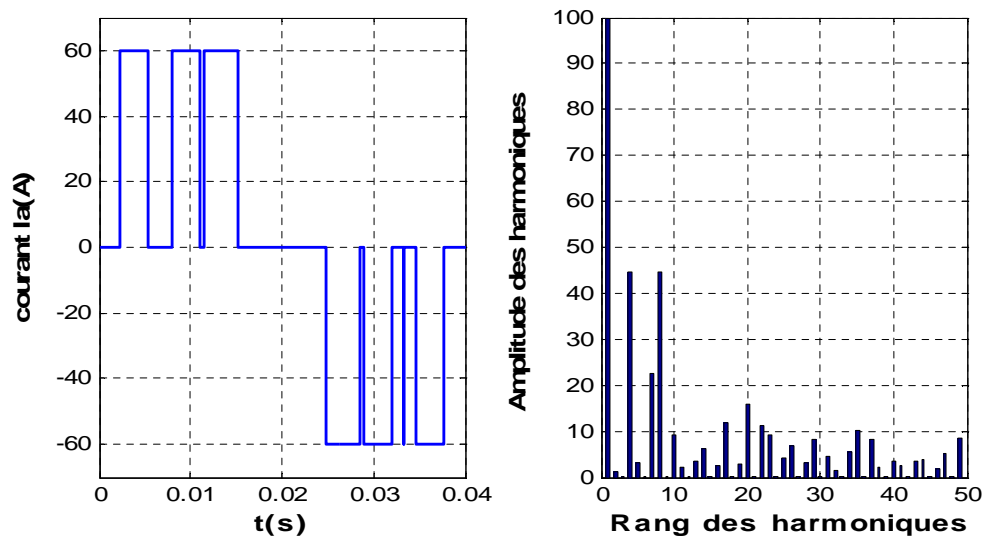
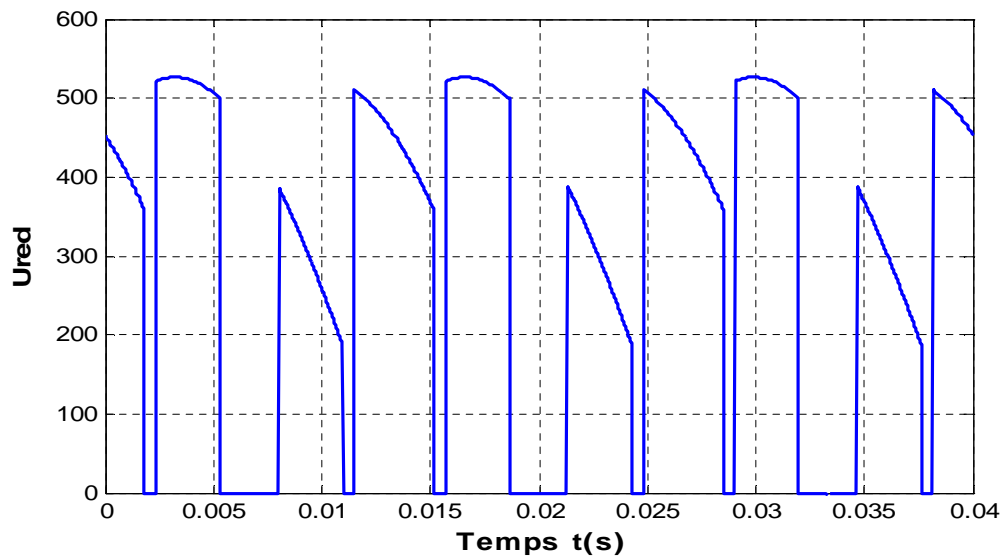
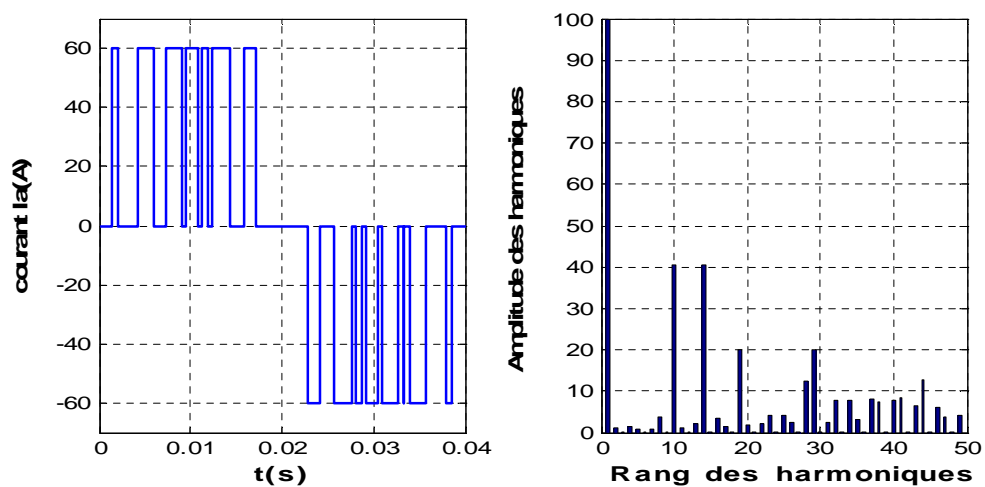


