

République Algérienne Démocratique et Populaire



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED



Institut des Sciences et Technologie

Département de Génie Électrique

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Licence en Electrotechnique

Option : Réseaux Electriques

THEME

Etude des Différentes Méthodes d'Identification des Harmoniques

Présenté par :

- ❖ KHADEM Smail
- ❖ FERHATI Boubaker

Proposé et dirigé par :

M^r MESBAHI Nadhir

PROMOTION 2010



Remerciements

Remerciements à Dieu –le tout puissant– qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur M^{er}MESBAHI nadhir d'avoir accepter de nous encadrer et de nous suivre durant toute cette période.

Nos remerciements vont aussi au président du jury et aux membres du jury examinateurs qui nous fait l'honneur de participer au jury de ce travail.

Et enfin nous remercions l'ensemble enseignants de notre promotion, qui nous ont aidé à réaliser ce modeste travail.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A tous les membres de ma famille grand et petit .

A ma mère avec toute m' affection .

A mon père avec toute ma reconnaissance.

A tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de loin .

A tous mes amis.

*A tous les étudiants de la faculté en génie électrotechnique surtout les
étudiants de la 3^{ème} année RE promotion 2010.*

*A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même qu'il soit un mot
d'encouragement et de gentillesse.*

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

A tous ceux qui connaissent KHADEM SMAIL.

KHADEM SMAIL



Dédicace

Plus que tout, je voudrais dédier ce travail à mes parents

pour leur encouragement, leur patience et leur amour

...ils sont l'origine de tout ce que j'ai accompli de bien.

A tout mes frères et ma familles.

A tous mes amis

A tous ce qu'ils ont aimé me voir ce jour là.

FERHAHI boubaker.

SOMMAIRE

Introduction Générale	01
CHAPITRE I PERTURBATION DES RESEAUX ELECTRIQUE.....	03
I.1 INTRODUCTION.....	03
I.2 TYPES ET CARACTERISTIQUES DE CHARGE.....	03
I.2.1 Charge linéaire.....	03
I.2.2 Charge non linéaire.....	04
I-3 PERTURBATION DES RESEAUX ELECTRIQUES	06
I.3.1. Qualité de l'énergie	07
I.3.2 Origines des harmonique.....	07
I.3.3 Définitions.....	07
I.3.3.1 Harmonique	07
I.3.3.2 Inters harmoniques	07
I.3.3.3 Infra-harmoniques.....	07
I.3.4 Conséquences des harmoniques.....	08
I.3.4.1 Effets instantanés.....	08
I.3.4.2 Effets à terme.....	08
I.4 CARACTERISATION DES PERTURBATIONS HARMONIQUES	09
I.4.1 Taux de Distorsion Harmonique(THD).....	09
I.5 MODELISATION SOURCE –CHARGE.....	11
I.5 .1 Modélisation De Source	11
I.5.2 Modélisation de la charge polluante (redresseur à diode).....	12
I.6 PRINCIPE DE COMPENSATION.....	13
I.6.1 Techniques traditionnelles de dépollution.....	13
I.6.1.1 Filtrages passifs.....	14
I.6.1.2 Filtres passifs résonnants.....	14
I.6.1.3 Inconvénients du filtrage passif.....	16

I.7 SOLUTIONS MODERNES DE DEPOLLUTION.....	16
I.7.1 Filtre actif parallèle.....	17
I.7.2 Filtre actif série.....	18
I.7.3 Combinaison parallèle série actif	18
I.8 CONCLUSION.....	19
CHAPITRE II METHODES D'IDENTIFICATION DES COURANTS	20
HARMONIQUES	
II.1 INTRODUCTION	20
II.2 PRESENTATION DES METHODES D'IDENTIFICATION	20
II.2.1 méthode tri monphasé.....	20
II.2.2méthode du filtre coupe-bande(notch filtre).....	22
II.2.3 méthode de la puissance instantanée réelle et imaginaire(PIRI)	23
II.2.4méthode du référentiel synchrone.....	27
II.3 CONCLUSION.....	28
CHAPITRE III:SIMULATION ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS	29
III.1 INTRODUCTION.....	29
III.2 RESULTATS DE SIMULATION.....	29
III.2.1 Les courants de ligne.....	29
III.2.2 La méthode tri-monophasée	31
III.2.3 La méthode du filtre coupe-bande.....	32
III.2.4 La méthode de la puissance instantanée réelle et imaginaire...	33
III.2.5méthode du référentiel synchrone.....	34
III.3 INTERPRETATIONS DES RESULTATS.....	35
CONCLUSION GENERALE.....	37
BIBLIOGRAPHIE.....	38
ANNEXE.....	40

INTRODUCTION GENERALE

Depuis de nombreuses années, le distributeur d'énergie électrique s'efforce de garantir la qualité de la fourniture d'électricité. Les premiers efforts se sont portés sur la continuité de service afin de rendre toujours disponible l'accès à l'énergie chez l'utilisateur. Aujourd'hui, les critères de qualité ont évolué avec le développement des équipements où l'électronique de puissance prend une place prépondérante dans les systèmes de commande, mais avec l'utilisation croissante dans l'industrie de systèmes commandés à base des convertisseurs statiques entraînent de plus en plus de problèmes de perturbation au niveau des réseaux électriques.

En effet, les perturbations provoquées par ces convertisseurs sont bien connue; il s'agit d'une dégradation du facteur de puissance et d'une génération de courants alternatifs non sinusoïdaux riches en harmoniques. Les incidences sont à l'origine de la déformation de sa tension, de la réduction de sa capacité de transport et de l'augmentation des pertes.

Il existe un certain nombre de solutions techniques pour éliminer ou réduire les effets liés à une mauvaise qualité de l'énergie. Il s'agit là d'un domaine très riche tant en innovations qu'en développement.

Les filtres passifs tels que les filtres LC, ont été utilisés pour éliminer les harmoniques de courants et améliorer le facteur de puissance. Ces solutions sont très simples et la moins chère mais elle n'est sans doute pas la plus efficace.

C'est pourquoi la solution des filtres actifs de puissance s'est largement développée cette dernière décennie. Les filtres actifs sont un moyen efficace pour la compensation des harmoniques de courants ou de tensions générés par des charges non linéaires. Ils compensent, en temps réel, les perturbations dues à une charge non linéaire en injectant sur le réseau les harmoniques et le réactif du courant consommé par la charge afin que le réseau n'est plus qu'à fournir un courant sinusoïdal et en phase avec la tension [1].

Néanmoins, il est important de noter que les performances d'un filtre actif sont étroitement liées à l'algorithme utilisé pour déterminer les références harmoniques de courant ainsi qu'à la méthode utilisée pour la poursuite de ces références [2], [3].

A la lumière de ces réflexions préliminaires, nous pouvons maintenant résumer l'objectif ainsi que le contenu de ce travail.

L'objectif de notre travail est d'étudier les différentes méthodes d'identification des courants harmoniques d'une charge polluante, et nous les comparons dans le but de valider l'efficacité de chacune d'elles. Ce mémoire a été structuré comme suit :

- ❖ Dans le premier chapitre, nous présentons les perturbations des réseaux électriques connectés à des charges dites polluantes, les différentes solutions apportées par les filtres actifs.
- ❖ Le deuxième chapitre, sera consacré au principe de quatre algorithmes d'identification des références.
- ❖ Le troisième chapitre est réservé à la simulation et l'interprétation des résultats des quatre techniques d'identification cités auparavant.

En fin de ce mémoire nous présentons une conclusion générale de cette étude

CHAPITRE I

PERTURBATION DES RESEAUX

ELECTRIQUE

I.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes natures des charges polluantes pouvant être rencontrées dans diverses installations, les origines des harmoniques, et l'influence du raccordement des convertisseurs statiques sur les réseaux électriques. Ensuite, nous présentons les solutions mises en œuvre pour réduire les perturbations.

I.2 Types et caractéristiques de charge

I.2.1 Charge linéaire

Si l'on alimente une charge linéaire par une tension sinusoïdale (Figure I-1) le courant circulant dans cette charge est lui aussi sinusoïdale. Cependant, le courant peut être déphasé par rapport à la tension d'un angle ϕ . Les relations entre les différentes grandeurs qui caractérisent l'évolution de cette charge sont les suivantes :

$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (I.1)$$

$$i(t) = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t - \phi) \quad (I.2)$$

La puissance active fournie à la charge est :

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\phi) \quad (I.3)$$

La puissance apparente de la charge est:

$$S = U \cdot I \quad (I.4)$$

Le facteur de puissance de la charge est :

$$F_p = \frac{P}{S} = \cos(\phi) \quad (I.5)$$

Et la puissance réactive fournie à la charge est:

$$Q = U.I.\sin(\Phi) \quad (I.6)$$

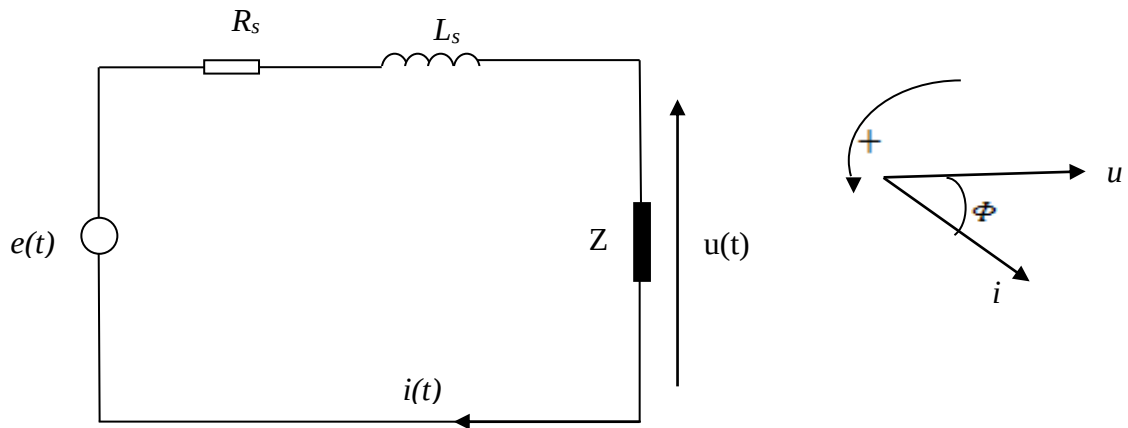


Figure I.1 Schéma de connexion du réseau avec une charge

I.2.2 Charge non linéaire

Si l'on alimente une charge non linéaire par une tension sinusoïdale, le courant circulant dans cette charge n'est plus sinusoïdal. Ce courant peut être décomposé en une composante fondamentale et des harmoniques.

