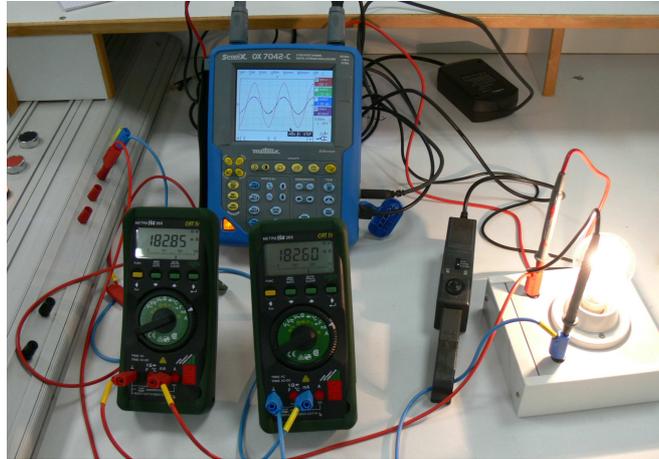


**Contexte :**

Désireux de réaliser des économies d'énergie, on remplace les lampes à incandescence du logement associé à notre zone de production, par des lampes à économie d'énergie.

**1 - lampe à incandescence :****2.1 - Mesures :**

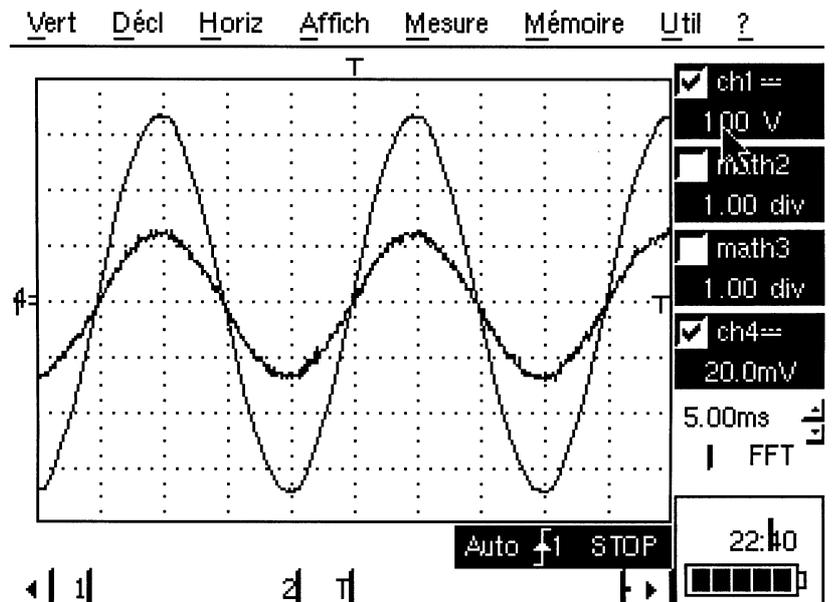
Courant :  $I = 183 \text{ mA}$

**2.2 - Relevés :**

Allures des signaux :

Tension : sinusoïdale

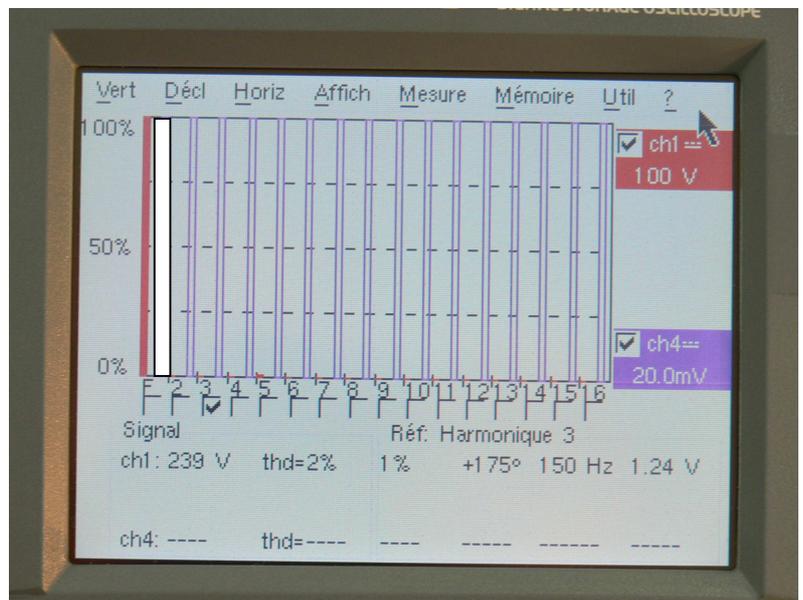
Courant : sinusoïdal



Harmoniques :