Fig (II.26): Tension redresser U_{red} Pour $m = 5$ et $r = 0.8$.

Fig (II.27): Courant simple I_a , et son spectre harmoniquePour $m = 6$ et $r = 0.8$.Fig (II.28): Tension redresser U_{red} Pour $m = 6$ et $r = 0.8$.Fig (II.29): Courant simple I_a , et son spectre harmoniquePour $m = 12$ et $r = 0.8$.

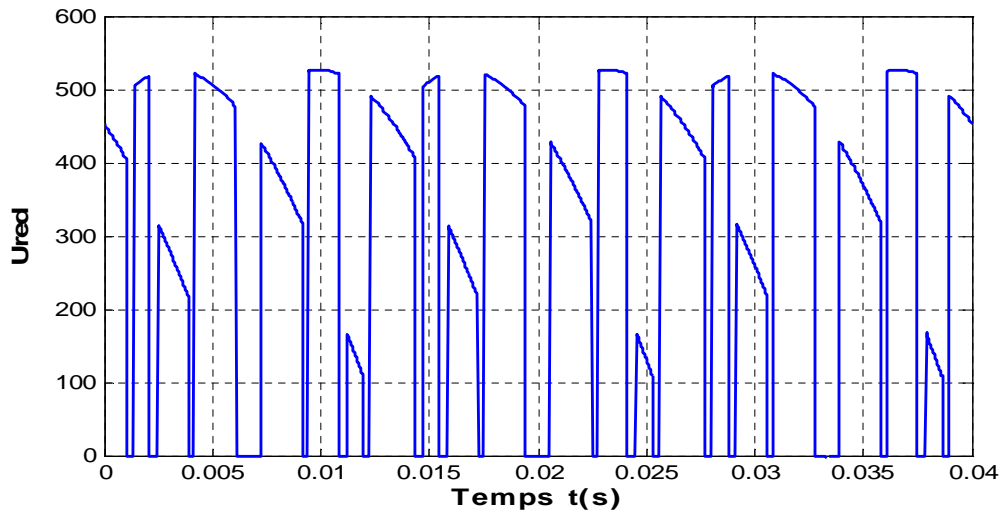


Fig (II.30): Tension redresser U_{red} Pour $m = 12$ et $r = 0.8$.