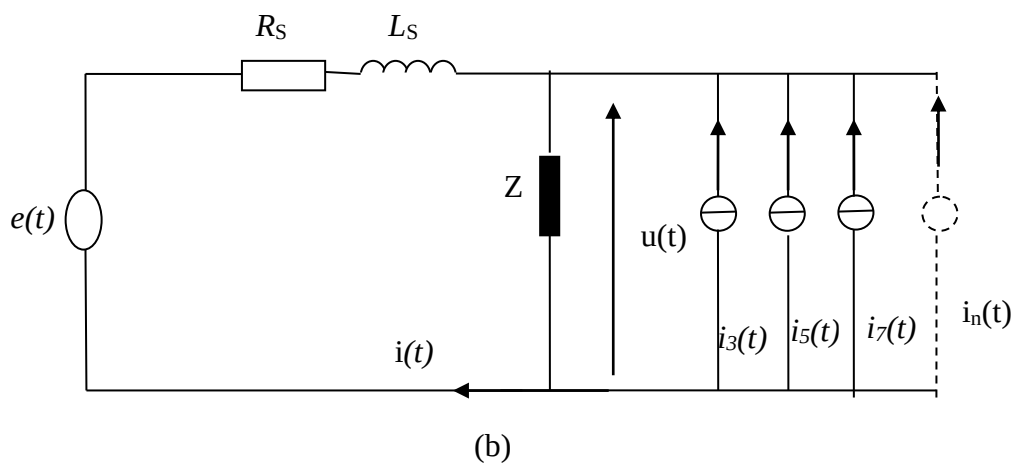
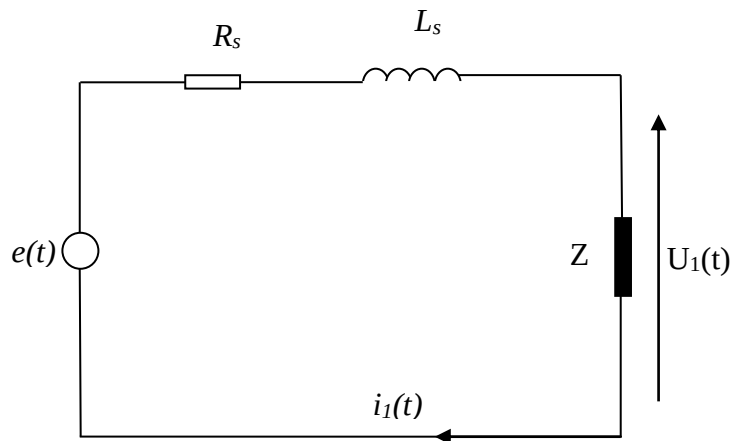
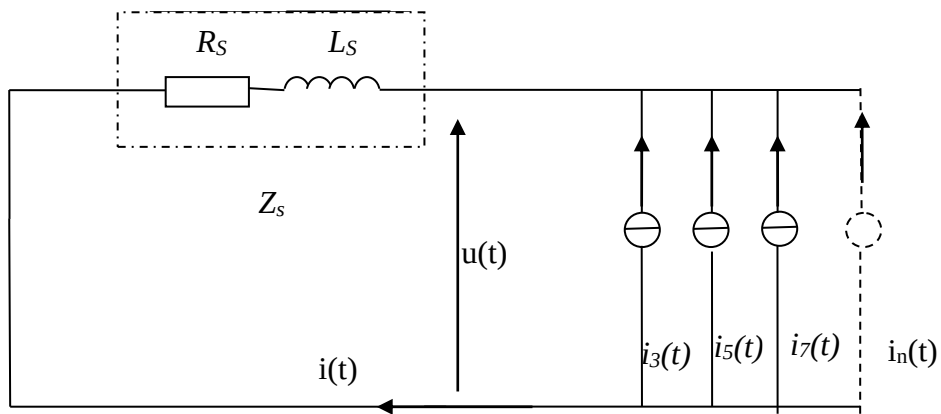


Figure I.2 Schéma global du réseau et d'une charge non linéaire

En vertu du théorème de superposition, le schéma de la figure I.2 peut être décomposé en deux circuits : la première figure I.3-a, correspond à la fréquence fondamentale et la seconde figure I.3-b, est relative aux harmoniques. On reste sur un schéma identique à celui obtenu pour une charge linéaire figure I.1.



(a)



(b)

Figure I.3. Décomposition du réseau et de la charge non linéaire

La tension de chaque harmonique correspond au produit entre l'impédance et le courant relatif à cette même fréquence harmonique:

$$\overline{U}_n = \overline{Z}'_n \cdot \overline{I}_n \quad (I.7)$$

Avec

- $\overline{Z}'_n$: l'impédance complexe de la source pour l'harmonique de rang n.
- $\overline{I}_n$: courant complexe de l'harmonique de rang n.
- $\overline{U}_n$: tension complexe de l'harmonique de rang n.

Les valeurs instantanée des courant et tensions s'écrivent comme la somme d'un terme fondamental et de termes harmoniques. La valeur efficace est la racine carrée de la somme quadratique des tensions fondamentales et harmoniques.

$$u(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} \cdot U_n \sin(n\omega t + \alpha_n) \quad \text{où} \quad U_n = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} U_n^2} \quad (I.8)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} \cdot I_n \sin(n\omega t + \alpha_n) \quad \text{où} \quad I_n = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2} \quad (I.9)$$

I.3 PERTURBATION DES RESEAUX ELECTRIQUES

De nos jours, le besoin en électricité dans la vie quotidienne de la population et l'exigence de cette dernière ont vu une importante progression des dispositifs basés des convertisseurs statiques avec des puissances unitaires de plus en plus importantes.

La société nationale algérienne d'Electricité et du Gaz (SONELGAZ), en sa qualité de distributeur d'énergie électrique, doit fournir à l'ensemble de ses clients et utilisateurs une énergie de qualité sous formes de trois tensions sinusoïdales constituant un réseau triphasé équilibré dont les paramètres caractéristiques sont les suivants :

- ❖ La fréquence;
- ❖ L'amplitude des trois tensions;
- ❖ La forme d'onde qui doit être la plus proche possible d'une sinusoïde

La mesure de ces paramètres permet de juger la qualité de la tension. Une détérioration, de l'un d'entre eux ou de plusieurs à la fois, laisse supposer la présence d'une anomalie dans le réseau électrique.

I.3.1 Qualité de l'énergie

La qualité de cette énergie dépend de celle de la tension aux points de raccordement, toutefois cette tension subit généralement beaucoup de perturbations de deux origines distinctes: d'une part, les perturbations de courant causées par le passage dans les réseaux électrique, des courants perturbations comme les courants harmoniques ,déséquilibrés et réactifs et d'autre part les perturbations de tension causées par des tensions perturbatrices comme les tension harmoniques ,déséquilibrés et les creux de tension[4],[5].

I.3.2 Origines des harmoniques

L'augmentation sensible du niveau de la pollution harmonique du réseau électrique est une conséquence de la prolifération des convertisseurs statiques .En effet, ces convertisseurs sont considérés comme des charges non linéaires émettant des courants harmoniques .Ces courants harmoniques dans les impédances du réseau électrique peuvent entraîner des tensions harmoniques aux points de raccordement et alors polluer les consommateurs alimentés par le même réseau électrique.

I.3.3 Définitions

I.3.3.1 Harmonique

Un harmonique est une composante sinusoïdale d'une onde périodique ou d'une quantité possédant une fréquence qui est multiple entier de fréquence fondamentale.

I.3.3.2 Inters harmoniques

Les inters-harmoniques sont des signaux de fréquence non multiple de la fréquence fondamentale.

I.3.3.3 Infra-harmoniques

Infra-harmoniques sont des signaux de fréquence inférieure à celle du fondamentale.

I.3.4 Conséquences des harmoniques

Les courants harmoniques, qui se propage dans les réseaux électriques, déforment l'allure du courant de la source et polluent les consommateurs alimentés par les mêmes réseaux. On peut classer les effets engendrés par les harmoniques en deux types [6] :

- ✧ Les effets instantanés
- ✧ Les effets à terme

I.3.4.1 Effets instantanés

Ils apparaissent immédiatement dans certains appareillages.

- ❖ Défauts de fonctionnements de certains équipements électriques: en présence d'harmoniques, la tension et le courant peuvent changer plusieurs fois de signe dans une demi-période. Les appareils, dont le fonctionnement est basé sur le passage à zéro des grandeurs électrique peuvent être affectés.
- ❖ Trouble fonctionnel des micro-ordinateur: les effets sur ces équipements peuvent se manifester par la dégradation de la qualité de l'image et par des couples pulsatoires des moteur d'entrainement de disque.
- ❖ Les perturbations et la dépollution dans les systèmes électrique : certains appareils de mesure et les compteurs d'énergie à induction présentent des dégradations de mesures et des erreurs de lecteur supplémentaires en présence des harmoniques.
- ❖ Vibrations et bruits: les courants harmoniques génèrent également des vibrations et des bruits acoustiques, principalement dans les appareils électromagnétiques.

1.2.4.2 Effets à terme

Ils se manifestent après une exposition plus ou moins longue à la perturbation harmonique. L'effet le plus important est de nature thermique, Il se traduit par un échauffement .Il conduit a une fatigue prématurée du matériel des lignes et amènent a un déclassement des équipements.

- ❖ Echauffement des câbles et des équipement: ces effets peuvent être à moyen terme (de quelques secondes à quelques heures)ou à long terme (de quelques heures à quelques années) et concernent les câbles qui peuvent être , le siège du

au sur échauffements du neutre et les éléments bobinées (transformateurs ,moteurect)

- ❖ Echauffement des condensateurs : l'échauffement est causé par les pertes due au phénomène d'hystérésis dans le diélectrique, les condensateurs sont donc sensibles aux surcharges, qu'elles soient dues à une tension fondamentale trop élevée ou à la présence d'harmoniques .Ces échauffements peuvent conduire au claquage.
- ❖ Echauffements des pertes supplémentaires des machines et des transformateurs :

Echauffements causés par les pertes dans les stators des machines et principalement dans leurs circuits rotoriques (cages, amortisseurs, circuits magnétisants) à cause des différences importantes de vitesse entre les champs tournants inducteurs harmoniques et le rotor.

Les harmoniques génèrent aussi des pertes supplémentaires dans les transformateurs, par effet joule dans les enroulements, accentuées par l'effet de peau et des pertes par hystérésis et courant de Foucault dans les circuits magnétiques.

I.4 CARACTERISTIQUES DES PERTURBATIONS HARMONIQUES

Différentes grandeur sont définies pour caractériser la distorsion en régime déformé. Le taux global de distorsion harmonique (THD) et le facteur de puissance sont les plus employés pour qualifier respectivement la perturbation harmonique et la consommation de puissance réactive.

I.4.1 Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Notre étude se limite au cas où la source est sinusoïdale et/ou le courant absorbé par la charge est entaché de composants harmoniques .Dans ces conditions, le taux global de distorsion harmoniques THD est bien adapté pour quantifier le degré de pollution harmonique sur les réseaux électriques .Il s'évalue par rapport à la fréquence fondamentale et caractérise l'influence des harmoniques sur l'onde déformée du courant. Il est donné par l'expression

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n I_{si}^2}}{I_{s1}} \times 100 \quad (I-10)$$

Avec:

I_{e1} : la valeur efficace de la composante fondamentale du courant de charge

I_{ei} : les valeurs exactes des différentes composantes harmoniques du courant de charge.

Par analogie ,le taux global de distorsion harmoniques des tension peut s'écrire:

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n U_{ei}^2}}{U_{e1}} \times 100 \quad (I.11)$$

En présence des harmoniques ,la puissance apparente S est composée de trois parties comme le montre l'équation suivante:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (I.12)$$

Où

Q : la puissance réactive associée au courant fondamental.

D : la puissance déformante due aux harmoniques du courant.

Où

$$P = 3 \cdot U \cdot I_{c1} \cos(\Phi) = F_{dis} \cos(\Phi) \quad (I.13)$$

$$Q = 3 \cdot U \cdot I_{c1} \sin(\Phi) \quad (I.14)$$

Et,

$$D = 3 \cdot U \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^n I_h^2} \quad (I.15)$$

Finalement le facteur de puissance est donné par l'expression :

$$F_p = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \quad (I.16)$$

F_p : le facteur de puissance

I.5 MODELISATION SOURCE –CHARGE

Il s'agit de considérer le cas d'une source triphasée alimentant un redresseur pont triphasée à six diodes .le pont triphasé de nature charge non linéaire alimente une charge RL . La figure suivante, montre le schéma de principe du circuit considéré.

