

## Harmoniques et relèvement d'un facteur de puissance. Sensibilisation à la C.E.M.

### Objectif :

Relever un facteur de puissance de 0,3 à 0,9 environ. Observer et limiter les perturbations électromagnétiques.

### Matériel :

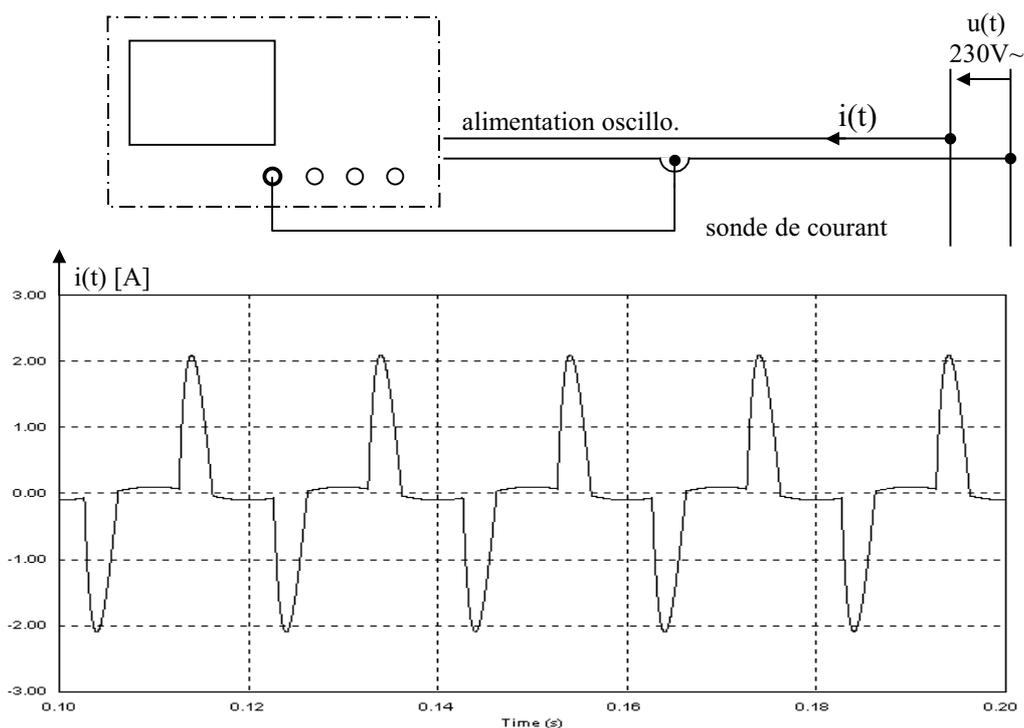
5 bobines de laboratoire variable 1 H / 250 V  
 1 condensateur non polarisé 5  $\mu\text{F}$  / 750 V.  
 1 condensateur non polarisé 1  $\mu\text{F}$  / 250 V  
 1 pince wattmètre (Chauvin Arnoux F27 par exemple).  
 1 GBF.  
 1 sonde de courant.  
 1 analyseur de spectre (optionnel).  
 1 oscilloscope quelconque (Hewlett Packard type 54501 A ici).

*Vous avez appris que, sous une alimentation en tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz, seul un courant sinusoïdal et de même fréquence développait la puissance active de l'appareil qui y était branché. Or, la plupart du temps, les appareils n'appellent pas de courant sinusoïdal : le courant est plus ou moins déformé (par rapport à la sinusoïde) et possède dans ce cas des harmoniques. Ainsi, seul le fondamental de ce courant contribue, avec la tension, à l'apport de l'énergie consommée par l'appareil : les harmoniques du courant n'apportent pas cette énergie (car leur fréquence est différente de 50 Hz) et contribuent malheureusement à augmenter inutilement son intensité efficace. Au niveau de l'alimentation de l'appareil, cela se traduit par une puissance apparente plus élevée que la puissance active développée. Or c'est la puissance apparente qui dimensionne l'alimentation de l'appareil (protection, tenue en tension et en courant de ses composants) et qui dimensionne également le réseau d'alimentation sur lequel il est branché : elle doit donc être aussi faible que possible, c'est à dire se rapprocher au maximum de la puissance active développée par l'appareil, afin d'être économique.*

Certaines questions de ce T.P. se préparent théoriquement chez soi, avant d'intervenir le jour de la séance de TP : il est donc impératif de lire ce TP et de le préparer avant la séance.

### 1. Problème observé.

Nous possédons un oscilloscope Hewlett Packard qui, alimenté sous 230 V, développe un courant non sinusoïdal. L'allure du courant peut être observée en branchant une sonde courant sur un fil de son alimentation et en observant sur l'oscilloscope lui - même l'allure du courant qu'il appelle :



Cette allure du courant est typique d'une alimentation redressée par un pont de Graëtz avec lissage capacitif (pour réaliser une alimentation à découpage par exemple).

