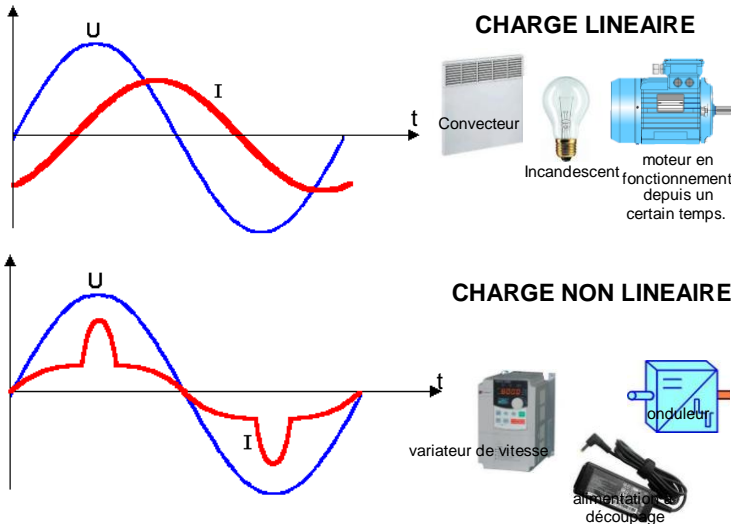


Les Harmoniques

À retenir

1) D'où viennent les harmoniques ?

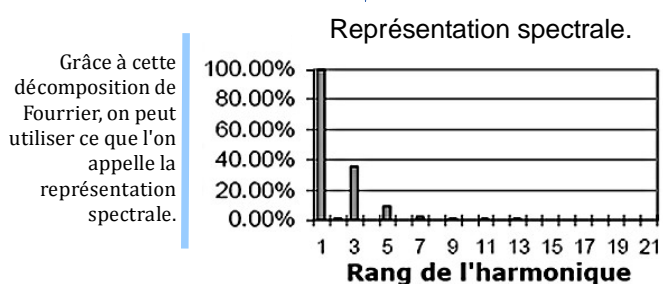
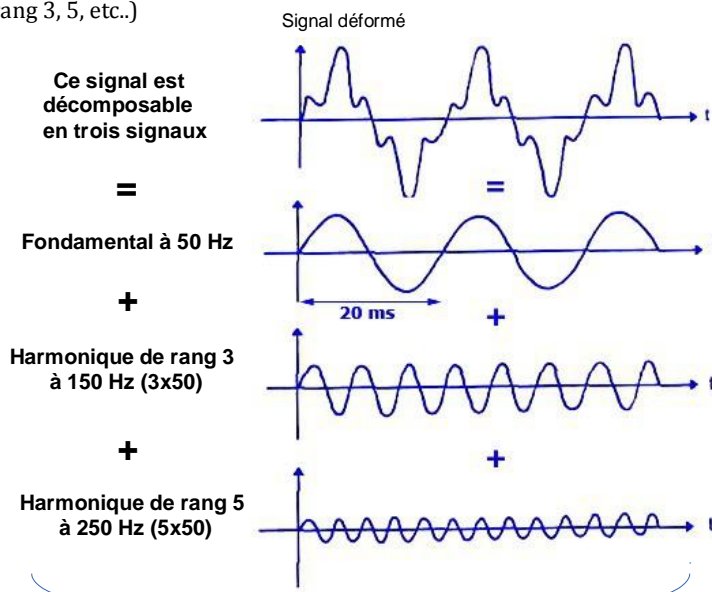


Les charges non linéaires génèrent des courants harmoniques qui circulent à partir de la charge vers l'alimentation. Ceci est essentiellement dû à la conception électronique des charges.

2) Comment ça marche?

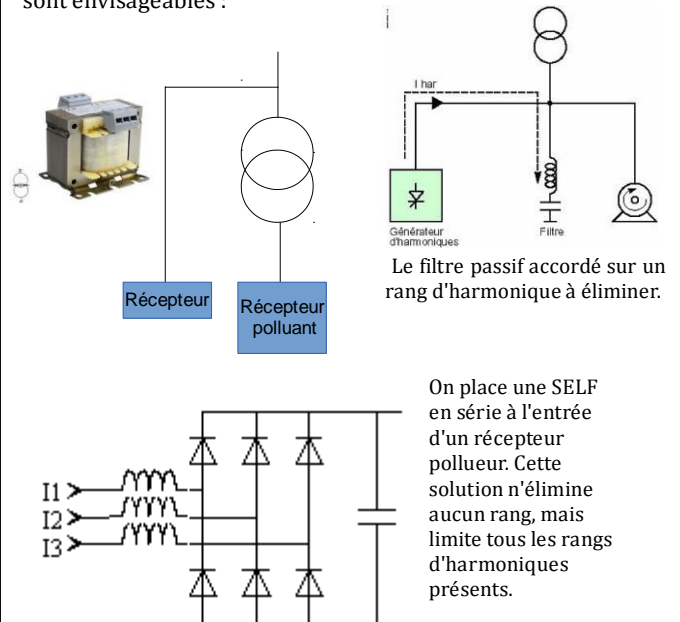
Joseph FOURIER, mathématicien français (1768 - 1830) a démontré qu'un signal non sinusoïdal peut être représenté sous la forme d'une somme de signaux de fréquence différentes (appelée harmonique de

rang 3, 5, etc.)