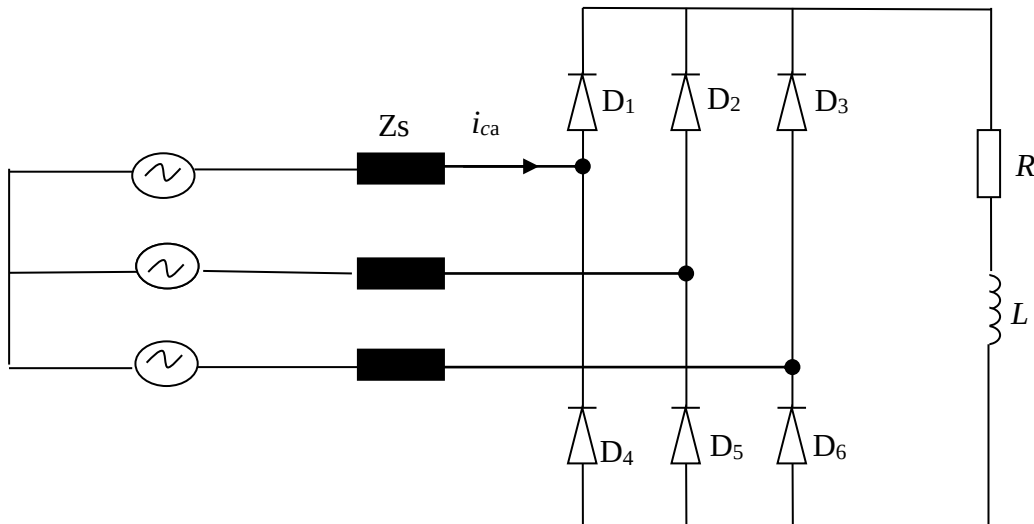


Figure I.4 Schéma de principe : source triphasés et une charge non linéaire

I.5.1 Modélisation De Source

Notre réseau peut être modélisé par un système de tension direct, triphasé équilibré décrit comme suit:

$$\begin{cases} U_{sa} = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ U_{sb} = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \\ U_{sc} = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \end{cases}$$

(I .17)

U:valeur efficace de la tension.

I.5.2 Modélisation de la charge polluante (redresseur à diode)

La charge polluante est un pont redresseur triphasée à diode (pont de Graëtz). Elle est illustrée sur la figure suivante.

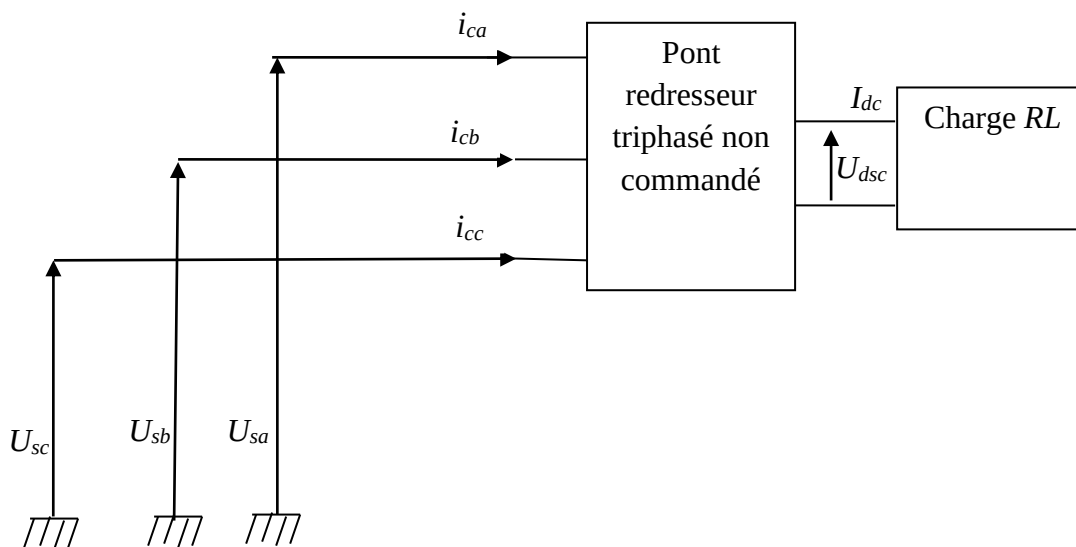


Figure I.5 Schéma synoptique d'un pont redresseur

En conclusion, une charge non linéaire, constituée par un pont redresseur, génère les harmoniques de courants d'ordre $6n \pm 1$ ou n est le rang de harmonique ($n = 1, 2, 3, \dots, n$), et par conséquent absorbe du réseau une énergie réactive. Cependant, le courant de la charge i_c consommé par ce pont redresseur, peut être décomposé en série de Fourier, comme le décrit les équations suivantes :

$$i_{ca} = I_1 \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \phi) + \sum_{n=2}^{\infty} \left(I_{6n-1} \sqrt{2} \cdot \sin((6n-1)(\omega t - \phi_{n-1})) + I_{6n+1} \sqrt{2} \cdot \sin((6n+1)(\omega t - \phi_{n+1})) \right) \quad (I.18)$$

$$i_{cb} = I_1 \sqrt{2} \cdot \sin \left(\omega t - \Phi - \frac{2\pi}{3} \right) + \sum_{n=2}^{\infty} \left(I_{6n-1} \sqrt{2} \cdot \sin \left((6n-1) \left(\omega t - \Phi_{n-1} \right) + \frac{2\pi}{3} \right) + I_{6n+1} \sqrt{2} \cdot \sin \left((6n+1) \left(\omega t - \Phi_{n+1} \right) - \frac{2\pi}{3} \right) \right)$$

(I.19)

$$i_{cc} = I_1 \sqrt{2} \cdot \sin \left(\omega t - \Phi + \frac{2\pi}{3} \right) + \sum_{n=2}^{\infty} \left(I_{6n-1} \sqrt{2} \cdot \sin \left((6n-1) \left(\omega t - \Phi_{n-1} \right) - \frac{2\pi}{3} \right) + I_{6n+1} \sqrt{2} \cdot \sin \left((6n+1) \left(\omega t - \Phi_{n+1} \right) + \frac{2\pi}{3} \right) \right)$$

(I .20)

i_{cb} et i_{cc} décalés respectivement de $\frac{2\pi}{3}$ et $\frac{4\pi}{3}$ par rapport à i_{ca} (t).

Et le courant de la source est exprimé par :

$$I_s = I_1 \sqrt{2} \left[\sin(\omega t) - \frac{1}{5} \sin(\omega t) - \frac{1}{7} \sin(7\omega t) + \frac{1}{11} \sin(11\omega t) + \frac{1}{13} \sin(13\omega t) - \frac{1}{17} \sin(17\omega t) - \frac{1}{19} \sin(19\omega t) + \dots \dots \dots \right]$$

(I .21)

I I.6 PRINCIPE DE COMPENSATION

Les perturbations engendrée par les charges peuvent être atténuées soit:

- ❖ Avec un système auxiliaire de filtrage pour les perturbations harmonique.
- ❖ En limitant la consommation de puissance réactive.
- ❖ En modifiant la topologie du convertisseur pour limiter l'amplitude des sources de courants harmoniques.

Alors, selon la littérature, les techniques de dépollution des réseaux électriques peuvent être classées en deux groupes:

- ✓ Les techniques traditionnelles.
- ✓ Les techniques modernes.

I.6.1 Techniques traditionnelles de dépollution

Elles apportent une solution facile et rapide pour certains cas de perturbations bien localisées et utilisent des composants passifs (inductances, condensateurs, transformateurs) et/ou des branchements qui modifient le schéma de l'installation communément appelé filtres passifs

.Le rôle de ces filtres est l'absorption des harmoniques et la réduction concomitante du THD. Leur principe consiste à placer, en parallèle avec le réseau d'alimentation, une impédance de valeur très faible autour de la fréquence à filtre et suffisamment importante à la fréquence fondamentale du réseau [7].

I.6.1.1 Filtrages passifs

Une perturbation harmonique basse fréquence est réduite par un filtre passif composé d'une inductance et d'un condensateur en série et accordé sur la fréquence harmonique à atténuer. Les filtres passifs les plus utilisés sont les filtres résonnants et les filtres passe-haut [6]. En effet, la dépollution d'une installation se fait par une association de filtres passifs résonnants, chacun accordé sur une fréquence harmonique différente. Le filtre correspondant au dernier harmonique à atténuer est en général amorti et du second ordre (résistance en parallèle avec une inductance) afin de réduire les tensions harmoniques de rang supérieur. La figure suivante représente le principe de filtre passif.

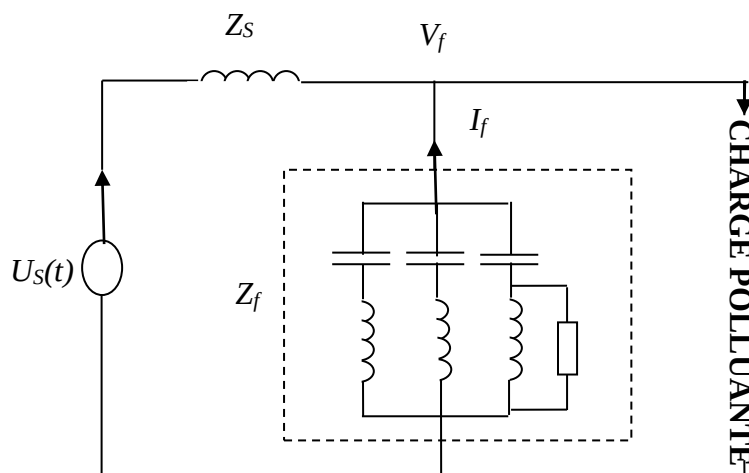


Figure I.6 Principe de filtre passif

La dimensionnement de ces filtres dépend des harmoniques à éliminer, des performances exigées, de la structure du réseau et la nature des récepteurs. Par cette technique, il est en général plus aisé de rejeter les harmoniques de rang élevé que celles de rang faible.

I.6.1.2 Filtres passifs résonnants

Ils sont constitués d'un circuit RLC en série accordé sur une fréquence déterminée. Ces filtres sont très sélectifs. Les figures I.6 et I.7 présentent respectivement le schéma de branchement du filtre et l'évolution de leur impédance en fonction de la fréquence.

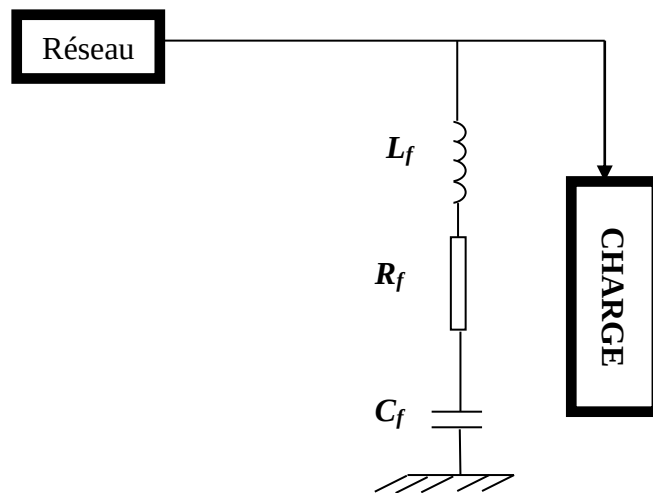


Figure I.7. Branchement d'un filtre passif résonnant

Le filtre a une impédance Z_f donnée par :

$$Z_f = R_f + j \left(L_f \omega - \frac{1}{C_f} \right) \quad (I.22)$$

À sa fréquence de résonance, son impédance se réduit à une valeur soit R_f car la réactance inductive devient égale à la réactance capacitive. Donc, on peut écrire :

$$L_f \omega_{\text{res}} = \frac{1}{C_f \omega_{\text{res}}} \quad (I.23)$$

$$\omega_{\text{res}}^2 = \frac{1}{L_f C_f} \quad (I.24)$$

$$\text{Avec: } \omega_{\text{res}} = 2\pi f_{\text{res}} \quad (I.25)$$

En fin, la fréquence de résonance est égale :

$$Fr = \frac{\omega_{res}}{2.\pi} = \frac{1}{2.\pi.\sqrt{L_f.C_f}} \quad (I.26)$$

Ainsi la réactance inductive ou capacitive qui correspond à cette fréquence est :

$$X_{res} = \omega_{res}.L_f = \frac{1}{\omega_{res}.C_f} \quad (I.27)$$

Dans la cas d'un filtre résonnant le facteur de qualité est défini comme étant le rapport :

$$Q_1 = \frac{X_{res}}{R_f} \quad (I.28)$$

Par conséquent ,la capacité et l'inductance du filtre en fonction de Q sont :

$$L_f = \frac{X_{res}}{\omega_{res}} = \frac{R_f.Q}{\omega_{res}} \quad (I.29)$$

$$C_f = \frac{1}{\omega_{res}.X_{res}} = \frac{1}{\omega_{res}.R_f.Q} \quad (I.30)$$

I.6.1.3 Inconvénients du filtrage passif

- ❖ Une connaissance approfondie de la configuration du réseau électrique est nécessaire ;
- ❖ Les variations de l'impédance du réseau peuvent détériorer la performance du filtre ;
- ❖ Le réseau peut former un système résonnant avec un filtre et les fréquences voisines de la fréquence de résonnance sont amplifiées ;
- ❖ Equipement volumineux ;
- ❖ Inadaptabilité et perte d'efficacité lorsque les caractéristiques du réseau électrique évoluent.

