



# Qualité de l'Énergie

## Partie 1 : Phénomènes de la qualité de l'énergie

**BOUCHAKOUR Salim, Maitre de Recherche B**  
 Division Energie Solaire Photovoltaïque – CDER  
 E-mail : s.bouchakour@cder.dz

### Introduction

L'énergie électrique est un produit indispensable et très différent de tous les autres produits. Elle parvient aux clients par l'intermédiaire d'un système électrique qui comprend la production et les réseaux de transport et de distribution. Pour maintenir le système électrique stable, il est nécessaire de disposer d'une capacité de production adaptée, à chaque instant, à la demande. Avec la libéralisation du marché de la production de l'électricité, les ressources du réseau sont détenues, gérées et entretenues par un certain nombre d'organisations différentes. Garantir la qualité de l'énergie fournie aux clients n'est donc pas une tâche aisée et il est très difficile de retirer de la chaîne d'approvisionnement de l'électricité non conforme ou d'imaginer qu'elle puisse être refusée par le client (1, 2).

Une alimentation électrique parfaite serait un approvisionnement toujours disponible, toujours situé dans les tolérances de tension

et de fréquence, possédant une onde sinusoïdale pure et exempte de bruit. L'ampleur de la déviation tolérée par rapport à cette perfection dépend du type d'équipement et de la façon de l'utiliser (1). A titre d'exemple le tableau 1 présente les formes d'ondes, les sources et les fréquences des perturbations électromagnétiques les plus illustrées.

L'utilisation croissante d'équipements électroniques susceptibles de provoquer des perturbations électromagnétiques, ou susceptibles d'être sensibles à ces phénomènes, a suscité un intérêt accru pour la qualité de l'énergie ces dernières années.

Le terme qualité de l'énergie se réfère à une grande variété de phénomènes électromagnétiques qui caractérisent la tension et le courant à un moment donné et à un emplacement donné dans le système électrique.

### Compatibilité électromagnétique

La compatibilité électromagnétique (CEM)

est la capacité d'un dispositif, équipement ou système, à fonctionner de manière satisfaisante dans son environnement électromagnétique sans introduire de perturbations intolérables pour quoi que ce soit dans cet environnement.

### Classification des phénomènes électromagnétiques

La Commission électrotechnique internationale, IEC 61000-2-5: 1995, classe les phénomènes électromagnétiques en plusieurs groupes, comme indiqué dans le Tableau 1. Les termes haute fréquence et basse fréquence ne sont pas définis en termes d'une plage de fréquences spécifiques, mais vise plutôt à indiquer la différence relative dans la teneur en fréquence principale des phénomènes énumérés dans ces catégories.

Tableau 2. Phénomènes principaux provoquant des perturbations électromagnétiques classés selon l'IEC (4).

En résumé les perturbations électromagnétiques susceptibles de perturber le bon fonctionnement des équipements et des procédés industriels sont en général rangées en plusieurs classes appartenant aux perturbations conduites et rayonnées :

- Basse fréquence (< 9 kHz),
- Haute fréquence (≥ 9 kHz),
- De décharges électrostatiques.

### Descriptions des phénomènes

Il est important de pouvoir classer les événements et les phénomènes électromagnétiques à des fins d'analyse. Tableau 3 présente les catégories les caractéristiques typiques de phénomènes électromagnétique dans les systèmes électriques.

Dans le prochain article une description plus détaillée sera donnée de chacune des catégories de variation de la qualité de l'énergie présentées au tableau 3.

Tableau 1. Forme d'onde, origine et fréquence des perturbations électromagnétiques (3).