3) Peut-on supprimer les harmoniques ?

Non, on peut seulement les filtrer pour éviter qu'ils ne remontent sur la totalité du réseau. Différentes possibilités sont envisageables :



Le traitement des harmoniques permet de réduire les puissances apparentes et réactives = économie d'énergie

4) Comment déceler les harmoniques ?



Il suffit d'utiliser un appareil capable de calculer le THD, Taux de Distorsion Harmonique. Il en existe 2 principaux:

- **THD-V**, taux de distorsion en tension harmonique.
- **THD-I**, taux de distorsion en courant harmonique.

Exemple de mesures typiques

Taux de distorsion harmonique en tension	Conséquences
THD < 5%	Pas de problèmes
5% < THD < 7%	Dysfonctionnement des appareils "sensibles"
7% < THD < 9%	Dysfonctionnement des appareils "normaux"
THD > 9%	Dysfonctionnement de quasi tous les appareils, destruction de certains matériels sur le court, moyen et long terme (certains équipements électriques)

5) Les normes.

Dans le cadre de la fourniture d'électricité :

- Les taux de tension harmonique **THD-V < 5%**
- Les taux de courants harmoniques **THD-I < 10%**

6) Conséquences des harmoniques.

Pertes par effet Joule - dégradation du facteur de puissance - problème de commutation des thyristors - surcharges des câbles - transformateurs et moteurs - erreur d'enregistrement dans les compteurs - surdimensionnement des câbles - mauvais fonctionnement des contacteurs, perturbation des systèmes électroniques - déclenchement intempestif des disjoncteurs et des DDR - réduction de la durée de vie des moteurs - détérioration des batteries de condensateurs - réduction de la durée de vie des transformateurs.

Les harmoniques de rang 3 =
risque de surcharge dans le neutre.

Exercice N°1 (voir page 245)

(Sujet E2 2009)

Le taux de distorsion en courant harmonique THD(I) au niveau du TGBT P4 est de 15,4 % pour une charge de 650 KVA au moment de la mesure. Tout en sachant que la puissance réactive compensée est de 50 kvar.

- Choisir le type d'équipement Merlin Gérin de compensation adapté au niveau de pollution harmonique du réseau. La pollution est due essentiellement à l'éclairage et aux centrales de traitement d'air.

Formule	Application numérique	Résultats
$THD(I) \times (S / S_n)$		

Conclusion:

L'analyse harmonique jusqu'au rang 15 du courant dans une phase a donné les résultats suivants :

Remarque: les harmoniques de rang pair sont négligeables.

I_1	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}	I_{15}
100 %	2,8 %	12,4 %	6,8 %	4,4 %	1,2 %	2,4 %	0,4%

- Relever les rangs des 2 principaux courants harmoniques. Préciser la fréquence de ces harmoniques.

Rang
Fréquence

- Choisir la fréquence d'accord des selfs anti harmoniques.

Fréquence d'accord :

- En déduire la référence d'un module de compensation sans jeu de barres Merlin Gérin qui convient pour cette installation.

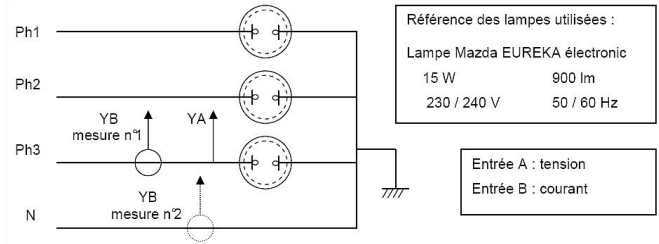
Référence :

Exercice N°2 (voir page 246)

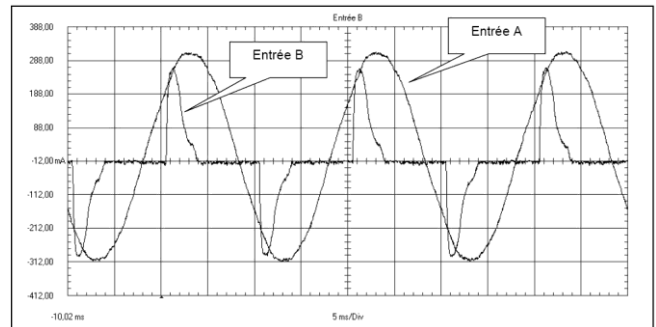
(Sujet E2 2009)

L'étude portera sur la pollution du réseau engendrée par l'utilisation de lampes fluo-compactes.