I.7 SOLUTIONS MODERNES DE DEPOLLUTION

Deux raisons principales ont conduit à concevoir une nouvelle structure de filtrage moderne et efficace appelée filtre actif. La première raison est due aux inconvénients inhérents des solutions traditionnelles de dépollution qui ne répondent pas plus à l'évolution des charges et des réseaux électriques. En effet, les méthodes dites "classiques" de filtrage ou de dépollution des réseaux électriques présentent un certain nombre d'inconvénient. Le plus important d'entre eux est sans doute le fait d'être sensible aux évolutions de l'environnement. Ils voient leur

efficacité baisser avec les variations des perturbations (variation des fréquences et des amplitudes des harmoniques)

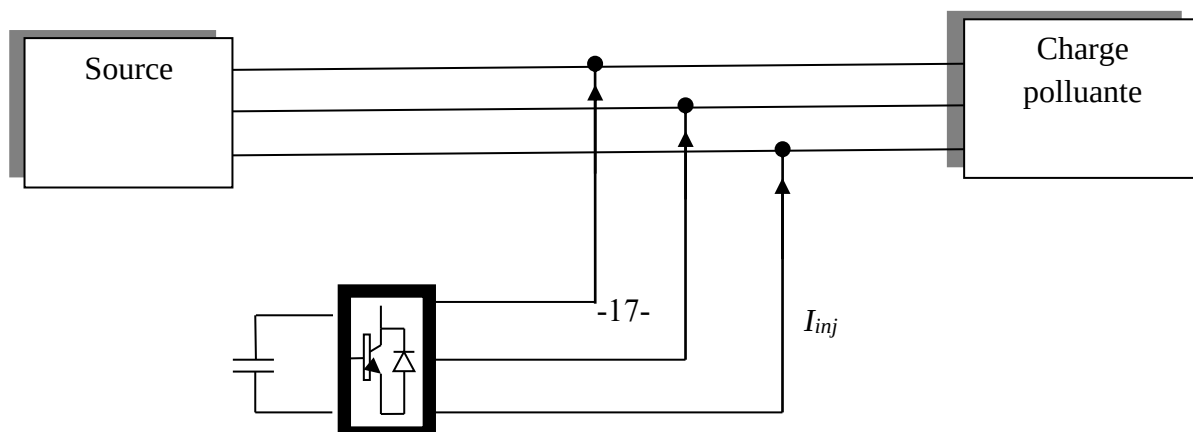
La seconde raison fait suite à l'apparition de nouveau composant à commutation forcée, comme les transistors bipolaires, les thyristors GTO et les transistors IGBT qui ont permis de réaliser de nouvelles structures qui permettent le contrôle de la forme d'onde de la phase du courant d'entrée. Le but de ces filtres est de générer soit des courants, soit des tensions harmoniques de manière à compenser les perturbations responsables de la dégradation des performances des équipements et installations électriques. Ainsi le filtrage actif tend à annuler les courants harmoniques en injectant dans la source perturbatrice des courants harmoniques d'amplitudes identiques, mais en opposition de phase à l'aide d'un pont onduleur. A cet effet, une mesure du courant de la charge non linéaire permet de connaître le courant à fournir.

Nous citerons configurations possibles des filtres actifs

- ✘ Le filtre actif parallèle (FAP) : conçu pour compenser toutes les perturbations de courant comme les harmoniques, les déséquilibres et la puissance réactive;
- ✘ Le filtre actif série (FAS): conçu pour compenser toutes les perturbations de tension comme les harmoniques, les déséquilibres et les creux de tension;
- ✘ La combinaison parallèle série actif : solution universelle pour compenser toutes les perturbations en courant et en tension.

I.7. 1 Filtre actif parallèle

Il est appelé aussi compensateur shunt, il est connecté en parallèle sur le réseau de distribution figure I.8. Il est habituellement commandé comme un générateur de courant. Son principe est d'injecter dans le réseau électrique des courants harmoniques I_{inj} égaux à ceux absorbés par la charge non linéaire mais en opposition de phase, de telle sorte que le courant fourni par le réseau I_s soit sinusoïdale et en phase avec la tension simple correspondante. Ainsi, il empêche les courants harmoniques, réactifs et déséquilibrés de circuler à travers l'impédance du réseau. Par conséquent, Il améliore le taux de distorsion en courant et en tension.



I.7.2 Filtre actif série

Le filtre actif série est connecté en série sur le réseau le montré la figure I.9. Il se comporte comme une source de tension qui engendre des tensions harmoniques dont la somme avec la tension réseau est une onde sinusoïdale.

Il est destiné à protéger les installations qui sont sensibles aux tensions perturbatrices (harmoniques, creux, déséquilibrés) provenant de la source et également celles provoquées par la circulation des courants perturbateurs à travers l'impédance du réseau. Cette structure est proche, dans le principe, des conditionneurs de réseau. Toutefois, cette topologie présente quelques difficultés et inconvénients lors de sa mise en œuvre, elle ne permet pas de compenser les courants harmoniques consommés par la charge.

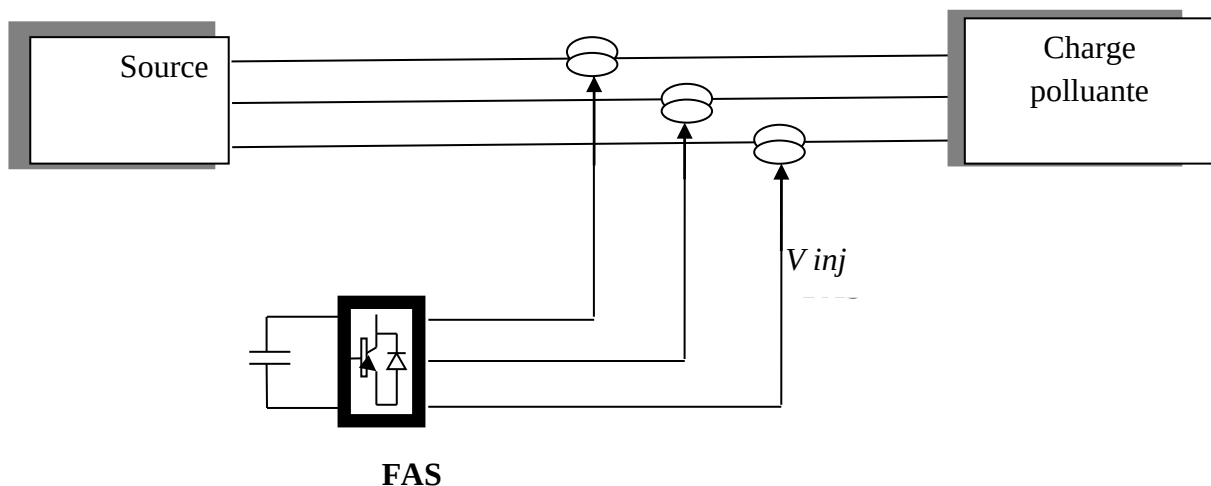


Figure I.9.Montage du filtre actif en série

I.7.3 Combinaison parallèle série actif

C'est une solution de compensation universelle basée sur le fonctionnement simultané des filtres actifs parallèle et série figure I.10.Donc, elle possède les avantages cumulés des filtres

actifs parallèles et série. Cette nouvelle topologie est appelée combinaison parallèle série actif ou en anglais *Unified Power Quality Conditioner(UPQC)*.

Un filtre actif série placé en amont du filtre actif parallèle, comme il est montré ci-dessous, permet de dépolluer la source des tensions perturbatrices; or s'il est placé en aval, il permet d'isoler la charge de la source perturbée [5], [8].

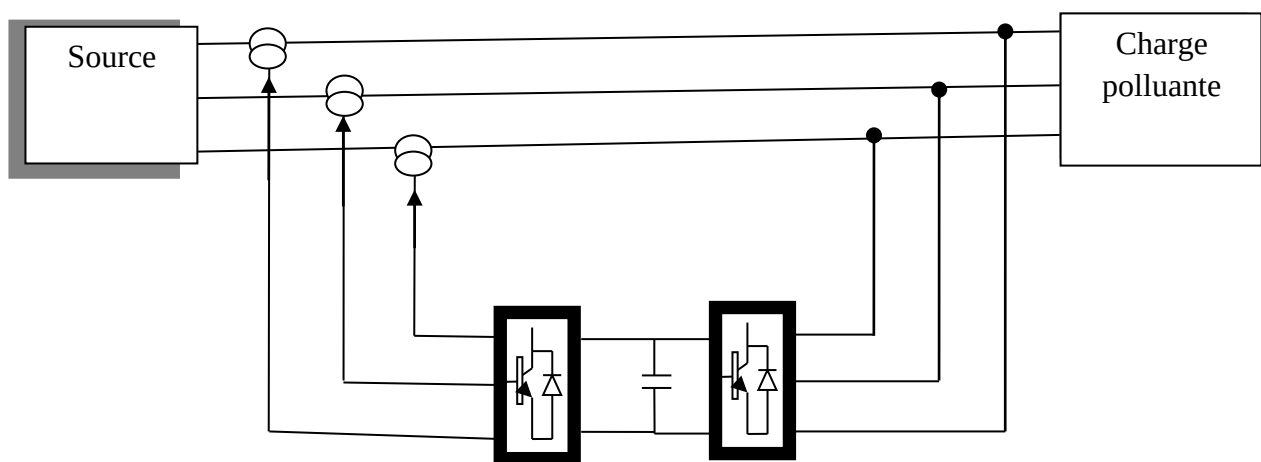


Figure I.10. Combinaison parallèle –série actif (UPQC)

Il faut noter l'existence de plusieurs autres compensations mixtes de filtres actifs avec cette fois-ci les filtres passifs. Ces combinaisons dites combinaison hybrides active et passive. Ces structures sont conçues pour réduire le dimensionnement et par conséquent le prix des filtres actifs. Dans ce cas, les filtres passifs qui ont pour rôle d'éliminer les harmoniques prépondérantes, permettent de réduire le dimensionnement des filtres actifs qui ne compensent que le reste des perturbations.

I.8 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes origines des perturbations affectant les réseaux électriques et les solutions de dépollution existantes. Ces perturbations étant néfastes pour les installations électriques à cause des dysfonctionnements éventuels qu'ils peuvent

engendrer. Par conséquent, leur compensation est amplement souhaitée pour des raisons technico-économiques.

CHAPITRE II

METHODES D'IDENTIFICATION DES COURANTS HARMONIQUES

II.1 INTRODUCTION

L'identification des harmoniques est une étape très importante dans le processus de compensation active. En effet, le système de commande, même très efficace, ne pourra pas à lui seul effectuer des corrections suffisantes si les harmoniques parasites sont mal identifiées. Pour cette raison, de nombreuses méthodes d'identification ont été développées dans la littérature [5].

Dans ce chapitre, nous ferons une étude détaillée de quatre méthodes d'identification que nous présentons leurs algorithmes de calcul.

