

L.T D�odat TS1 ET	<b>PSIM / TP4</b> <b>Atténuation des harmoniques par filtrage passif</b>	Essais de système
----------------------	---	-------------------

On utilise le logiciel de simulation de circuits électriques PSIM pour analyser les formes d'onde du courant absorbé par un variateur monophasé qui alimente un moteur asynchrone.

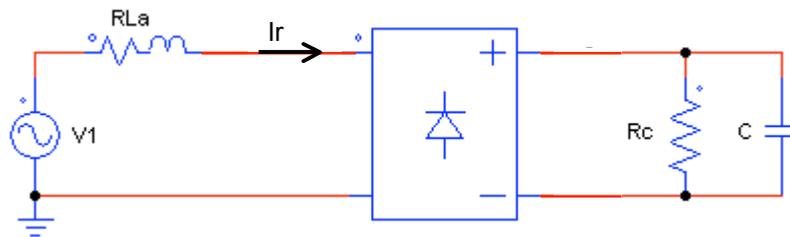
On s'intéresse particulièrement au taux de distorsion harmonique de ce courant et aux remèdes utilisés pour l'améliorer.

## 1. Etude du courant et des puissances

### Schéma de simulation

La structure de puissance d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone est constituée d'un pont de diodes avec filtre capacitif en entrée et d'un onduleur MLI en sortie. L'ensemble moteur-onduleur peut être modélisé simplement par une résistance, dans laquelle est dissipée la puissance active. Vue de l'entrée, le moto-variateur peut être modélisé par un circuit **redresseur à diodes-capacité-résistance**.

On prend en compte l'impédance du réseau d'alimentation ( $R_a$ ,  $L_a$ ).



Données :

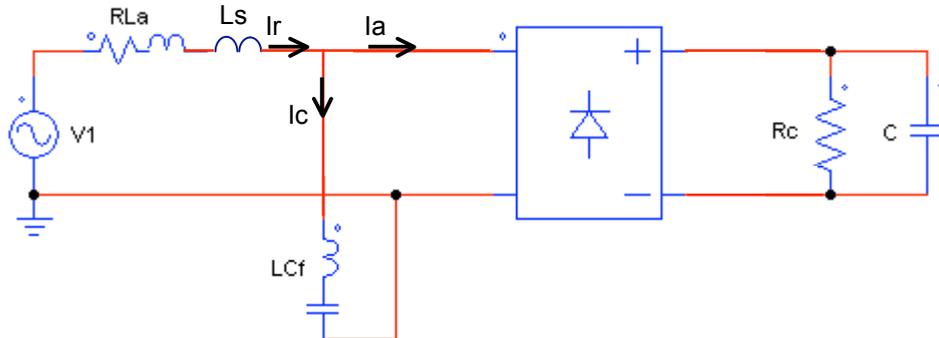
- Réseau monophasé : 230 V - 50 Hz
- $R_c = 15 \Omega$
- $C = 5 \text{ mF}$
- $R_a = 400 \text{ m}\Omega$  ;  $L_a = 0,2 \text{ mH}$ .

### Simulation et résultats

- ✓ Réaliser la saisie du schéma à simuler, en ajoutant les sondes nécessaires pour visualiser le courant alternatif  $I_r$ , la tension en entrée du pont  $V_a$  et mesurer les puissances active  $P$  et réactive  $Q$ .
- ✓ Après avoir paramétré l'horloge de simulation pour pouvoir visualiser 3 périodes du courant en régime permanent établi, réaliser la simulation.
- ✓ Visualiser et imprimer le graphe du courant  $I_r$  et de la tension  $V_a$ . Mesurer la valeur efficace et la valeur crête de  $I_r$  et la valeur efficace de  $V_a$ .
- ✓ Mesurer  $P$  et  $Q$ . Calculer  $S$  : puissance apparente. En déduire  $D$  : puissance déformante.
- ✓ Utiliser le module FFT pour réaliser la décomposition spectrale du courant  $I_r$ . Visualiser et imprimer le spectre jusqu'à l'harmonique de rang 11. Pour les 4 premiers harmoniques présents, évaluer le taux de distorsion individuel d'harmonique. En déduire le taux de distorsion global d'harmonique.

## 2. Filtrage passif par filtre LC + inductance série

Pour atténuer le taux d'harmoniques du courant débité par la source, on peut utiliser une inductance placée en série entre la source d'alimentation et le variateur (inductance de ligne  $L_s$ ), associée à un filtre LC accordé sur 150 Hz.