Le signal intensité est essentiellement composé de :

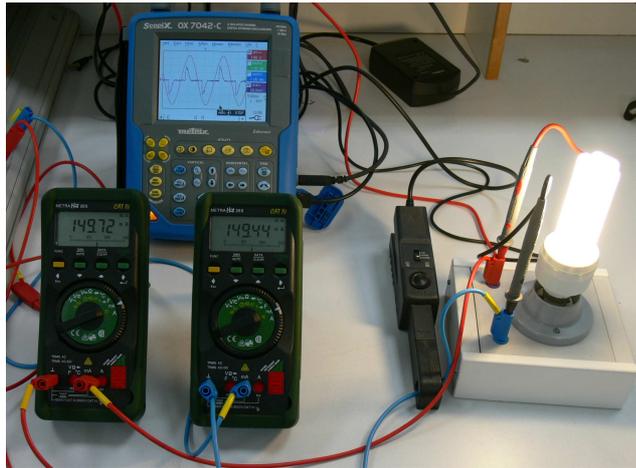
- la fondamentale (50Hz).



## 2 - lampe à économie d'énergie (fluorescente):

### 2.1 - Mesures :

Courant :  $I = 150 \text{ mA}$

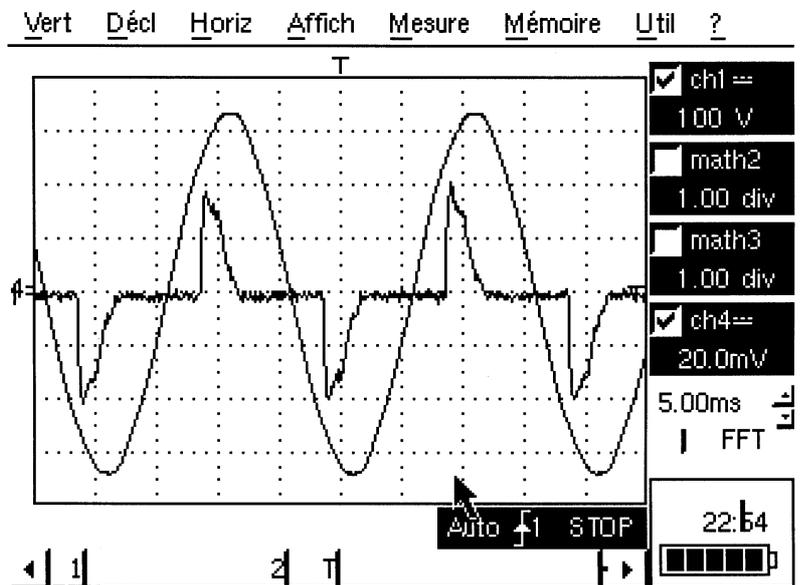


### 2.2 - Relevés :

Allure des signaux (oscilloscope) :

