

Perturbations BF : la qualité de la tension se mesure !

Depuis plusieurs années, on observe sur les réseaux une augmentation des charges dites non linéaires liées aux équipements informatiques et à l'électronique de puissance. Or ces charges contribuent à la dégradation de la tension d'alimentation. Elles nuisent ainsi au fonctionnement optimal des équipements et matériels électrotechniques. Dans ce dossier, nous nous attacherons à vous présenter les principales perturbations rencontrées, leurs causes, les mesures à effectuer et certaines limites définies sachant que les résultats des mesures doivent être enregistrés au minimum sur une période d'une semaine.



Pour le distributeur d'énergie électrique, il est primordial de livrer un produit de qualité, c'est-à-dire une tension à 50 Hz, sinusoïdale, triphasé équilibré sous une valeur nominale. C'est être cohérent avec la facture délivrée au client utilisateur.

Les normes en la matière

Pour aider distributeurs et utilisateurs dans la démarche de surveillance et d'amélioration de la qualité des réseaux électriques, plusieurs normes ont été créées ou sont en cours de création.

La norme **NF EN 50160** a été créée afin de caractériser la qualité de la tension fournie. Cette norme présente les différents types de perturbations de la tension observés au point de livraison du client, fonction de la forme d'onde, du niveau de la tension, de la fréquence et du déséquilibre du système triphasé. Elle liste ainsi les paramètres à surveiller et la durée de la surveillance.

La norme en préparation **CEI/EN 61000-4-30** définit les méthodes de mesure de chaque paramètre et les conditions et modalités de mesure.

Les normes **CEI 61000-2-2** pour les réseaux BT et **CEI 61000-2-12** pour les réseaux MT définissent les niveaux acceptables dits "de compatibilité" pour chaque paramètre.

Variations lentes : creux de tension, surtensions et coupures

L'amplitude de la tension est un facteur crucial pour la qualité de l'électricité. Elle constitue généralement le premier engagement contractuel du distributeur d'énergie. Associée aux aléas de gestion des réseaux de transport et de distribution (comme les ajustements des centrales, le dispatching, les systèmes de protections automatiques), elle subit des variations anormales et peut même s'effondrer jusqu'à un niveau proche de zéro. Pour caractériser ces événements, on utilise couramment deux paramètres, l'amplitude et la durée de la variation.

Plusieurs types de défauts sont définis : la **surtension**, le **creux de tension** et la **coupure**. La plage de variation nominale de la tension réseau est fixée par le distributeur d'énergie en général à $\pm 10\%$ de la tension composée.

Les surtensions sont mesurées en amplitude et en durée lorsque le seuil supérieur de la plage nominale est dépassé. Les creux de tension sont comptabilisés lorsque la tension est inférieure au seuil bas de plage nominale (voir figure 1). Le plus communément, ces variations durent moins de 0,2 secondes en MT et HT. Le nombre de creux de tension sur une année peut aller de quelques dizaines à un millier.

Les coupures brèves, dans les conditions normales, peuvent varier de quelques dizaines à plusieurs centaines par an et n'excèdent pas en durée 1 seconde.

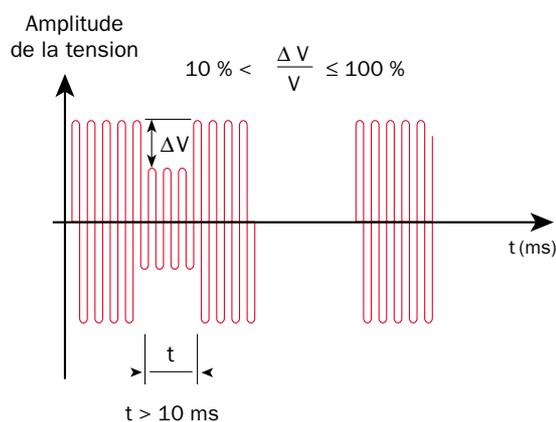


Figure 1 : les creux de tension

On distingue plusieurs types de phénomènes à l'origine des variations de tension. Quand ils surviennent chez le producteur, ce sont des phénomènes aléatoires comme la foudre ou les courts-circuits accidentels (défauts d'isolation, blessures de câble, projections de branches sur les lignes aériennes...) qui sont responsables. Côté consommateur, les causes proviennent essentiellement de l'installation elle-même. Ainsi, le branchement de fortes charges peut provoquer des variations de tension si la puissance de court-circuit à un point de livraison est sous-dimensionnée. Des moteurs de forte puissance, des transformateurs et des assemblages de condensateurs sont les charges qui créent le plus communément des variations de tension. Les effets de telles charges peuvent augmenter considérablement lorsque de nombreux clients sont connectés sur la même branche. Dans le cas d'un moteur rotatif, l'influence des variations peut être dramatique pour le moteur lui-même. Ainsi, lorsqu'un défaut apparaît, tous les clients connectés au même niveau sur le réseau perçoivent les variations de tension.

La difficulté majeure consiste à mesurer exactement la durée et l'amplitude de ces variations de tension. Spécialement lorsque la variation de tension apparaît sur les trois phases avec des durées et des amplitudes différentes. Utiliser des analyseurs de réseaux dits "triphases" est devenu nécessaire afin d'analyser les trois phases simultanément.