Données :

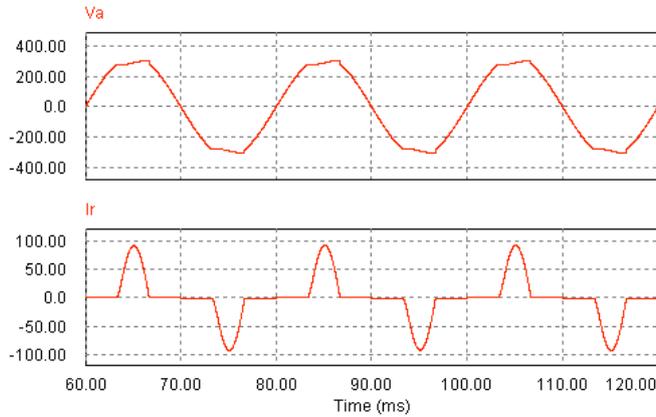
- Réseau monophasé : 230 V - 50 Hz
- $R_c = 15 \Omega$
- $C = 5 \text{ mF}$
- $R_a = 400 \text{ m}\Omega$  ;  $L_a = 0,2 \text{ mH}$
- $L_s = 1,5 \text{ mH}$
- $C_f = 25 \mu\text{F}$  ;  $L_f = 45 \text{ mH}$ .

### Simulation et résultats

- ✓ Réaliser la saisie du schéma à simuler, en ajoutant les sondes nécessaires pour visualiser les courants :
  - d'alimentation du variateur :  $I_a$
  - dans le filtre LC :  $I_c$
  - débité par le réseau :  $I_r$
- ✓ Après avoir paramétré l'horloge de simulation pour pouvoir visualiser 3 périodes du courant en régime permanent établi, réaliser la simulation.
- ✓ Visualiser et imprimer le graphe des courants  $I_a$ ,  $I_c$  et  $I_r$ . Mesurer la valeur efficace et la valeur crête de  $I_r$ .
- ✓ Utiliser le module FFT pour réaliser la décomposition spectrale des courants  $I_r$  et  $I_c$ . Visualiser et imprimer les spectres jusqu'à l'harmonique de rang 11. Pour le fondamental et les 4 premiers harmoniques,
  - évaluer la valeur efficace de chaque composante de  $I_r$  et  $I_c$  ;
  - en déduire le taux de distorsion individuel d'harmonique de  $I_r$ , puis le taux de distorsion global d'harmonique.
- ✓ Commenter les résultats. En particulier, comparer la décomposition spectrale du courant  $I_r$  avec et sans filtrage.

### 1 . Etude du courant et des puissances

- Formes d'ondes



- Mesure du courant  $I_r$  :

		<i>Valeur eff. (A)</i>	<i>Valeur crête (A)</i>
Courant réseau	$I_r$	<b>37,2</b>	<b>92,4</b>

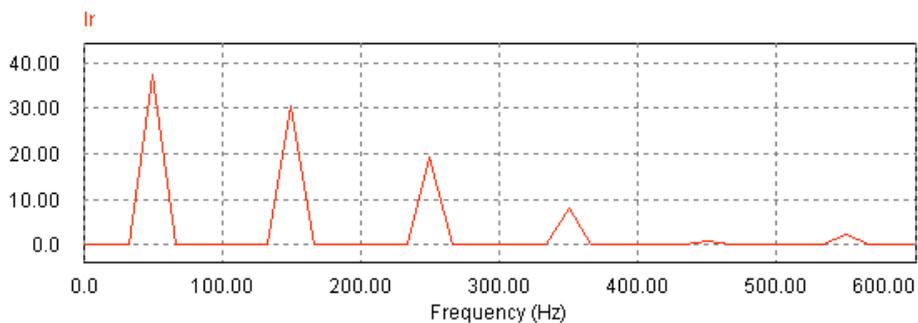
- Mesure des puissances :

<i>Expression de S :</i>	$S = V_1 \cdot I_r$
<i>Expression de D :</i>	$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$

*Résultats de mesures et de calculs :*

<b>P (W)</b>	<b>Q (VAr)</b>	<b>S (VA)</b>	<b>D (VA)</b>
<b>5 500</b>	<b>100</b>	<b>8 500</b>	<b>6500</b>

- Décomposition spectrale de  $I_r$  :



- Valeur efficace de chaque composante :

	Composante	Valeur eff. (A)	THD <sub>h<sub>i</sub></sub> (%)
Courant réseau : I <sub>r</sub>	I <sub>rf</sub>	26,4	
	I <sub>rh3</sub>	21,5	81
	I <sub>rh5</sub>	13,6	51
	I <sub>rh7</sub>	5,8	22
	I <sub>rh9</sub>	0,5	2