Tension : sinusoïdale

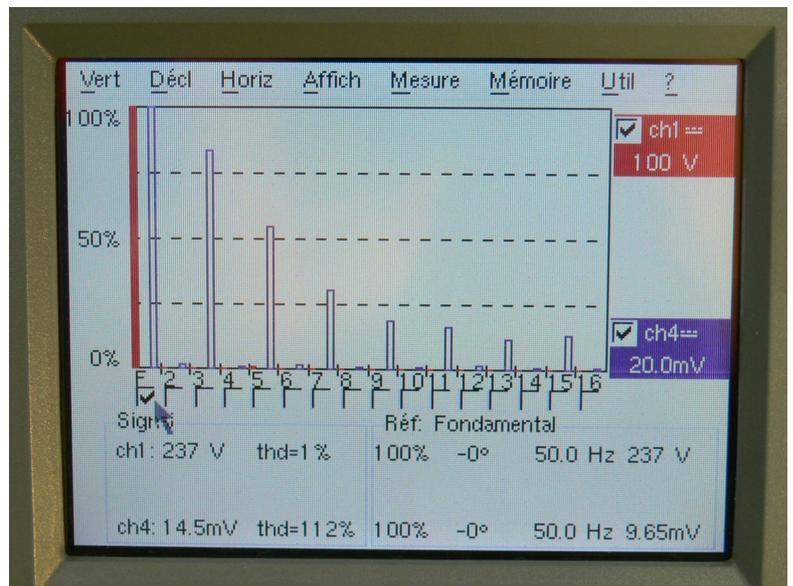
Courant : alternatif, non sinusoïdal



Harmoniques (oscilloscope) :

Le signal intensité est essentiellement composé de :

- la fondamentale (50Hz).
- l'harmonique de rang 3 (80%)
- l'harmonique de rang 5 (52%)
- l'harmonique de rang 7 (30%)
- l'harmonique de rang 9 (23%)
- l'harmonique de rang 11 (20%)
- ...



Le contrôleur Fluke 41 permet, en plus de l'affichage des harmoniques comme ci-dessus, de connaître :

- en % la valeur du signal par rapport à la valeur totale du signal (fondamentale + harmoniques),
- en % la valeur du signal par rapport à la fondamentale (comme ci-dessus),
- la fréquence du signal pour chaque rang
- le déphasage du signal de chaque rang par rapport à la fondamentale

H1	H3	H5	H7	H9	H11	Harmonique de rang n
100%	82%	51%	29%	24%	20%	% par rapport à la fondamentale
67.4%	54.8%	34%	19%	16.4%	13.6%	% par rapport à la valeur totale
31°	-118°	113°	4°	-95°	150°	Déphasage i / U
50Hz	150Hz	250Hz	350Hz	450Hz	550Hz	Fréquence du signal

### 3 - Signification des relevés :

#### 3.1 - Lampe à incandescence :

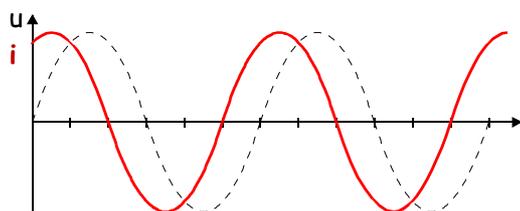
Le signal courant est sinusoïdal, déphasé ou non, non déformé : l'oscilloscope indique que la totalité du signal est de rang 1 (fondamentale)

#### 3.2 - Lampe à économie d'énergie (fluorescente) :

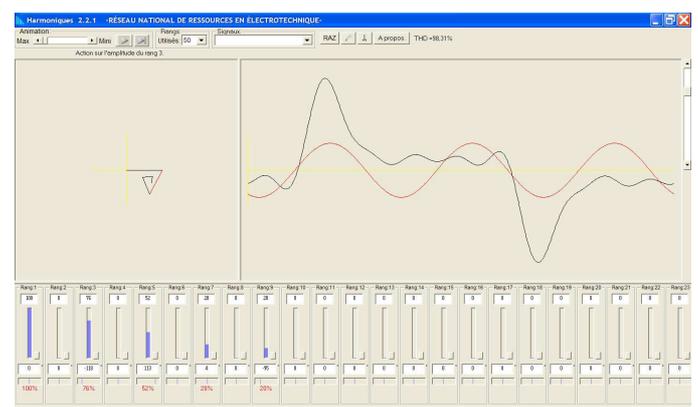
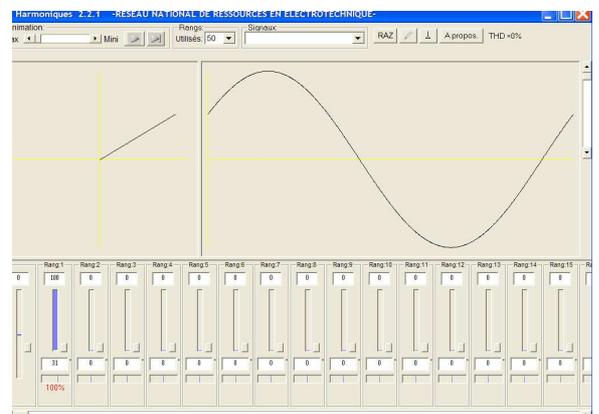
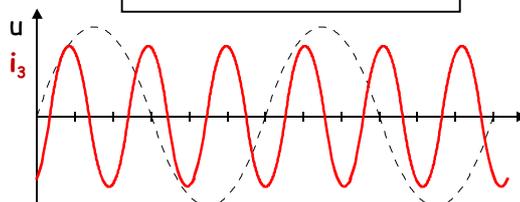
Le signal courant n'est plus sinusoïdal. Cette déformation indique la présence d'harmoniques.