Variations rapides : surtensions transitoires

Les surtensions de durée inférieure à 10 ms sont appelées **surtensions transitoires** (figure 2). Ces surtensions sont provoquées par des phénomènes d'origine atmosphérique (foudre) ou, plus fréquemment, par le fonctionnement d'équipements électriques (commutations de charges

plus ou moins inductives produisant des surtensions transitoires à haute fréquence).

Ces phénomènes transitoires peuvent également survenir lors de la commutation de deux thyristors, provoquant entre les deux phases un court-circuit de très courte durée. Le temps de montée peut varier de moins de quelques microsecondes à plusieurs millisecondes. Ces surtensions en BT sont généralement inférieures à 800 V, mais elles peuvent dépasser 1000 V suite à la fusion d'un fusible.

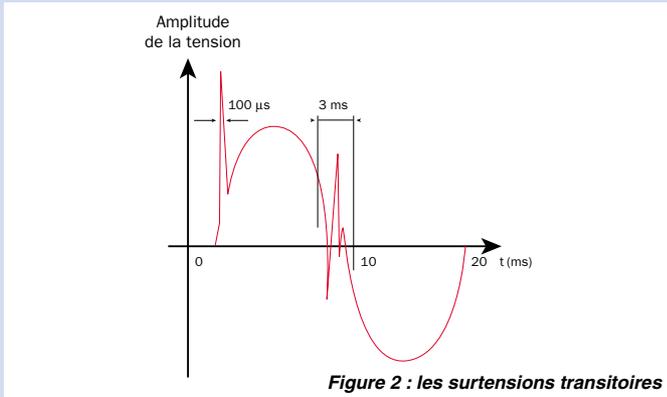
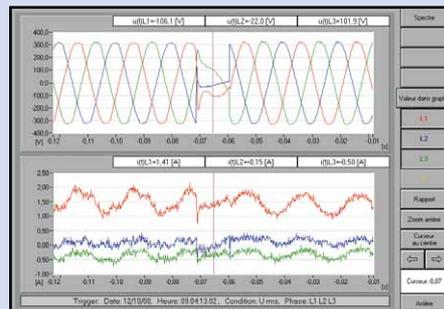


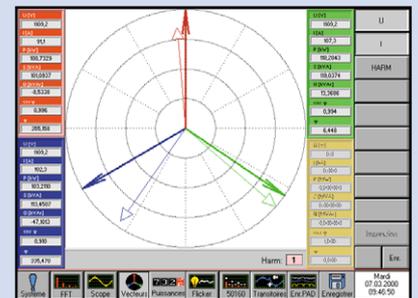
Figure 2 : les surtensions transitoires

Mesurer les surtensions transitoires nécessite des analyseurs spécifiques utilisant une technique numérique et une fréquence d'échantillonnage élevée.

L'enclenchement d'un contacteur provoque l'apparition d'un pic de courant, qui se traduit par une chute de tension (de part et d'autre du curseur, en rose).



Mesure de la sévérité du flicker court terme et long terme



Flicker ou fluctuations rapides de tension

La gêne ressentie par le système visuel humain lors des variations d'intensité lumineuse de l'éclairage, le "papillonnement", est mesurée par la valeur du flicker. Ses principaux effets sur l'homme peuvent être le mal de tête, l'irritabilité et parfois même l'épilepsie.

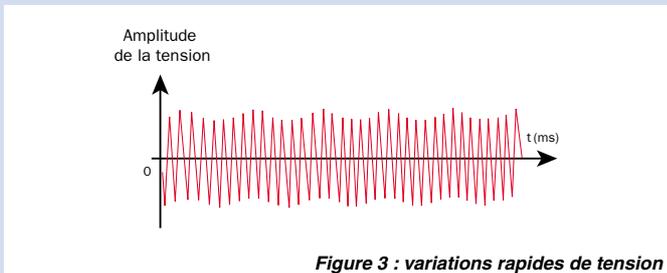


Figure 3 : variations rapides de tension

Le flicker est en réalité un calcul statistique, défini par la norme **EN IEC 61000-4-15**, calcul issu de la mesure des variations rapides de tension. Ces variations rapides de tension (figure 3) sont en général causées par la mise en marche de charges variables comme des fours à arc, des imprimantes laser, des micro-ondes ou des systèmes d'air conditionné.

La méthode de mesure doit être représentative de la gêne ressentie et prendre en compte les mécanismes de la vision. Pour cela, le flicker doit être évalué sur une période de temps suffisamment longue. De plus, en raison de la nature aléatoire du flicker, provoqué uniquement par certaines

charges, son niveau instantané peut varier considérablement et de façon imprévisible pendant cette période.

Un intervalle de 10 minutes a été jugé comme étant un bon compromis pour évaluer ce qui est appelé le flicker de courte durée, ou "Pst". Il est assez long pour éviter d'accorder trop d'importance à des variations isolées de tension. Il est également assez long pour permettre à une personne non-avertie de remarquer la perturbation et sa persistance. Parallèlement, il est assez court pour permettre de caractériser de façon fine un matériel perturbateur avec un long cycle de fonctionnement.