II.2 PRESENTATION DES METHODES D'IDENTIFICATION

II.2.1 Méthode tri-monophasée

La méthode tri monophasé que nous avons développée, permet de traiter les trois phases de manière indépendante. Le principe est basé sur l'estimation de l'amplitude de la composante fondamentale active i_{cfa} de composante fondamentale réactive i_{cfr} du courant i_{ca} absorbé par la charge [09], [10]. Elle est applicable aux systèmes monophasés et triphasés, pour les courants harmoniques générés par la charge.

Considérons le courant i_{ca} absorbé par la charge non-linéaire sur la première phase, il est exprimé par:

$$i_{ca}(\theta_s) = \sum_{n=1}^{\infty} (i_{ch} \sin(h \cdot \theta_s - \Phi_1)) = i_{ca} \cdot \sin(\theta_s - \Phi_1) + \sum_{h=2}^{\infty} i_{ch} \sin(h \cdot \theta_s - \Phi_h) \quad (II.1)$$

Avec : $\theta_s = \omega t$

On rappelle que la composante fondamentale de la tension au point de raccordement du filtre actif sur la première phase, est définie par:

$$u_{sa}(t) = \sqrt{2} \cdot u_s \sin(\theta_s) \quad (II.2)$$

En multipliant équation (II.1) respectivement par $\sin(\theta_s)$ et $\cos(\theta_s)$ nous obtenons:

$$i_{ca}(\theta_s) \sin(\theta_s) = \frac{i_{ca}}{2} \cdot \cos(\Phi_s) - \frac{i_{ca}}{2} \cdot \cos(2\theta_s - \Phi_1) + \sin(\theta_s) \sum_{h=2}^{\infty} i_{ch} \sin(h \cdot \theta_s - \Phi_h) \quad (II.3)$$

$$i_{ca}(\theta_s) \cos(\theta_s) = -\frac{i_{ca}}{2} \cdot \sin(\Phi_s) + \frac{i_{ca}}{2} \cdot \sin(2\theta_s - \Phi_1) + \cos(\theta_s) \sum_{h=2}^{\infty} i_{ch} \sin(h \cdot \theta_s - \Phi_h) \quad (II.4)$$

D'après les relations (II.3) et (II.4) nous constatons que seules les composantes continues sont proportionnelles respectivement à l'amplitude du courant fondamentale actif et à l'amplitude du courant réactif. Les premières composantes alternatives ont une fréquence égale à deux fois la fréquence du réseau. Ces dernières seront donc filtrées à l'aide d'un filtre passe-bas.

Après le filtrage, on obtient :

$$[i_{ca} \sin(\theta_s)]_{\text{filtre}} = \frac{i_{ca}}{2} \cos(\theta_s) \quad (II.5)$$

$$[i_{ca} \cos(\theta_s)]_{\text{filtre}} = -\frac{i_{ca}}{2} \sin(\theta_s) \quad (II.6)$$

On peut alors reconstituer le courant fondamental en multipliant respectivement les deux expressions précédentes par $2\sin(\theta_s)$ et $2\cos(\theta_s)$:

$$i_{caf} = i_{ca} \cos(\Phi_1) \sin(\theta_s) - i_{ca} \sin(\Phi_1) \cos(\theta_s) = i_{cfa} + i_{cfr} = i_{ca} \sin(\theta_s - \Phi_1) \quad (II.7)$$

La figure ci-dessous illustre l'algorithme d'extraction du courant fondamental selon la méthode tri-monophasée.

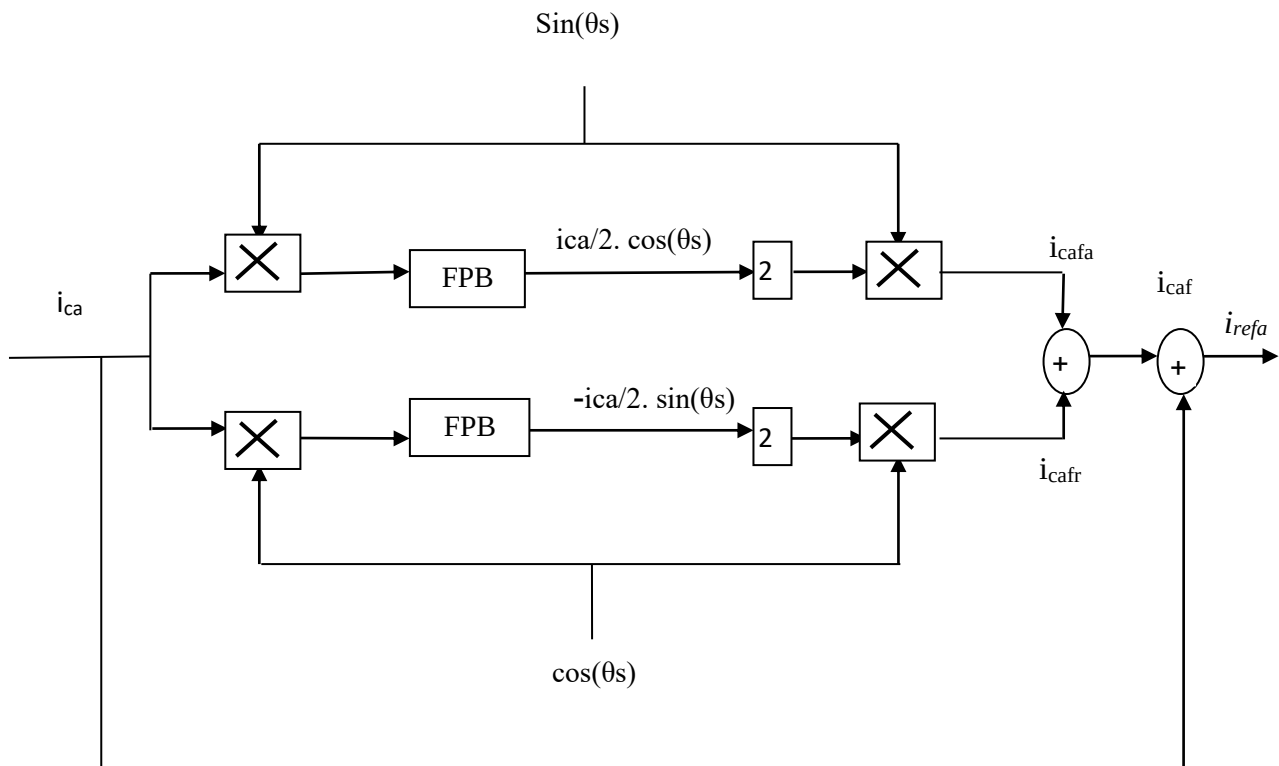


Figure II.1Methode tri-monophasée

Remarque sur la méthode

La même démarche est appliquée pour les deux autres phases. Il suffit de prendre en compte les courants de charge i_{cb} et i_{cc} et utiliser des signaux sinusoïdaux synchronisés sur les tensions simples correspondantes.

- La méthode tri monophasé ne nécessite pas la tension réseau. Elle est applicable aux systèmes monophasés et triphasés.

II.2.2 Méthode du filtre coupe-bande (notch filtre)

C'est le plus simple des algorithmes du calcul des courants de référence, comme l'illustre le diagramme représenté sur la figure. II.2 [11].

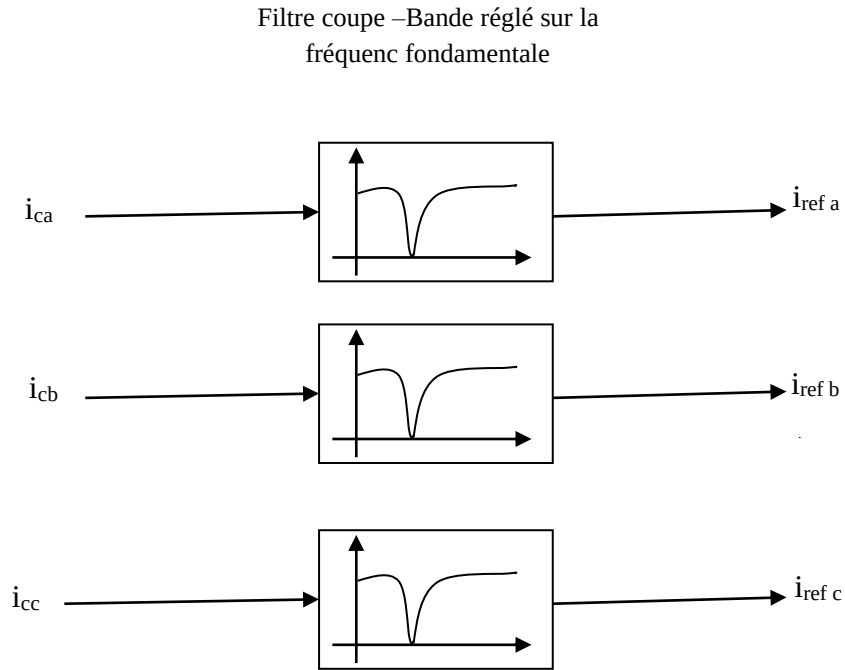


Figure. II.2 Méthode du filtre coupe-bande.

II.2.3 Méthode de la puissance instantanée réelle et imaginaire (PIRI)

La méthode des puissances instantanées introduite par H. Akagi exploite la transformation de Concordia des tensions simples et des courants de ligne, afin de calculer les puissances réelle et imaginaire instantanées. La composante fondamentale est transformée en une composante continue et les composantes harmoniques en composantes alternatives. Cette transformation est nécessaire si nous voulons que l'élimination de la composante continue soit facile à mettre en œuvre [12]. Son principe est énoncé comme suit :

Soient respectivement les tensions simples et les courants de ligne d'un système :

$$[Vs] = \begin{bmatrix} v_{sa} \\ v_{sb} \\ v_{sc} \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad [Is] = \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} \quad (\text{II.8})$$

La transformation $\alpha, \beta, 0$ triphasées permet d'écrire les relations suivantes:

$$\begin{bmatrix} v_o \\ v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{sa} \\ v_{sb} \\ v_{sc} \end{bmatrix} \quad (\text{II.9})$$

$$\begin{bmatrix} i_o \\ i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} \quad (\text{II.10})$$

Les composantes avec l'indice (o) représentent les séquences homopolaires du système triphasé de courant et de tension.

Les puissances réelle et imaginaire instantanées, respectivement p et q sont données par la relation suivante :

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ -v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (\text{II.11})$$

La puissance q ne représente pas la puissance instantanée conventionnelle (puissance réactive) dans le sens où elle est le résultat du produit d'une tension définie sur un axe en quadrature, contrairement à la puissance réactive qui ne considère que la fréquence fondamentale. La puissance imaginaire prend en compte toutes les composantes harmoniques du courant de la tension. C'est pour cette raison que ce nouveau concept est appelé « puissance imaginaire instantanée ».

Les puissances p et q peuvent être décomposées selon :

$$p = \bar{p} + \tilde{p} \quad \text{et} \quad q = \bar{q} + \tilde{q}$$

Où dans le cas sinusoïdal : $\bar{p}$ la partie continue liée à la composante fondamentale active du courant et $\bar{q}$ la partie continue liée à la composante fondamentale réactive du courant. Alors

que $\tilde{p}$ et $\tilde{q}$ sont les parties fluctuantes liées à la sommes des composantes perturbatrices du courant et de la tension.

Un filtre passe bas dans l'espace des puissances permet de séparer la composante fondamentale (autrement dit la partie continue), des composantes perturbatrices (la partie alternative). Deux filtres sont nécessaires, le premier pour isoler la partie $\bar{p}$ de la puissance active instantanée, le second pour isoler la partie $\bar{q}$ de la puissance réactive instantanée. Les deux filtres sont dimensionnés en tenant compte de la décomposition fréquentielle des puissances dans le repère diphasé.