### 4 - Constitution du signal :

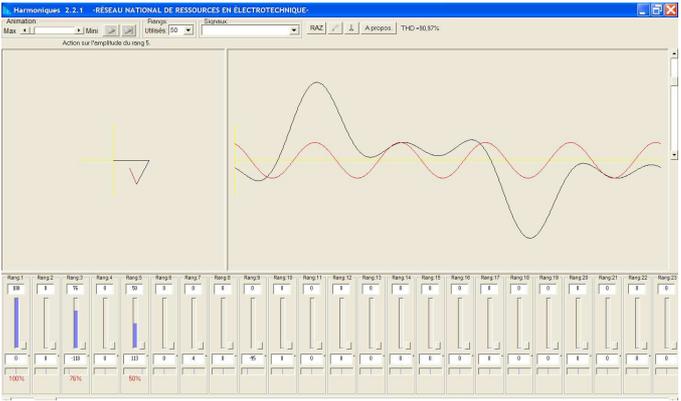
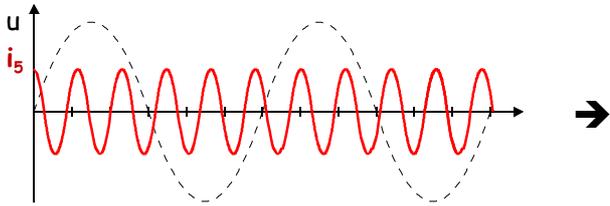
On démontre qu'un signal déformé est le résultat de la somme de signaux fondamentaux, de fréquence et de niveaux différents. (utilisation du logiciel « Harmoniques » téléchargeable sur RESELEC)



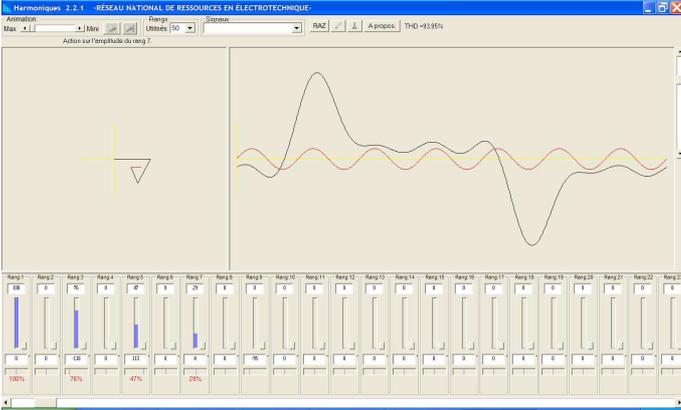
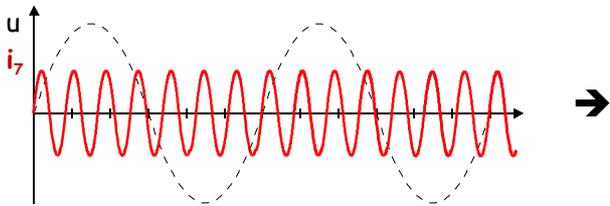
Fondamentale 50 Hz  
+  
harmonique rang 3