1. Observez l'allure du courant appelé par l'oscilloscope (un bornier permet une visualisation aisée du courant). Placez ensuite une pince-wattmètre (Chauvin Arnoux F27 par exemple) et relevez les indications suivantes :

courant efficace de ligne :	$I \approx$	A
puissance apparente :	$S \approx$	VA
puissance active :	$P \approx$	W
puissance réactive :	$Q \approx$	Var
$\cos \varphi$ :	DPF $\approx$	
facteur de puissance :	PF $\approx$	

2. Commentez les valeurs données. Pourquoi a - t - on  $DPF \neq PF$  ?

## 2. Relèvement du facteur de puissance

Nous connaissons les relations suivantes :

$$PF = \frac{P}{S}$$

$Q = P \cdot \tan \varphi$  avec  $\varphi$  le déphasage  $u(t) / i_1(t)$  avec  $i_1(t)$  le fondamental du courant  $i(t)$   
 $S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$  avec D la puissance déformante.

"Relever le facteur de puissance" consiste à augmenter PF de manière à le rapprocher le plus possible de la valeur 1. Cela revient à avoir  $S \approx P$  : il faut donc réduire Q et D (les annuler si possible).

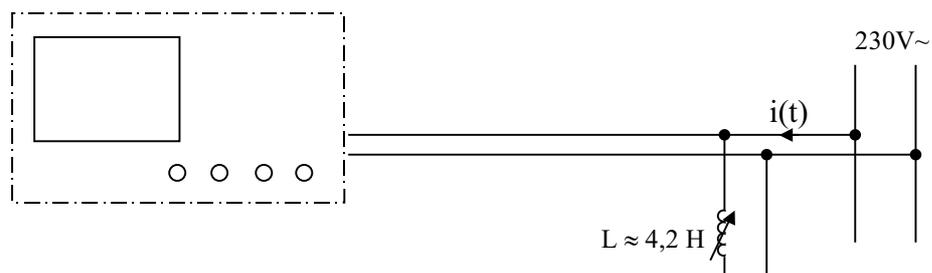
### 2.1. Réduction de Q.

Il s'agit d'obtenir  $Q \approx 0$  : cela signifie que l'on veut augmenter le  $\cos \varphi$  vu par la ligne d'alimentation : on dit que l'on réalise un "compensation de puissance réactive". Cela est réalisé en prenant une charge capacitive C ou inductive L que l'on place directement aux bornes de l'appareil alimenté.

3. Observez le signe de la puissance réactive Q développée par l'oscilloscope : a - t - on besoin d'une inductance ou d'un condensateur pour l'annuler ?

4. Câblez le montage ci-dessous et relevez les indications de la pince wattmètre après avoir ajusté la valeur de l'inductance de manière à obtenir un  $DPF \approx 1$  :

courant efficace de ligne :	$I \approx$	A
puissance apparente :	$S \approx$	VA
puissance active :	$P \approx$	W
puissance réactive :	$Q \approx$	Var
$\cos \varphi$ :	DPF $\approx$	
facteur de puissance :	PF $\approx$	



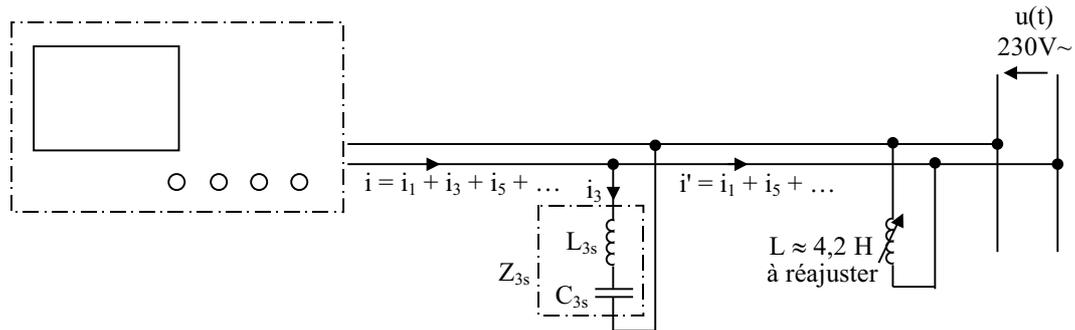
5. Justifiez la valeur approximative de l'inductance. Commentez les résultats.

**2.2. Réduction de D.**

Réduire D revient à réduire l'amplitude des harmoniques de courant.

**6.** Observez le spectre du courant  $i(t)$  du montage précédent : quelles informations en tirez - vous ?

On souhaite supprimer l'harmonique 3 du courant (noté  $i_3$  dans la suite de l'exposé). La littérature spécialisée nous conseille de prendre "un piège à harmonique" qui consiste en un filtre LC série qui possède une impédance nulle à la fréquence de résonance que l'on choisie alors à  $f_3 = 3 \times 50 = 150$  Hz pour l'harmonique 3. L'impédance nulle a pour effet de court-circuiter l'harmonique 3 du courant qui, de ce fait, ne "remonte" plus vers le réseau d'alimentation et contribue donc à abaisser D.