L'inverse de l'équation (II.11) de la puissance active et réactive permet d'établir la relation (II.12) des courants I_α et I_β :

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & -v_\beta \\ v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} \quad (II.12)$$

En remplaçant les puissances p et q par leurs parties continues et alternatives, on obtient

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} v_\alpha & -v_\beta \\ v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{p} \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} v_\alpha & -v_\beta \\ v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{q} \end{bmatrix} + \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} v_\alpha & -v_\beta \\ v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p} \\ \tilde{q} \end{bmatrix} \quad (II.13)$$

Avec $\Delta = v_\alpha^2 + v_\beta^2$ le calcul des courants perturbateurs dans le repère diphasé (α, β) est finalement donnée par :

$$\begin{bmatrix} \tilde{i}_\alpha \\ \tilde{i}_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & -v_\beta \\ v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p} \\ \tilde{q} \end{bmatrix} \quad (II.14)$$

Grace à la Transformation de Concordia inverse, les parties alternatives des puissances permettent de déduire les courants perturbateurs triphasés. Ces courants représentent les perturbations et deviennent les courants de référence qui sont à injecter en opposition de phase sur le réseau électrique pour éliminer les harmoniques.

$$\begin{bmatrix} i_{refa} \\ i_{refb} \\ i_{refc} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{c\alpha,ref} \\ i_{c\beta,ref} \end{bmatrix}$$

Le bloc fonctionnel ci-dessous, explique et résume d'une façon implicite le procédé de calcul des courants de référence par cette méthode.

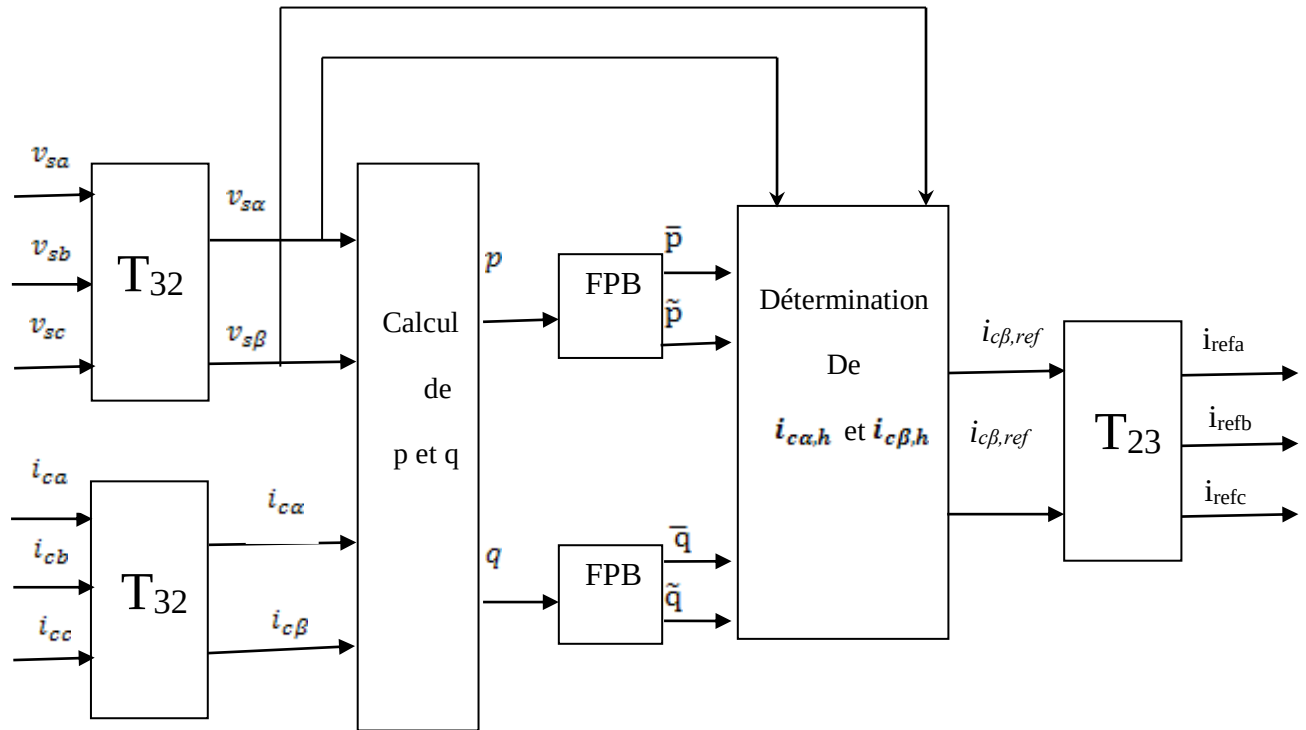


Figure II.3 Algorithme d'extraction des courants de références par PIRI

Remarque sur la méthode

- La méthode des PIRI classique utilise un filtre passe bas pour séparer les composantes des puissances active et réactive et a besoin d'un système d'extraction de la tension direct du réseau électrique.
- Elle n'est pas applicable pour les systèmes monophasés.
- La tension du réseau doit être saine (sinusoïdale et équilibrée), sinon la méthode des puissances instantanées PIRI n'est pas applicable puisque la tension du réseau est perturbée et/ou déformée, et afin de généraliser d'application de la méthode PIRI que nous avons adoptée à tout type de tension, le système de PLL (Phase Locked Loop ou Boucle à Verrouillage de Phase) est proposé pour extraire la composante fondamentale directe de la tension du réseau.

II.2.4 Méthode du référentiel synchrone

Cette méthode introduite par Bhattacharya, exploite également la transformation de Concordia mais appliquée uniquement aux courants de ligne $i_{ca}(t)$, $i_{cb}(t)$, $i_{cc}(t)$. Ensuite, une seconde transformation est opérée pour passer des courants de ligne en d - q , ce qui permet de transformer la composante fondamentale du courant en une composante continue et les composantes harmoniques du courant en des composantes alternatives [12]. Son principe est énoncé ci-après.

La transformation des coordonnées a - b - c du courant en coordonnées d - q et ce, à l'aide de la transformée de Park, en fixant la fréquence de celle-ci en synchronisme avec celle du réseau.

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \sin\theta & \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos\theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{ca} \\ i_{cb} \\ i_{cc} \end{bmatrix} \quad (II.16)$$

L'élimination de la composante continue est réalisée par l'ajout d'un filtre passe-haut (FPH). L'obtention du courant de référence s'obtient en effectuant la transformée inverse de Park toujours en synchronisme avec la fréquence du réseau [13], ceci est conforté par la figure III.4.

$$\begin{bmatrix} i_{refa} \\ i_{refb} \\ i_{refc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin\theta & \cos\theta \\ \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} \quad (II.17)$$

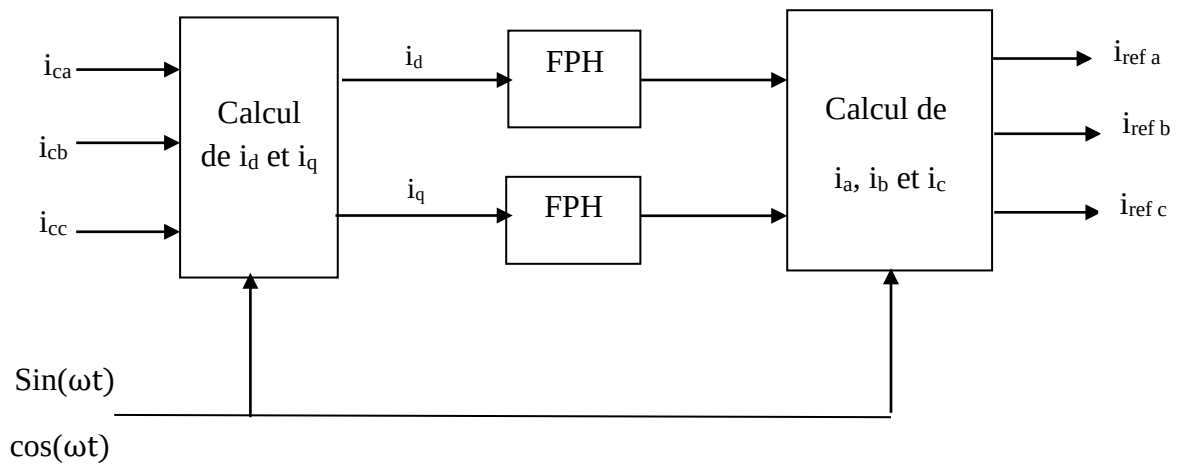


Figure II.4 Méthode du référentiel synchrone

II.3 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté les quatre méthodes d'identification pour l'extraction des courants harmoniques à partir de la connaissance de différentes composantes du courant absorbé par la charge non linéaire. Par conséquent, dans la suite de notre mémoire, nous présenterons les performances de chaque méthode.

CHAPITRE III

SIMULATION ET INTERPRETATIONS

DES RESULTATS

III.1 INTRODUCTION

Aujourd'hui la simulation numérique est l'outil le plus fiable dans presque tous les domaines. Elle permet, d'analyser et donner une vue bien précise sur les systèmes avant d'entamer la partie réalisation.

Dans ce chapitre, nous allons présenter une analyse par simulation numérique sous l'environnement **Matlab- Simulink** de l'ensemble modélisé précédemment avec quatre méthodes d'identification en comparant les résultats obtenus.

Dans un premier temps, Nous avons simulé notre système présenté sur la figure I.5. Les paramètres de la simulation sont donnés dans l'annexe [14].

III.2 RESULTATS DE SIMULATION

Les deux figures suivantes illustrent les courants de ligne des trois phases et uniquement le spectre harmonique de la phase a.