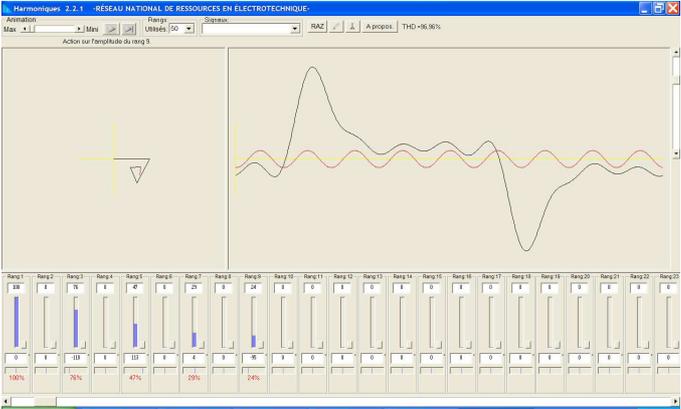
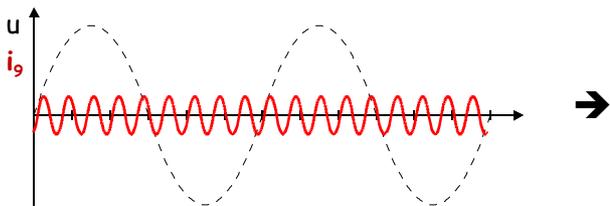
+  
harmonique rang 5



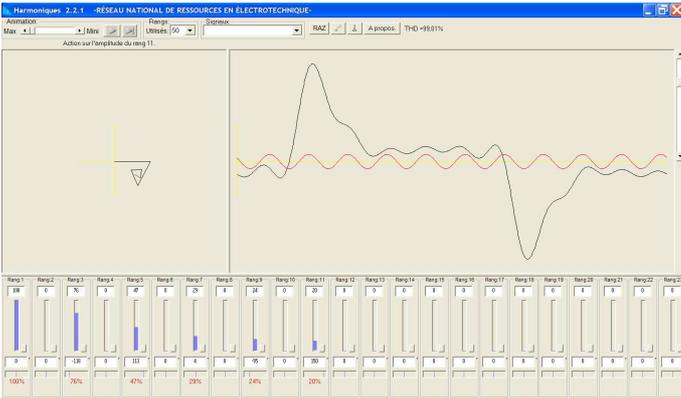
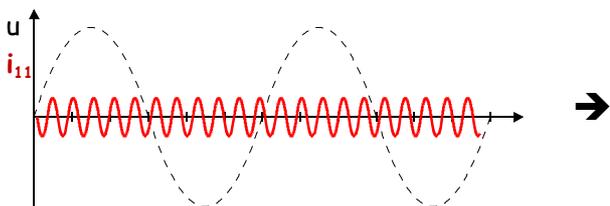
+  
harmonique rang 7



+  
harmonique rang 9



+  
harmonique rang 11



## 5 - Mesures complémentaires :

En plus de spectre des harmoniques, le contrôleur donne les valeurs suivantes :

Valeurs	Explications
18W	Puissance P active totale
30 VA	Puissance S apparente totale
0,59 PF	Facteur de puissance P/S avec toutes les harmoniques ( $\lambda$ )
10 VAR	Puissance réactive Q fondamentale
0,86 DPF	Cos $\varphi$ fondamental (P/S fondamentales)
0,13 A RMS	Intensité efficace
0,40 A PK	Intensité crête
73% THD-R	Valeur efficace des harmoniques / valeur efficace totale
110% THD-F	Valeur efficace des harmoniques / Valeur efficace fondamentale
2,96 CF	Facteur de crête

TH : taux de distorsion harmonique.

Il donne une mesure de l'influence thermique de l'ensemble des harmoniques.

$$THD=100\sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{n=\infty}(Y_n^2)}{Y_1}}$$

$Y_n$  : valeur efficace de la composante déformée de rang n

$Y_1$  : valeur efficace du fondamental

CF : facteur de crête.

Rapport entre la valeur maxi et la valeur efficace

$$F_c = \frac{I_{\max}(1/2 \text{ période})}{I_{RMS}} \quad F_c = \frac{0,4}{0,13} = 3$$

Le facteur de crête d'un signal sinusoïdal est  $\sqrt{2}$ .

PF : Facteur de puissance.

Rapport entre les puissances active P et apparente S.

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{18}{30} = 0,6$$

DPF : Facteur de déphasage.