Perturbations	Creux de tension	Surtensions	Harmoniques	Déséquilibres	Fluctuations de tension
<b>Formes d'onde caractéristiques</b>					
<b>Origine de la perturbation</b>					
<b>● Réseau</b>					
□ Défaut d'isolement, rupture du conducteur de neutre,...					
□ Manœuvres et ferrorésonance					
□ Foudre					
<b>● Equipements</b>					
□ Moteur asynchrone					
□ Moteur synchrone					
□ Machine à souder					
□ Four à arc					
□ Convertisseur					
□ Charges informatiques					
□ Eclairage					
□ Onduleur					
□ Batterie de condensateurs					

**Tableau 2. Phénomènes principaux provoquant des perturbations électromagnétiques classés selon l'ITEC (4)**

Groupe	Exemples
Phénomènes conduits à basse fréquence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harmoniques et inter harmoniques</li> <li>• Signal systems (power line carrier)</li> <li>• Variation de tension</li> <li>• Interruptions et chutes de tension</li> <li>• Déséquilibre de tension</li> <li>• Variation de fréquence</li> <li>• Tensions induites à basse fréquence</li> <li>• DC dans les réseaux AC</li> </ul>
Phénomènes rayonnés de champ à basse fréquence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Champs magnétiques</li> <li>• Champs électriques</li> </ul>
Phénomènes conduits à haute fréquence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde continue de tension ou de courant induite</li> <li>• Transitoires unidirectionnels</li> <li>• Transitoires oscillatoires</li> </ul>
Phénomènes rayonnés à haute fréquence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Champs magnétiques</li> <li>• Champs électriques</li> <li>• Champs électromagnétiques</li> <li>• Ondes continues</li> <li>• Transitoires</li> </ul>
Décharge électrostatique	/

**Références**

1. Salim Bouchakour, Développement du système électrique pour l'intégration de l'énergie renouvelable, Bulletin des énergies renouvelables, N°39-2016.
2. David Chapman, Introduction to Power Quality, Copper Development Association, 2012.
3. Philippe Ferracci, « la qualité de l'énergie électrique », Cahier Technique Schneider Electric n°199, 2001.
4. IEEE Std 1159™, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Power & Energy Society, 2009.

**Tableau 3. Catégories et caractéristiques des phénomènes électromagnétiques (4)**

Catégories		Contenu spectrale	Durée	Magnitude de la tension
<b>Transitoires</b>				
Impulsives	Nanosecond	5 ns	<50 ns	
	Microseconde	1 µs	50 ns – 1 ms	
	Milliseconde	0.1 ms	> 1ms	
Oscillatoires	Basse fréquence	< 5 kHz	0.3 – 50 ms	0 - 4 pu
	Moyenne fréquence	5 – 500 kHz	20 µs	0 – 8 pu
	Haute fréquence	0.5 – 5 MHz	5 µs	0 – 4 pu
<b>Variations courtes durées</b>				
Instantanées	Creux (Sag)		0.5 – 30 cycles	0.81 – 0.9 pu
	Surtensions (Swell)		0.5 – 30 cycles	1.1 – 1.8 pu
Momentanées	Coupures		0.5 cycles – 3 s	< 0.1 pu
	Creux (Sag)		30 cycles – 3 s	0.1 – 0.9 pu
	Surtensions (Swell)		30 cycles – 3 s	1.1 – 1.4 pu
Temporaires	Coupures		> 3 s – 1 min	< 0.1 pu
	Creux (Sag)		> 3 s – 1 min	0.1 – 0.9 pu
	Surtensions (Swell)		> 3 s – 1 min	1.1 – 1.2 pu
<b>Variations longues durées</b>				
Coupures			> 1 min	0.0 pu
Sous tension			> 1 min	0.8 – 0.9 pu
Sur tension			> 1 min	1.1 – 1.2 pu
Surcharge de courant			> 1 min	
<b>Déséquilibre</b>				
Voltage			Régime permanent	0.5 – 2%
Courant			Régime permanent	1.0 – 30 %
<b>Distorsion de l'onde</b>				
DC- offset			Régime permanent	0 – 0.1 %
Harmoniques		0 – 9 kHz	Régime permanent	0 – 20 %
Inter harmonique		0 – 9 kHz	Régime permanent	0 – 2 %
Notching			Régime permanent	
Bruit		broadband	Régime permanent	0 – 1%
Fluctuation de la tension		< 25 Hz	intermittent	0.1 – 7 % / 0.2 – 2 Pst
Variation de la fréquence			< 10	± 0.10 Hz

NOTE - Ces termes et catégories s'appliquent aux mesures de qualité de puissance et ne doivent pas être confondus avec des termes similaires définis dans la standard IEEE 366 2003 et d'autres normes, pratiques recommandées et guides.