- Taux de distorsion harmonique :

Expression du THD/f	Résultat
$THD = \frac{\sqrt{\sum I_h^2}}{I_f}$	THD = <b>99 %</b>

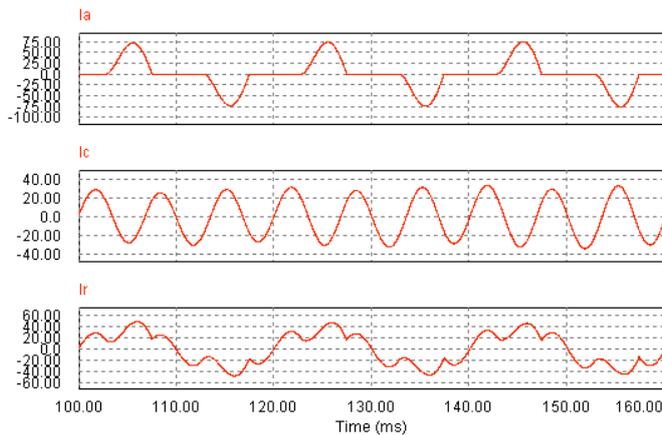
- Interprétation des résultats :

*Le fondamental du courant réseau est en phase avec la tension : la puissance réactive est pratiquement nulle.*

*Les harmoniques de rang faible (3 et 5) ont une amplitude élevée : le courant est fortement déformé. Le THD est pratiquement égal à 100 % (la puissance déformante est du même ordre de grandeur que la puissance active).*

## 2 . Filtrage passif par filtre LC + inductance série

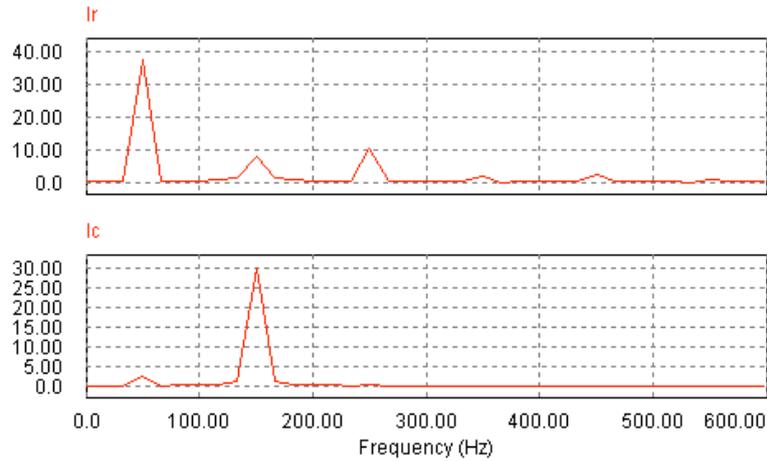
- Formes d'ondes



- Mesure du courant I<sub>r</sub> :

		Valeur eff. (A)	Valeur crête (A)
Courant réseau	I <sub>r</sub>	28,3	46

• Décomposition spectrale :



• Valeur efficace de chaque composante :

Composante	Courant réseau $I_r$		Courant filtre $I_c$
	Valeur eff. (A)	$THD_{h_i}$ (%)	Valeur eff. (A)
$I_f$	<b>26,4</b>		<b>1,8</b>
$I_{h3}$	<b>5,7</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
$I_{h5}$	<b>7,4</b>	<b>28</b>	
$I_{h7}$	<b>1,3</b>	<b>4,9</b>	
$I_{h9}$	<b>1,5</b>	<b>5,6</b>	

• Taux de distorsion global d'harmonique :

**THD = 36 %**

• Interprétation des résultats :

*Le THD global a été divisé, à peu près, par 3. Cela se traduit par une diminution de 24 % de la valeur efficace du courant réseau.*

*L'amplitude de tous les rangs d'harmoniques a diminué : c'est dû à l'effet de filtrage de l'inductance série  $L_s$ .*

*La valeur efficace de l'harmonique de rang 3 du courant réseau est très atténuée (elle passe de 21,5 A à 5,7 A) : c'est dû au filtre LC parallèle dont la fréquence propre (150 Hz) a été fixée à celle du rang 3, pour dériver l'harmonique 3. On le retrouve, en effet, dans le courant du filtre ( $I_{h3} \approx 21$  A). Par contre, la composante 50 Hz du courant dans le filtre est faible (1,8 A) : le filtre a été dimensionné pour ne pas augmenter le fondamental du courant réseau.*