Rapport entre les grandeurs fondamentales  $P_1$  et  $S_1$ .

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{S_1} = 0,86$$

*Ces deux termes ne sont égaux que si les courants et les tensions sont sinusoïdaux*

Facteur de déformation :

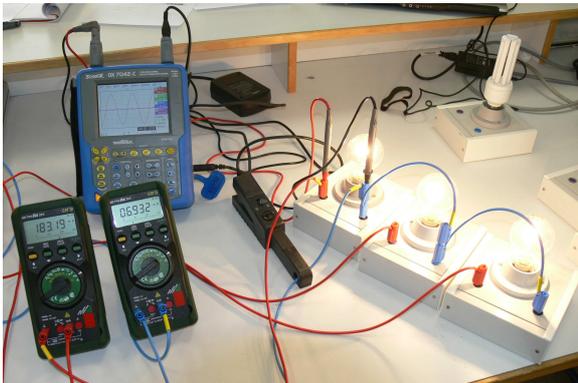
Rapport entre le facteur de puissance et le cos  $\varphi$ .

$$v = \frac{\lambda}{\cos\varphi} = \frac{0,6}{0,86} = 0,7$$

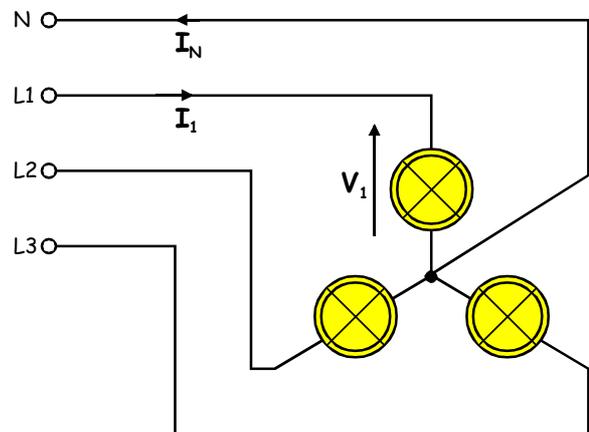
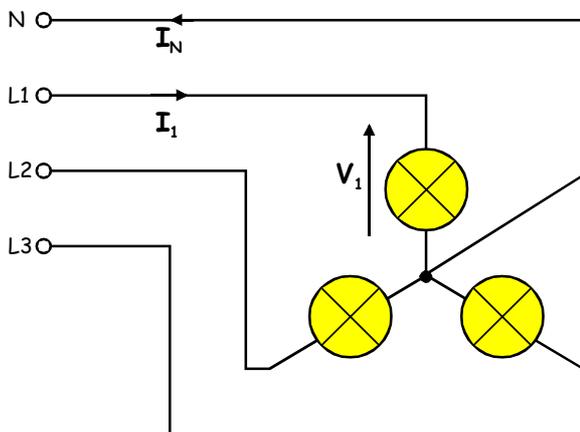
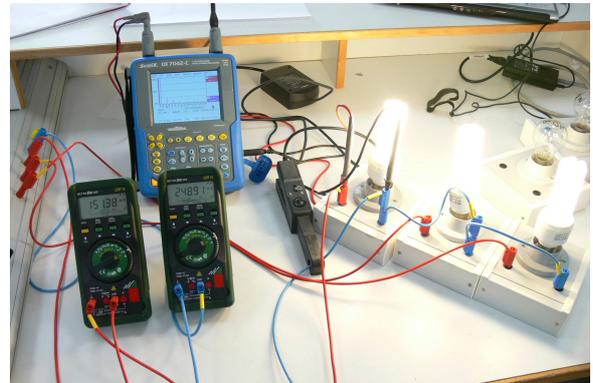
## 6 - Conséquences :

Distribution triphasée :

