



# ALEAS TECHNIQUES

RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

## Harmoniques

Version V0 du 01.09.2011

### HARMONIQUES

#### PRESENTATION, PRISE EN CONSIDERATION, SOLUTIONS POUR LIMITATIONS

Identification : DTR-Altec-Harm  
Version : V0

Nombre de pages : 10

Version	Date d'application	Auteur	Nature de la modification
V0	01/09/2011	WB / ORD-TE	Texte original

## Objet de l'étude

Ce document a pour but de prévenir quand à l'existence des émissions harmoniques, de leurs nuisances, de la réglementation qu'en à ce sujet et aussi des solutions envisageables pour pallier à ce problème.

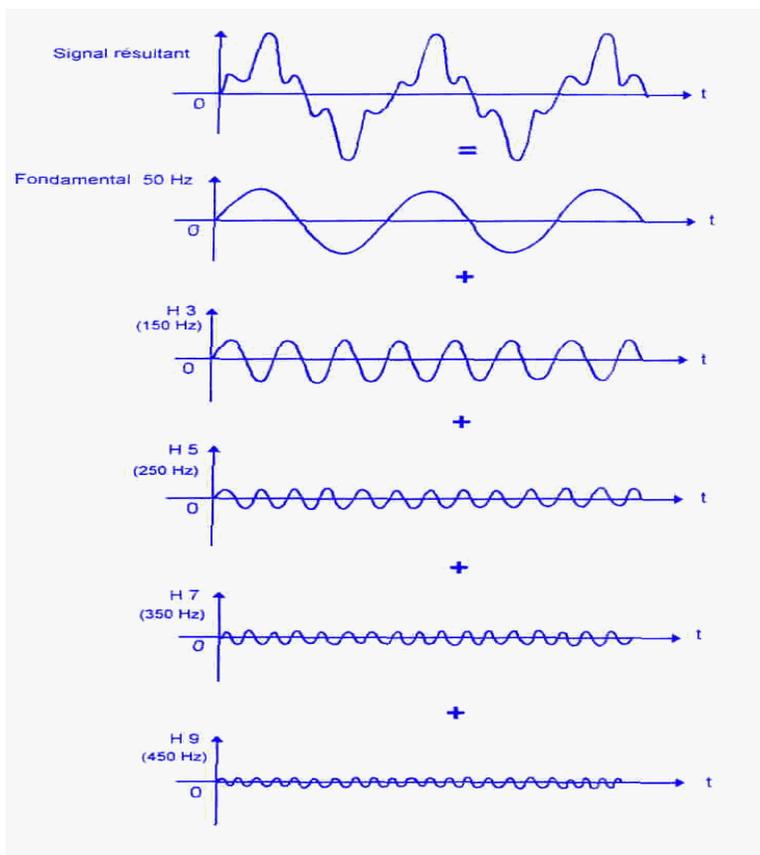
## Réglementation

L'arrêté du 17 mars 2003, relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau de distribution d'une installation de production d'énergie électrique, définit les perturbations et normalise les effets de distorsion.

La norme IEC 61000-4-7 définit les méthodes de mesures des harmoniques.

La norme EN 50160 définit l'ensemble des paramètres à contrôler afin de définir qualité de distribution d'un réseau électrique, notamment en ce qui concerne les perturbations électriques.

## Présentation



Un signal périodique non sinusoïdal peut se décomposer en série de Fourier en une suite de signaux sinusoïdaux à différentes fréquences :

- Un signal fondamental à la fréquence du réseau (50 hertz sur le réseau électrique français)
- Des signaux harmoniques, de fréquence multiple de la fréquence du fondamental chaque harmonique a un rang bien défini, nombre correspondant au rapport de la fréquence de l'harmonique considérée à celle du fondamental

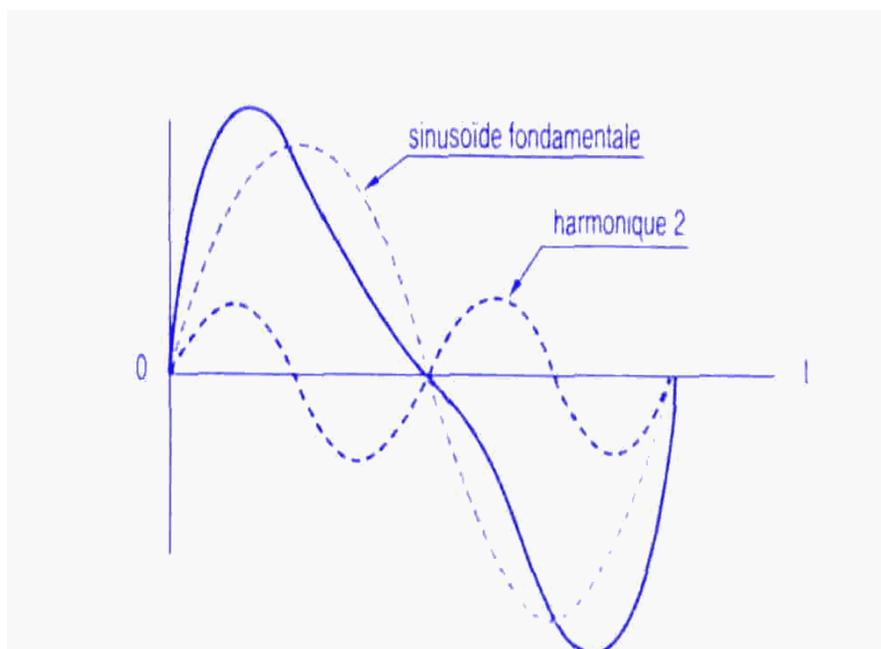
Les harmoniques de rang pair, très souvent négligeables, s'annulent en raison de la symétrie du signal.