Afin d'étudier l'influence des lampes fluo-compactes sur le réseau, le montage suivant a été réalisé.



Relevé de la tension aux bornes d'une lampe et du courant dans la phase correspondante.

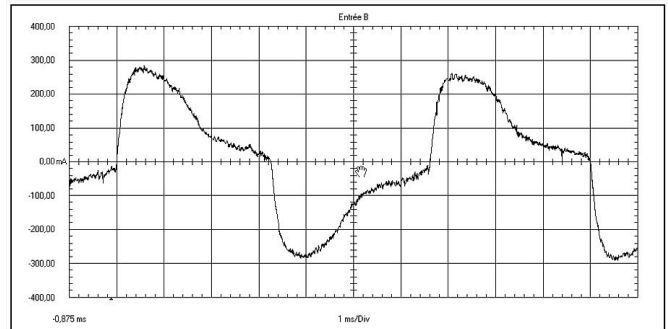


- La courant est-il alternatif sinusoïdal ? OUI NON

- Quelle perturbation va-t-il engendrer sur le réseau ?

Réponse :

Relevé du courant dans le neutre



- Calculer la fréquence du courant dans le neutre.

Formule	Application numérique	Résultats
$f =$		

- Préciser la fréquence exacte du courant dans le neutre:

$f =$

- Comment expliquer la présence d'un courant dans le neutre ?

Réponse :

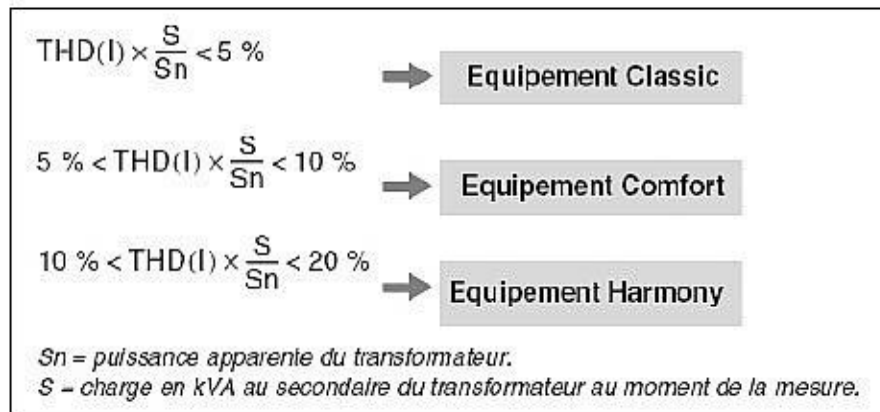
Annexe exercice N°1

Choix du type de compensation

Les équipements de compensation peuvent être de trois types (Classic, Comfort, Harmony), adaptés au niveau de pollution harmonique du réseau.

Le choix peut se faire :

- soit à partir du rapport Gh/S_n *S_n* : puissance apparente du transformateur.
G_h : puissance apparente des récepteurs produisant des harmoniques
- soit à partir du taux de distorsion en courant harmonique THD(I) mesuré.



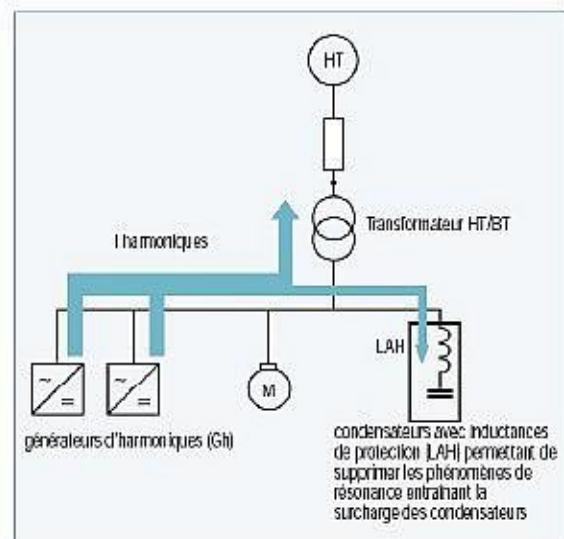
Choix de la fréquence d'accord des selfs antiharmoniques

But : réaliser l'accord du circuit LAH à une fréquence pauvre en harmonique pour supprimer les risques de forts courants harmoniques dans les condensateurs.