III.2.1 Les courants de ligne

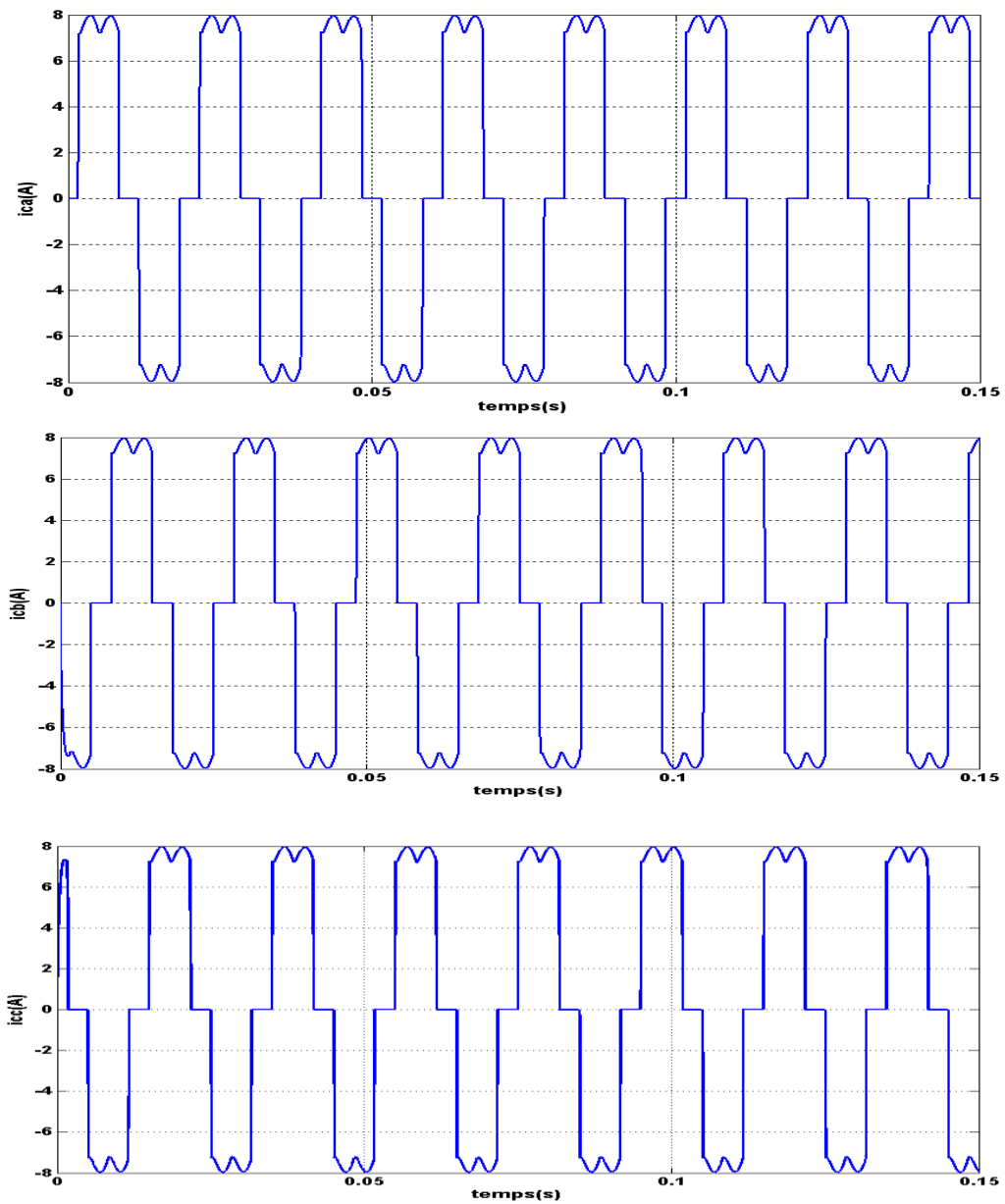


Figure III.1 Courant de charge polluante

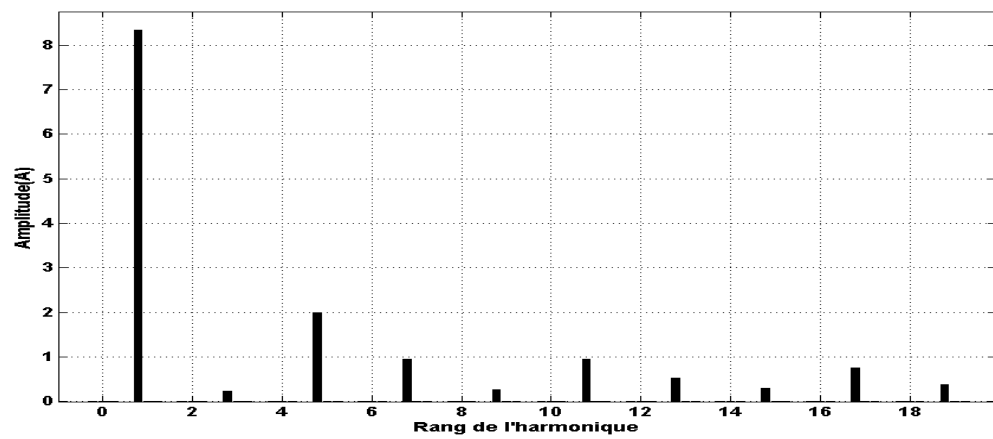


Figure III.2 Le spectre harmonique du courant de charge polluante

III.2.2 La méthode tri-monophasée

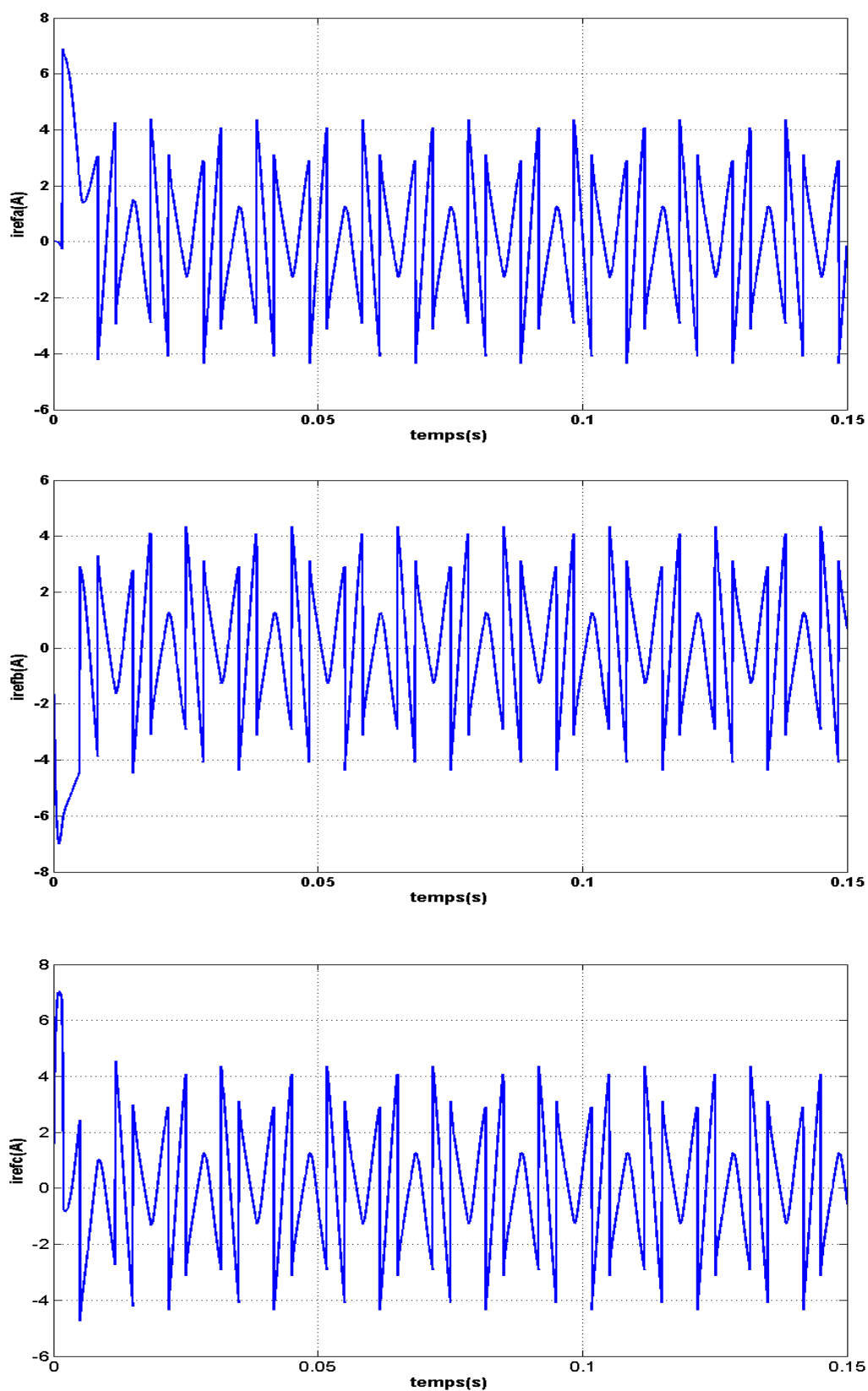


Figure III.3 Courant de référence

III.2.3 La méthode du filtre coupe-bande

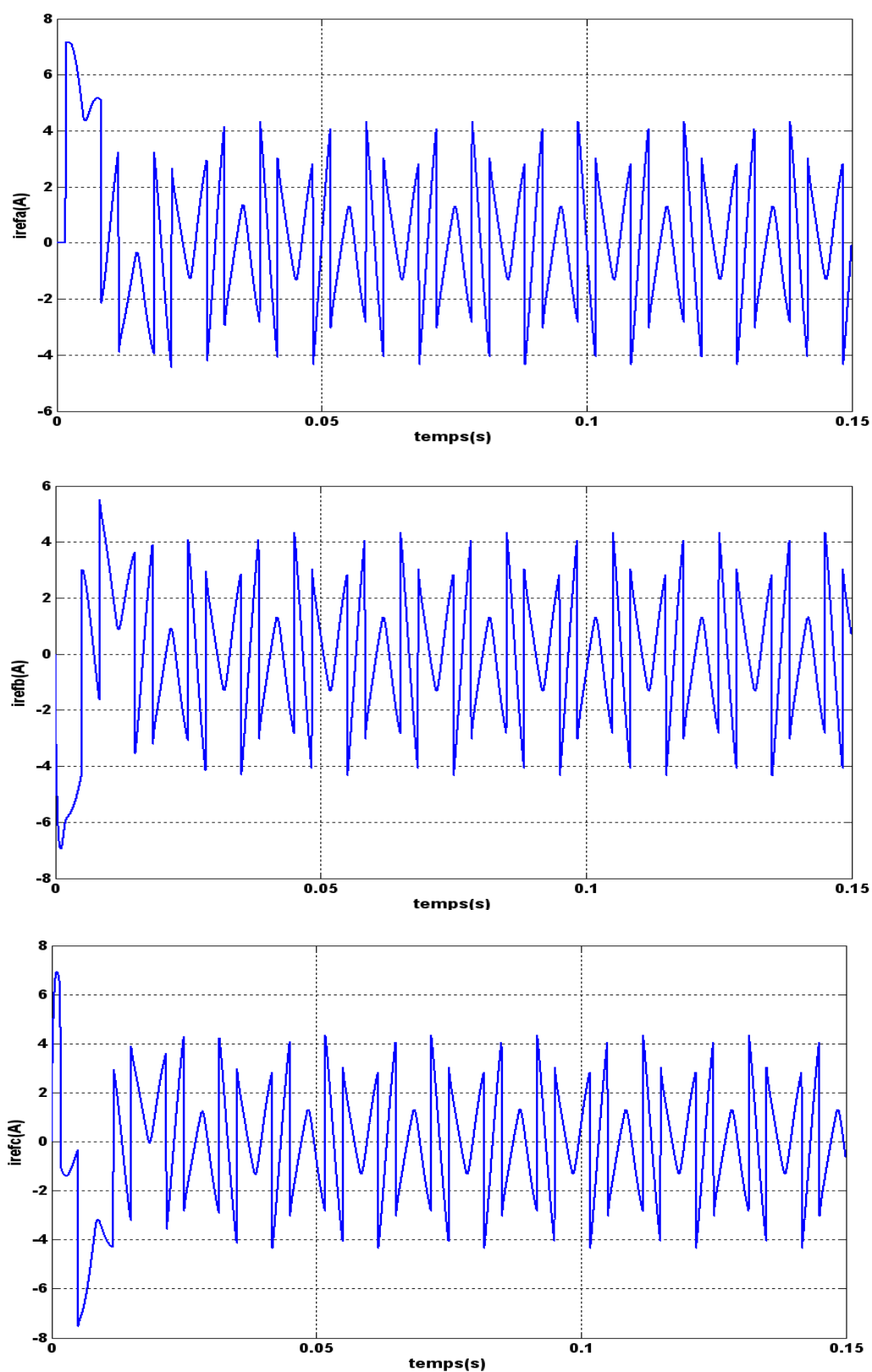


Figure III.4 Courant de référence

III.2.4 La méthode de la puissance instantanée réelle et imaginaire

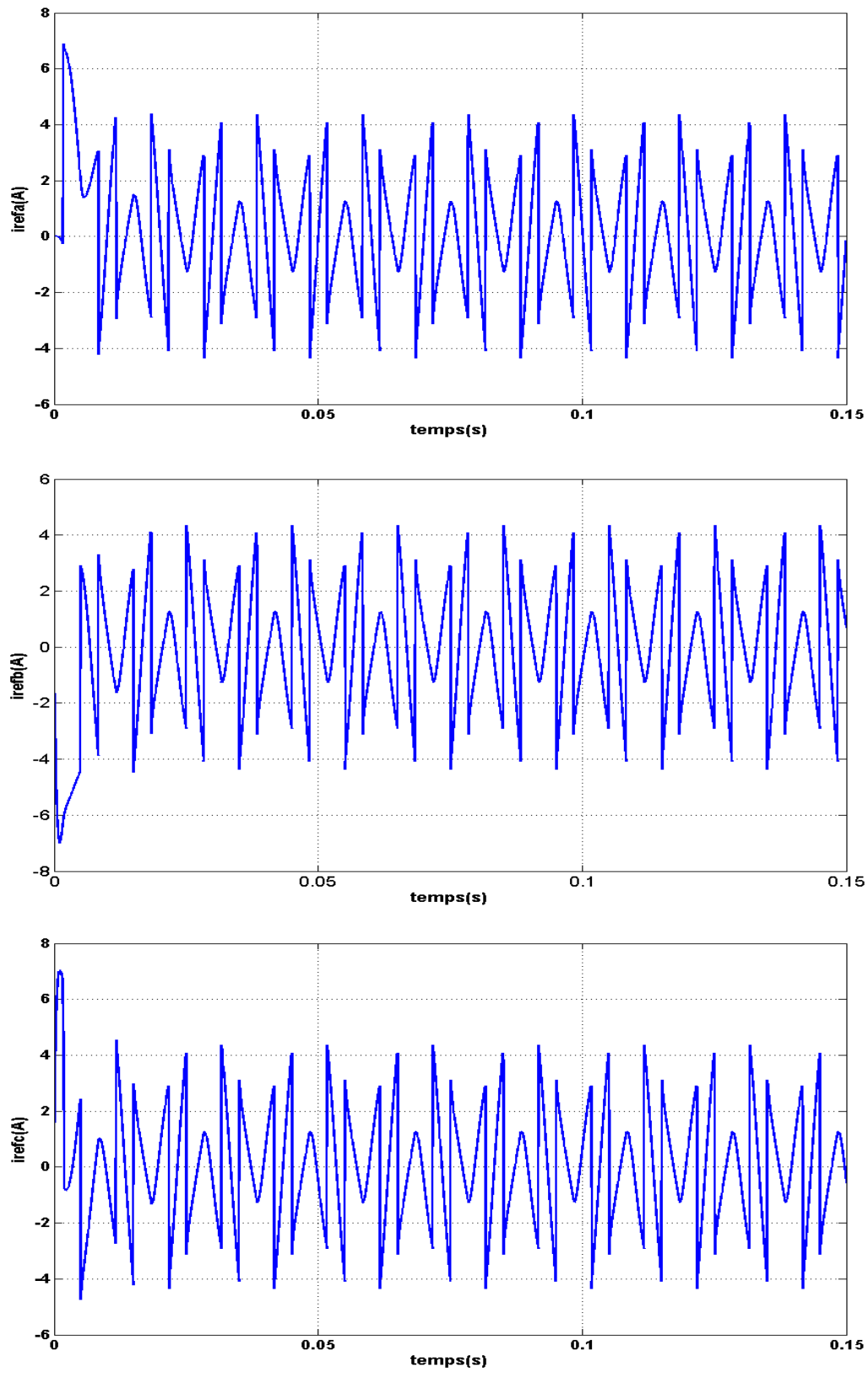


Figure III.5 Courant de référence

III.2.5 La méthode du référentiel synchrone

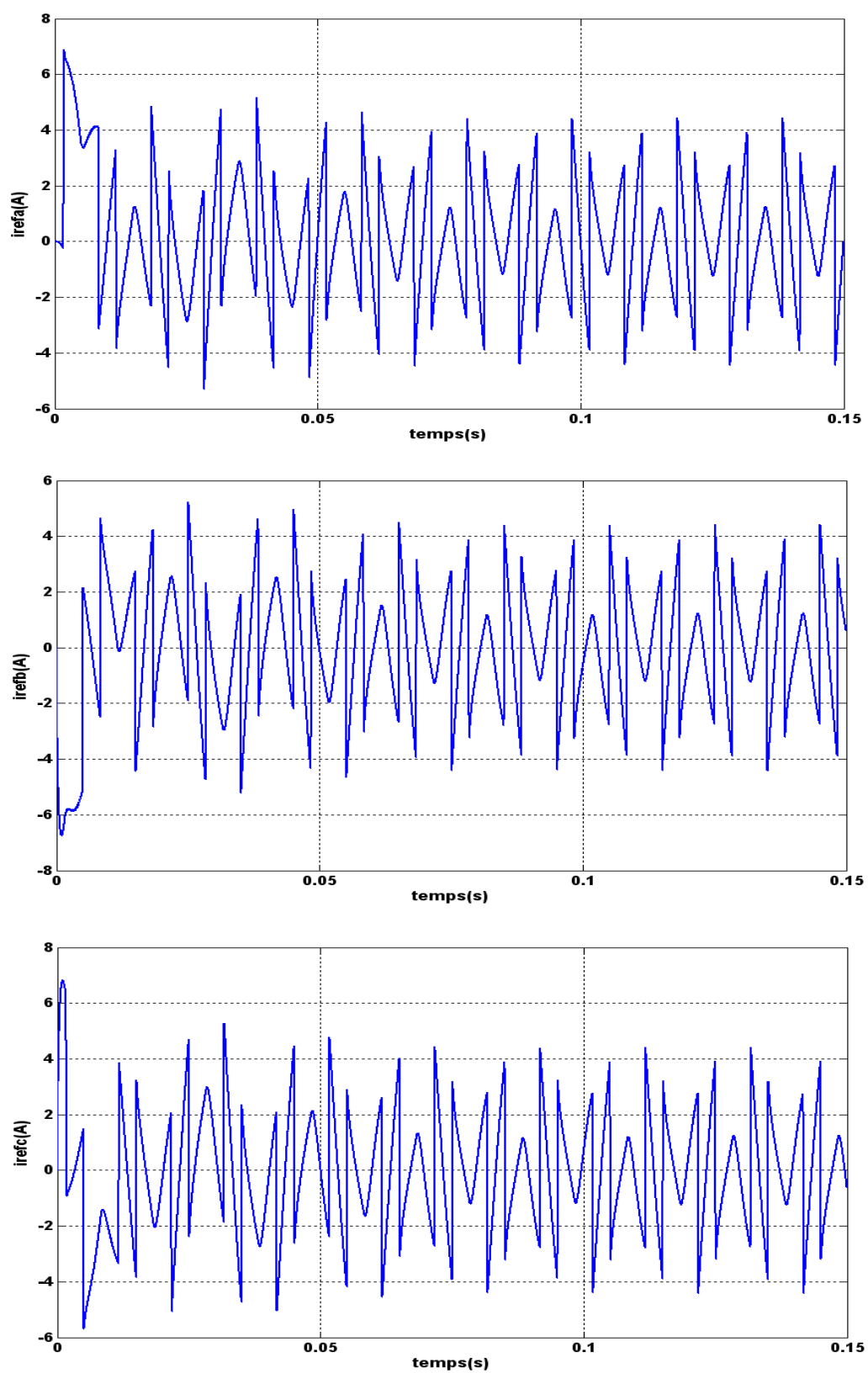


Figure III.6 Courant de référence

III.3 INTERPRETATIONS DES RESULTATS

La figure III.1, présente les trois courants de lignes. Ces derniers sont des formes presque rectangulaires, donc contiennent des harmoniques et l'analyse fréquentielle illustrée par la figure III.2 montre la présence, en plus de la fondamentale (rang 1), des harmoniques de rang 5, 7, ...etc., avec un THD de 30.47% pour une durée d'observation de 0.15s.

Afin de comparer les courants de référence, nous avons choisi six critères de comparaison pour les quatre méthodes. Nous avons évalué ces techniques sur les critères suivants :

- ✘ Nécessite ou pas de la présence d'une méthode d'extraction des tensions;
- ✘ Nécessite ou pas d'une transformation des courants;
- ✘ Utilisation pour les systèmes triphasés;
- ✘ Utilisation pour les systèmes monophasés;
- ✘ Utilisation d'un filtre passe bas pour la séparation des composantes du courant;
- ✘ Performance au niveau du temps de réponse.

Le tableau III.1 récapitule ces différents critères pour chaque méthode d'identification.

Tableau III.1 Comparaison des différentes techniques d'identification

Coupe-bande	Tri-monophasée	PIRI classique	Référentiel synch
Mesure de la tension			
Non	Non	Oui	Non
Besoin d'une transformation du courant			
Non	Non	Oui	Oui
Besoin d'un filtre passe bas			
Oui	Oui	Oui	Oui
Valable pour un système monophasé			
Oui	Oui	Non	Non

Valable pour un système triphasé			
Oui	Oui	Oui	Oui
Temps de réponse			
Moins bonne	Bonne	Bonne	Mauvaise

III.4 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons commencé par présenter la simulation de l'ensemble constitué d'un réseau, d'une charge polluante (redresseur triphasé).

Ensuite, nous avons présenté les résultats de simulation des méthodes présentées précédemment avec interprétation et comparaison.

CONCLUSION GENERALE

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la recherche de meilleures méthodes qui permettent l'amélioration de l'identification des courants perturbateurs.

Dans ce mémoire, nous avons en premier temps mis en évidence les effets liés à la connexion des dispositifs d'électronique de puissance sur la qualité de l'énergie. Des solutions ont été proposées permettant pour remédier à chaque type de perturbation.

Par la suite, nous avons développé les quatre techniques pour l'extraction des harmoniques du courant. Une comparaison entre les performances a été effectuée.