Par contre Les harmoniques les plus fréquentes et donc les plus gênantes sont les harmoniques de rang impair. Les distributeurs d'énergie surveillent les harmoniques de rang 3, 5, 7, 9, 11 et 13, rang jusqu'à laquelle une compensation est nécessaire.

## Les origines

L'origine de ce fait n'est pas du côté production, qui génère des signaux normalement sinusoïdal ; cela provient du côté consommation, du au fait de la présence sur le réseau de charges comprenant des dipôles électriques non linéaires.

Une charge non linéaire appelle du réseau électrique un courant déformé, lequel va modifier l'allure de la tension sinusoïdale. Les charges non linéaires génèrent des courants harmoniques qui circulent à partir de la charge vers l'alimentation en empruntant le chemin de la moindre impédance.



Les courants harmoniques sont des courants dont la fréquence est un multiple entier (supérieur ou égal à 2) de la fréquence du fondamental. La superposition des courants harmoniques sur le courant fondamental provoque les formes d'onde non sinusoïdales associées aux charges non linéaires.

Dans les charges non linéaires, nous pouvons citer tous les équipements présentant de l'électronique de puissance, ce qui de nos jours est de plus en plus présent et dans tous les domaines.

Ainsi, une étude est à mener des qu'un site de production d'une puissance supérieure à 120 kVA avec équipement d'électronique de puissance est à raccorder.

Les principaux sites de production présents sur la commune de Colmar sont principalement des sites photovoltaïques.

Ceux-ci sont constitués par :

- Des ensembles de cellules, appelés panneaux, qui transforme le rayonnement solaire en courant continu
- Des onduleurs qui transforment le courant continu en courant alternatif afin de l'injecter dans le réseau public de distribution

Nous distinguerons deux types de technologies possibles pour le fonctionnement des onduleurs, ce qui aura une influence sur l'analyse des harmoniques.

Le premier type de technologie utilise l'électronique de puissance des thyristors. La commutation de ce type d'électronique est assistée (fermeture par impulsion sur la gâchette, ouverture possible par passage à zéro du courant ou inversion de la tension) ; ainsi les courants harmoniques émis par chaque onduleur ont le même déphasage par rapport au fondamental.

Pour une évaluation globale des courants harmoniques sur un site, le somme donnera un bon résultat.

Le second type de technologie utilise l'électronique de puissance des IGBT.

La commutation de ce type d'électronique est forcée (fermeture à zéro de tension et ouverture commandée) ; ainsi les courants harmoniques émis par chaque onduleur n'auront pas le même déphasage par rapport au fondamental.

Pour une évaluation globale des courants harmoniques sur un site, un foisonnement sera à prévoir.

## **Les effets**

Les harmoniques ont la particularité de nuire à la qualité de l'énergie électrique.

La pollution harmonique accentue :

- Dysfonctionnement de récepteurs sensibles à cause de la déformation de la tension d'alimentation entraînant
- Vibrations et bruits dus aux efforts électrodynamiques générés par les courants harmoniques dans les appareils électromagnétiques (transformateurs)
- Vibrations dus à des couples mécaniques pulsatoires en réponse à des champs tournants harmoniques dans les machines tournantes (moteurs)
- Echauffement dû aux pertes supplémentaires des transformateurs à cause de l'effet de peau (augmentation de la résistance du cuivre avec la fréquence) et à l'hystérésis
- Echauffement des câbles en raison d'une augmentation de la valeur efficace du courant, élévation de la résistance de l'âme en réponse à l'effet de peau et d'une élévation des pertes diélectriques dans les isolants en fonction de la fréquence
- Risque d'excitation de résonance dans le réseau

Ceci engendre un coût de matériel, de perte d'énergie et de perte de productivité :

- Le vieillissement prématuré d'un équipement entraîne son remplacement plus rapidement que prévu, ou son surdimensionnement
- La gestion de la puissance sur le réseau, avec analyse du taux de distorsion harmonique et évaluation de la puissance déformante
- La déformation du courant peut provoquer des déclenchements intempestifs et arrêts d'installations non souhaités

## ***Les solutions mises en œuvre***

Les harmoniques étant générées par des charges polluantes, il va falloir les confiner au plus près de celles-ci pour éviter une « pollution globale du réseau ».