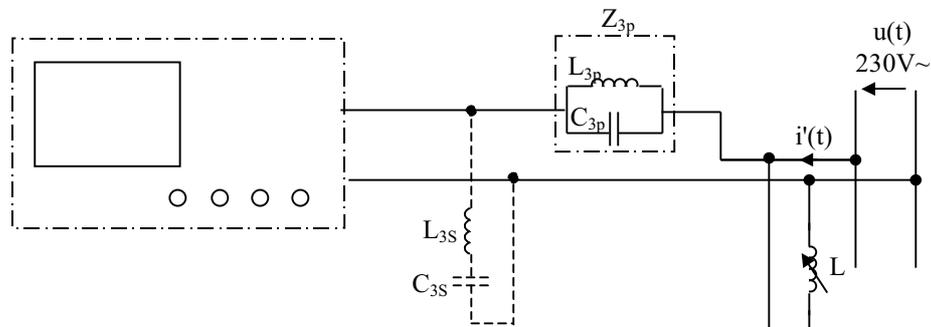
**7.** Donnez l'expression littérale de l'impédance  $Z_{3s}$  du circuit LC série ci-dessous pour la pulsation  $\omega_3 = 3 \cdot \omega$  ( avec  $\omega$  la pulsation du réseau). A quelle condition (portant sur le produit  $L_{3s} \times C_{3s}$ ) a - t - on  $Z_{3s}$  nulle ?

**8.** On prend  $L_{3s} \approx 1,1$  H et  $C_{3s} \approx 1,0$   $\mu$ F. Justifiez le choix de ces valeurs et les ajuster grâce à un GBF (expliquez votre manière de procéder). Câblez le montage en prenant Relevez les indications de la pince Wattmètre :

courant efficace de ligne :	$I \approx$	A
puissance apparente :	$S \approx$	VA
puissance active :	$P \approx$	W
puissance réactive :	$Q \approx$	Var
$\cos \varphi$ :	DPF $\approx$	
facteur de puissance :	PF $\approx$	

Observez le spectre du courant  $i'(t)$  . Commentez.

Pour remédier au problème il suffit d'augmenter l'impédance du réseau à 150 Hz : on peut simplement utiliser un circuit LC parallèle ( $L_{3p}$ - $C_{3p}$  sur le schéma) placé en série sur l'alimentation de l'oscilloscope. En effet : théoriquement un circuit LC parallèle présente une impédance infinie à sa fréquence de résonance, ce qui bloque  $i_3$  :



**9.** Donnez l'expression littérale de l'impédance  $Z_{3p}$  du circuit  $L_{3p}C_{3p}$  ci-dessus pour la pulsation  $\omega_3 = 3 \times \omega$ . A quelle condition (portant sur le produit  $L_{3p} \times C_{3p}$ ) a - t - on  $Z_{3p}$  infinie ?

10. On prend  $L_{3P} \approx 226 \text{ mH} / 300 \text{ V}$  et  $C_{3P} \approx 5,0 \text{ } \mu\text{F} / 750\text{V}$ . Justifiez le choix de ces valeurs et les ajuster grâce à un GBF et un rhéostat (expliquez votre manière de procéder). Réajuster la valeur de L pour obtenir  $Q = 0$  et relevez les indications de la pince Wattmètre avec et sans la présence de  $L_{3S}-C_{3S}$  :

avec  $L_{3S}.C_{3S}$  :

courant efficace de ligne :  $I \approx$  A  
 puissance apparente :  $S \approx$  VA  
 puissance active :  $P \approx$  W  
 puissance réactive :  $Q \approx$  Var  
 $\cos \varphi$  : DPF  $\approx$   
 facteur de puissance : PF  $\approx$

sans  $L_{3S}.C_{3S}$  :

courant efficace de ligne :  $I \approx$  A  
 puissance apparente :  $S \approx$  VA  
 puissance active :  $P \approx$  W  
 puissance réactive :  $Q \approx$  Var  
 $\cos \varphi$  : DPF  $\approx$   
 facteur de puissance : PF  $\approx$

Observez le spectre du courant  $i'(t)$  . Commentez.

### 3. Sensibilisation à la CEM.

Lors de l'essai de la réduction de Q (pour augmenter le  $\cos \varphi$ ) lors du paragraphe 2.1. précédent, on a pu observer que l'écran de l'oscilloscope bougeait (perturbation sérieuse du montage)...est-ce dû à l'alimentation de l'oscilloscope qui se trouverait affectée par la présence de l'inductance de compensation ? (perturbations "conduites" ?)

11. Eloignez les bobines de l'oscilloscope et observez le résultat : est - ce que les perturbations étaient conduites (alimentation perturbée de l'oscilloscope) ou rayonnées ?

12. Placez votre pince-wattmètre près d'une bobine et observez la valeur du courant indiquée par la pince : conclusion ?

13. Placez les bobines (l'une par rapport à l'autre) de manières différentes et observez les valeurs de DPF indiquées par la pince wattmètre : conclusion ?

14. Que devez - vous conclure de ce paragraphe 3 ?