Pour la continuité de ce travail, il est judicieux d'orienter des travaux pour montrer les performances de compensation de courant et l'énergie réactive ou uniquement l'un des deux de chaque méthode dans l'opération de filtrage actif pour juger quelle est excellente méthode.

PARAMETRES DE LA SIMULATION

Réseau d'alimentation	$V_{\text{eff}}=220\text{V}$; $f=50\text{Hz}$
Impédance du réseau	$R_s=0.25\text{m}\Omega$; $L_s=19.4\mu\text{H}$
Charge non linéaire (pont Graetz)	
Charge continue RL	$R=67\Omega$; $L=25\text{mH}$

BIBLIOGRAPHIE

- [1] D. Laurent, «Etude de stratégies de commande d'un filtre actif de type parallèle en vue d'assurer la compensation des harmoniques et déséquilibre », Mémoire du projet de fin d'études, Université Catholique de Louvain, 2006.
- [2] M.Muftah Abdusalam, «Structures et stratégies de commande des filtres actifs parallèle et hybride avec validations expérimentales », Thèse de doctorat, Université Nancy-I, 2008.
- [3] S. Rahmani, K. Al-hadad, and H.Y. Kanaan, «A comparative study of shunt hybrid and shunt active power filters for single – phase applications: simulation and experimental validation », Mathematic and Computers in Simulation, Vol. 71, pp. 345-359, 2006.
- [4] B.Aziz, «Contribution à l'analyse et la réduction de la pollution harmonique dans le réseau électrique », Mémoire de magister, Université Annaba, 2007.
- [5] D.Ouled Abdeslam, «Techniques neuromimétiques pour la commande dans les systèmes électriques : application au filtrage actif parallèle dans les réseaux électriques basse tension », Thèse de doctorat, Université UHA Mulhouse, 2005.
- [6] B.Szabados, «Répercussions sur le réseau électrique de l'alimentation des convertisseurs de grande puissance », RGE, Vol.12, pp.791-796,1984.
- [7] P.Sagarzi, S.Théoleyre, «Optimisation des installations de compensation en présences d'harmoniques », RGE, Vol.26, pp.12-17,1988.
- [8] M.A.E.Alali, «Contribution à l'étude des compensateurs actifs des réseaux électriques basse tension », Thèse de doctorat, Université de Louis Pasteur, 2002.
- [9] N. Bruyant, «Etude et commande généralisées de filtres actifs parallèles, compensation global ou sélective des harmoniques, régime équilibré ou déséquilibré », Thèse de doctorat, l'université de Nantes, 1999.
- [10] T. ghennam, «Etude et réalisation d'un compensateur actif de puissance commandé par DSP », Mémoire de magister, EMP, Alger, 2005.
- [11] H.Djeghloud, «Filtrage actif de puissance », Thèse de doctorat, Université Constantine, 2007.
- [12] M.Choukri Benhabib, «Contribution à l'étude des différentes topologies et commandes des filtres actifs parallèles à structure tension : modélisation, simulation et validation expérimentale de la commande », Thèse de doctorat, Université Nancy-I, 2004.

- [13] S. beaulieu, «Étude et mise au point d'un filtre actif d'harmoniques en vue d'améliorer la qualité de l'alimentation électrique », Mémoire de la maîtrise, Université du Québec, 2007.
- [14] M. Salo, «Microcontroller based control of current source PWM converter applications », Doctorat Thesis, Tampere University of Technology, Finland, 2002.