Moyen : montage en série avec le condensateur d'une inductance dite anti-harmonique (LAH).

Fréquences typiques d'accord :

- 135 Hz rang 2,7 si 1er rang significatif est 3
- 190 Hz rang 3,8 (BT) si 1er rang significatif est 5 en BT
- 215 Hz rang 4,3 si 1er rang significatif est 5 en HT.



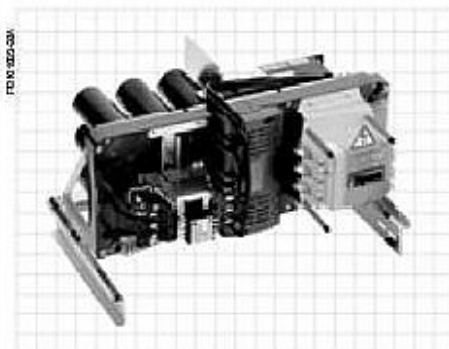
Annexe exercice N°2

Compensation
d'énergie réactive
et filtrage d'harmonique

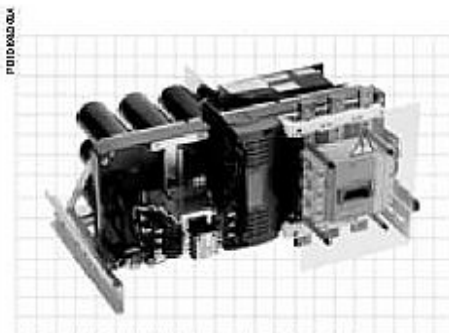
Modules de compensation réseau 50 Hz

Tension réseau 400/415 V
Modules de compensation Varpact Harmony

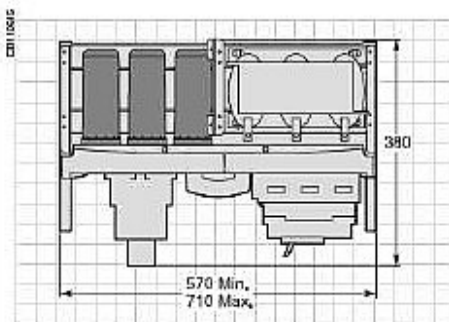
Le module de compensation Varpact constitue un sous-ensemble précâblé destiné à être monté dans des armoires de compensation, indépendantes ou intégrées au Tableau Général Basse Tension.



Varpact Harmony "sans jeu de barres".



Varpact Harmony B "avec jeu de barres".



Varpact Harmony

Pour réseaux pollués

Varpact "sans jeu de barres"

Rang d'accord	400 V (kvar)	Gradin	Référence	Poids (kg)
2,7 (135 Hz)	6,25 + 6,25	Double	51916	23
	6,25 + 12,5	Double	51917	31,5
	12,5 + 12,5	Double	51918	38,5
	12,5	Simple	51919	23,5
	25	Simple	51920	35,5
3,8 (190 Hz)	6,25 + 6,25	Double	51921	46,5
	6,25 + 12,5	Double	51925	21,5
	12,5 + 12,5	Double	51926	30
	12,5	Simple	51927	37
	25	Simple	51928	22
4,3 (215 Hz)	6,25 + 6,25	Simple	51929	34
	6,25 + 12,5	Double	51930	45
	12,5 + 12,5	Double	51934	21,5
	12,5	Double	51935	30
	25	Double	51936	37
	6,25 + 6,25	Simple	51937	22
	6,25 + 12,5	Simple	51938	34
	12,5 + 12,5	Simple	51939	45
	12,5	Simple		
	25	Simple		

Varpact B "avec jeu de barres"

Rang d'accord	400 V (kvar)	Gradin	Référence	Poids (kg)
2,7 (135 Hz)	6,25 + 6,25	Double	51757	26
	6,25 + 12,5	Double	51759	34,5
	12,5 + 12,5	Double	51761	41,5
	12,5	Simple	51763	26,5
	25	Simple	51765	38,5
3,8 (190 Hz)	6,25 + 6,25	Simple	51767	48,5
	6,25 + 12,5	Double	51653	24,5
	12,5 + 12,5	Double	51654	33
	12,5	Double	51655	40
	25	Simple	51656	25
4,3 (215 Hz)	6,25 + 6,25	Simple	51657	37
	6,25 + 12,5	Simple	51658	48
	12,5 + 12,5	Double	51501	24,5
	12,5	Double	51503	33
	25	Double	51505	40
	6,25 + 6,25	Simple	51509	25
	6,25 + 12,5	Simple	51511	37
	12,5 + 12,5	Simple	51512	48
	12,5	Simple		
	25	Simple		