Les principales méthodes utilisées correspondent à la mise en place de système de filtrage ou d'isolement avec transformateurs.

- **Solutions pratique adaptées et adoptées**

Il existe différentes solutions pour limiter la propagation des harmoniques dans le réseau.

- Positionner les charges polluantes le plus en amont d'un réseau en étant proche d'un départ de livraison
- Regrouper les charges polluantes, en alimentant les charges polluantes et non polluantes sur deux jeux de barres différents, et ainsi limiter les chutes de tension et les échauffements de câble
- Alimentation par transformateur séparés pour dissocier les charges linéaires et les charges non linéaires
- Utiliser des transformateurs à couplage particuliers, permettant de supprimer certains rangs d'harmoniques
- Placer des filtres dimensionnés (actifs ou passifs) dans les installations

Le filtre passif permet de compenser l'énergie réactive tout en ayant une grande capacité de filtrage en courant

Le filtre actif permet le filtrage des harmoniques sur une large bande de fréquence, s'adaptant à n'importe quelle charge, mais sa puissance harmonique est faible.

## Annexes

- **Taux de distorsion harmonique**

Le taux de distorsion harmonique sert à évaluer le pourcentage nécessaire de la puissance totale afin de compenser les harmoniques présentes.

Il se définit comme le rapport de la valeur efficace globale des harmoniques (c'est-à-dire leur somme quadratique) à la valeur efficace de la composante fondamentale.

Il peut s'appliquer soit au courant (du aux charges) ou à la tension (du à la source), que l'on remplacera dans la formule suivante :

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1}$$

Selon la valeur obtenue, nous pouvons définir la présence ou non d'harmoniques et leur influence sur le réseau.

- **Puissance déformante**

La déformation des signaux de courant et de tension à cause des harmoniques, engendre la consommation de puissance directement liée à la présence d'harmoniques, appelée puissance déformante, nommée D et qui se calcule sous la forme suivante :

$$\mathbf{D^2 = S^2 - P^2 - Q^2}$$

Cette grandeur permet d'évaluer la puissance perdue à cause des harmoniques qui perturbent le bon fonctionnement du réseau.

Il est à noter que les puissances sont définies avec les unités suivantes :

- P puissance active en W (watt)
- Q puissance réactive en VAR (voltampère réactif)
- S puissance apparente en VA (voltampère)
- D puissance déformante en VAD (voltampère déformant)

- **Problème de résonance**

L'association sur le réseau d'éléments inductifs et capacitifs entraîne l'apparition de phénomènes de résonance. Ceux-ci se manifestent par des variations d'impédances qui vont modifier les courants et tensions sur le réseau.

Le modèle de l'impédance globale du réseau, en y incluant les charges perturbatrices, nous permet d'analyser les fréquences dites de résonance, qui apparaissent lorsque le dénominateur passe par un zéro. Dans ce cas, on a alors une fréquence de résonance du circuit et l'impédance atteint un maximum. Il y a donc apparition d'harmoniques et de fortes distorsions des signaux.

La distorsion de l'onde de tension est proportionnelle à l'impédance du réseau et à l'amplitude des courants harmoniques.  
Norme CEI 61000-2-2

***Niveaux de compatibilité pour les tensions harmoniques (en % de la tension nominale fondamentale) sur les réseaux BT***

Rangs impairs Non multiples de 3		Rangs impairs multiples de 3		Rangs pairs	
Rang	Tension harmonique (%)	Rang	Tension harmonique (%)	Rang	Tension harmonique (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3	21	0,2	8	0,5
17	2	>21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			>12	0,2
25	1,5				
>25	$0,2 + 1,3 \cdot 25/h$				

Taux de Distorsion Harmonique (THD) : 8%

Le THD en tension caractérise la déformation de l'onde de tension.

Une valeur de THDu inférieure à 5% est considérée comme normale. Aucun dysfonctionnement n'est à craindre.

Une valeur de THDu comprise entre 5 et 8% révèle une pollution harmonique significative. Quelques dysfonctionnements sont possibles.

Une valeur de THDu supérieure à 8% révèle une pollution harmonique importante. Des dysfonctionnements sont probables. La mise en place de dispositifs d'atténuation est nécessaire.

Le THD en courant caractérise la déformation de l'onde de courant.

La recherche de pollueur s'effectue en analysant le THDi sur l'arrivée et sur chacun des départs des différents circuits.

Une valeur de THDi inférieure à 10% est considérée comme normale. Aucun dysfonctionnement n'est à craindre.

Une valeur de THDi comprise entre 10 et 50% révèle une pollution harmonique significative. Il y a risque d'échauffements ce qui entraîne le surdimensionnement des câbles et des sources.

Une valeur de THDi supérieure à 50% révèle une pollution harmonique importante. Des dysfonctionnements sont probables. La mise en place de dispositifs d'atténuation est nécessaire.