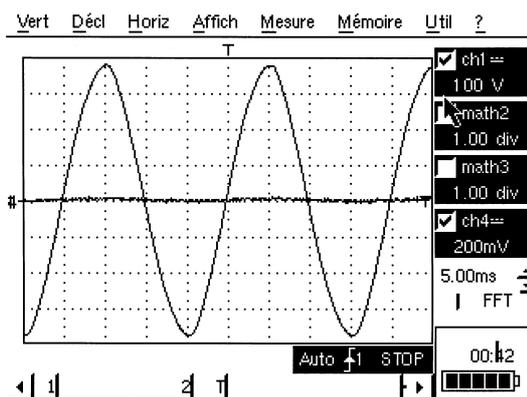
Lampes à incandescence



Lampes à économie d'énergie



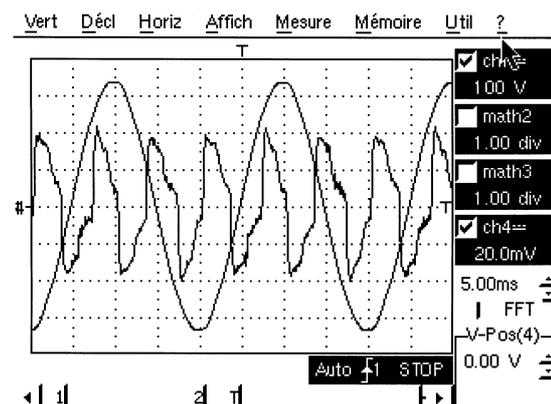
Visualisation de  $I_N$



Mesure de I

$I_1 = 183 \text{ mA}$   
 $I_N = 0 \text{ mA}$

Visualisation de  $I_N$



Mesure de I

$I_1 = 150 \text{ mA}$   
 $I_N = 249 \text{ mA}$

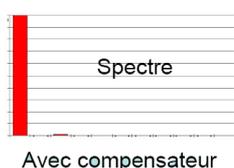
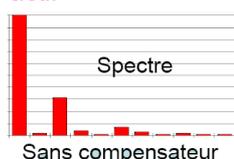
**Conclusion :** En cas de présence d'harmoniques, notamment de rang 3, le courant dans le neutre n'est pas nul, même en cas de montage étoile équilibré.

Les effets :

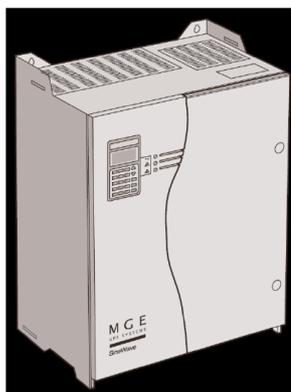
Matériels	Effets	Limites
<b>Condensateurs de puissance</b>	Echauffement, vieillissement prématuré (claquage), résonance	$I < 1,3 I_n$ (THD < 83%), ou $U < 1,1 U_n$ pour 12 h/j en HTB ou 8h/j en BT
<b>Moteurs</b>	Pertes et échauffements supplémentaires. Réduction des possibilités d'utilisation à pleine charge. Couple pulsatoire (vibrations, fatigue mécanique). Nuisances sonores.	Facteur de variation harmonique selon norme CEI 892 < ou = à 2%
<b>Transformateurs</b>	Pertes (ohmique - fer) et échauffements supplémentaires. Vibrations mécaniques. Nuisances sonores.	
<b>Disjoncteurs</b>	Déclenchements intempestifs (dépassement des valeurs crêtes de la tension).	$U_h / U_1 < \text{ou} = 6$ à 12%
<b>Câbles</b>	Pertes diélectriques et ohmiques supplémentaires (particulièrement dans le neutre en cas de présence d'harmoniques de rang 3).	THD < ou = à 10% $U_h / U_1 < \text{ou} =$ à 5%
<b>Ordinateurs</b>	Troubles fonctionnels	$U_h / U_1 < \text{ou} =$ à 5%
<b>Electronique de puissance</b>	Troubles liés à la forme d'onde (commutation, synchronisation).	

Les remèdes :

Les actions de dépollution : compensateur actif



Sine Wave de 20 à 480A



Pour limiter l'influence des courants dus aux harmoniques, les solutions à adopter sont :

- l'emploi de transformateurs D/y (triangle / étoile) en BTA/BTA pour isoler les générateurs d'harmoniques,
- la mise en place de filtres de rang 3 et 5 sur les variateurs et alimentations à découpage,
- le montage en série avec les condensateurs d'une inductance anti-harmoniques,
- la non-utilisation du schéma TNC des liaisons à la terre.