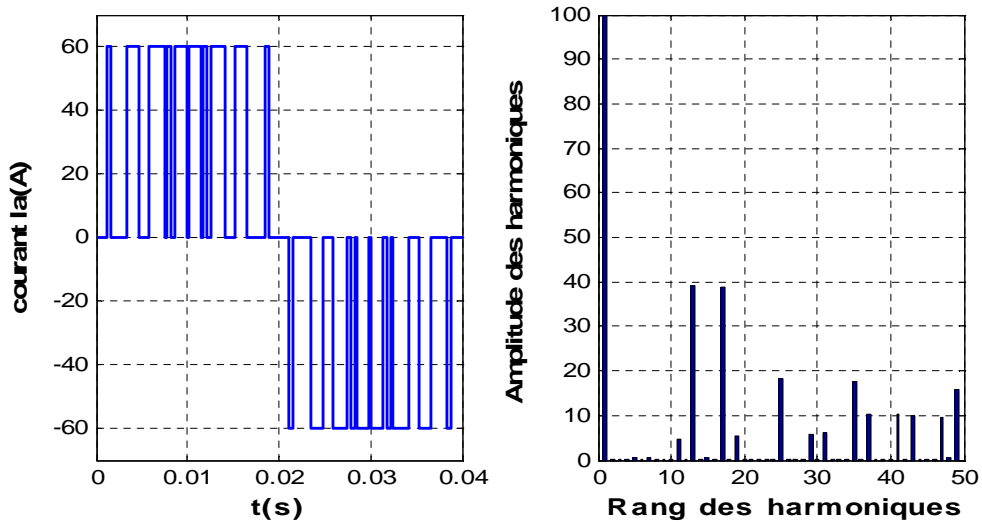


Fig (II.31): Courant simple I_a , et son spectre harmonique

Pour $m = 15$ et $r = 0.8$.

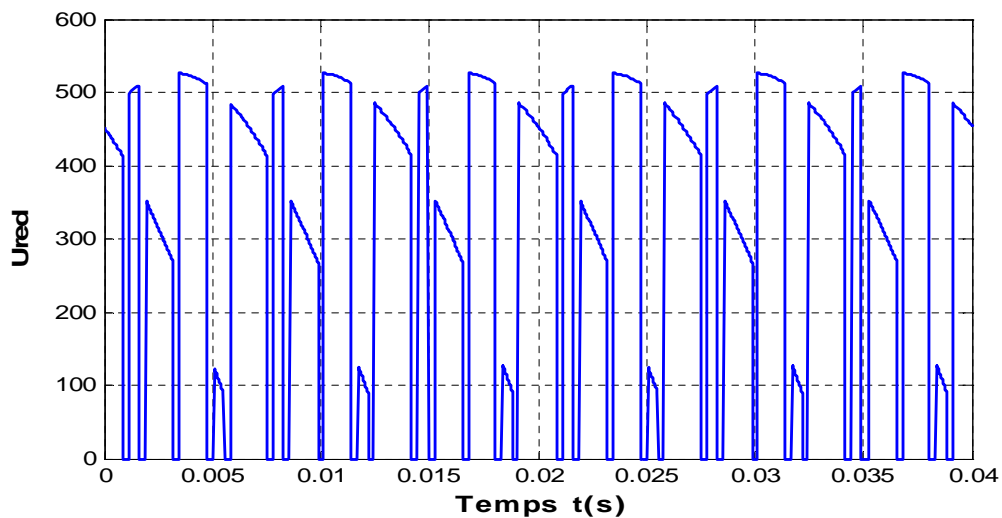


Fig (II.32): Tension redresser U_{red} Pour $m = 15$ et $r = 0.8$.

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différentes stratégies de commande d'un redresseur de courant triphasé on a présenté la procédure d'élaboration des séquences de commande des interrupteurs d'un redresseur triphasé.

La MLI triangle sinusoïdale est caractérisée par deux paramètres m et r . Plus m est grand plus les résultats de simulation sont meilleurs, mais ce dernier dépend de la qualité des composant existants.

L'objectif de la commande MLI est réside dans le décalage des harmoniques vers des fréquences plus élevées, ce qui facilite la procédure de filtrage.