La période de 10 minutes sur laquelle a été basée l'évaluation de la sévérité du flicker de courte durée est valable pour l'estimation des perturbations causées par des sources individuelles telles que les laminoirs, pompes à chaleurs ou appareils électrodomestiques.

Dans les cas où l'effet combiné de plusieurs charges perturbatrices fonctionnant de manière aléatoire (par exemple les postes de soudure ou les moteurs) doit être pris en compte, ou quand il s'agit de sources de flicker à cycle de fonctionnement long ou variable (four électrique à arc), il est nécessaire d'évaluer la perturbation ainsi créée sur une plus longue durée. La durée de mesure est définie à 2 heures, durée considérée comme appropriée au cycle de fonctionnement de la charge ou durée pendant laquelle un observateur peut être sensible au flicker longue durée. Le calcul du flicker de longue durée, ou "Plt", sera effectué à partir des valeurs de flicker courte durée. C'est une fonction standard sur certains analyseurs de réseau.

Harmoniques et inter-harmoniques

Dans de nombreux cas, le courant consommé par les charges n'a plus une forme de sinusoïde pure. La distorsion en courant implique une distorsion de la tension dépendant également de l'impédance de source.

Les perturbations dites "harmoniques" sont causées par l'introduction sur le réseau de charges non-linéaires comme les équipements intégrant de l'électronique de puissance (variateurs, onduleurs, convertisseurs statiques, gradateurs de lumière, postes de soudure). Plus généralement, tous les matériaux incorporant des redresseurs et des électroniques de découpage déforment les courants et créent des fluctuations de tension sur le réseau de distribution basse tension. C'est la concentration de nombreux "pollueurs" en harmoniques qui génère énormément de perturbations sur le réseau.

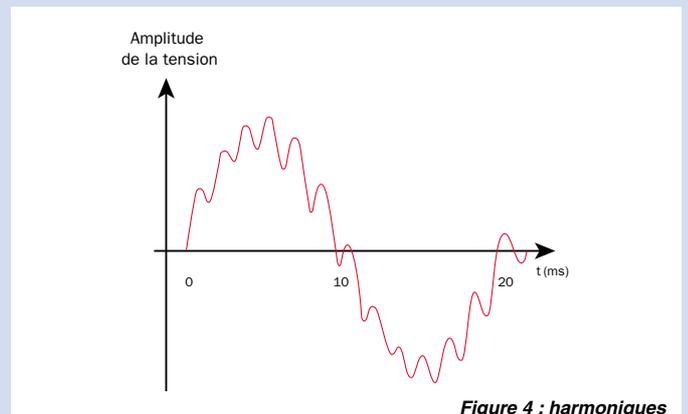
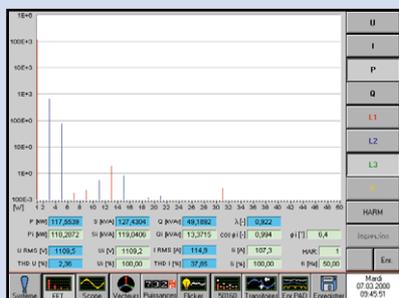


Figure 4 : harmoniques

On appelle **harmonique** une superposition sur l'onde fondamentale à 50 Hz, d'ondes également sinusoïdales mais de fréquences multiples de celle du fondamental (figure 4). Afin de mesurer les harmoniques "courant" ou "tension", on utilise la transformée de Fourier permettant de décomposer un signal périodique en une somme de signaux sinusoïdaux multiples de la fréquence fondamentale. Lorsque le signal possède une composante superposée à l'onde fondamentale (50 Hz) et qui n'est pas multiple de la fondamentale (ex : 175 Hz), on parle d'inter-harmoniques. Le niveau des **inter-harmoniques** est également en augmentation en raison du développement des convertisseurs de puissance et des variateurs de vitesse et autres équipements similaires de contrôle-commande.

Toutes ces harmoniques peuvent être additionnées : la résultante en est le **THD** (Total Harmonics Distortion). Le domaine des fréquences qui correspond à l'étude des harmoniques est généralement compris entre 100 et 2000 Hz, soit de l'harmonique de rang 2 jusqu'à l'harmonique de rang 40. Les niveaux maxima rang par rang sont définis dans les normes **CEI 61000-2-2** pour la BT et **CEI 61000-2-12** pour la MT. Les instruments de mesure actuels doivent être capables d'effectuer cette analyse harmonique rang par rang et également en global afin d'effectuer avec finesse un diagnostic de l'installation.



Spectre harmonique en tension, courant et puissance

Les conséquences de ces harmoniques peuvent être instantanées sur certains appareils électroniques : troubles fonctionnels (synchronisation, commutation), disjonctions intempestives, erreurs de mesure sur des compteurs d'énergie... Les échauffements supplémentaires induits peuvent, à moyen terme, diminuer la durée de vie des machines tournantes, des condensateurs, des transformateurs de puissance et des conducteurs de neutre.

Déséquilibre

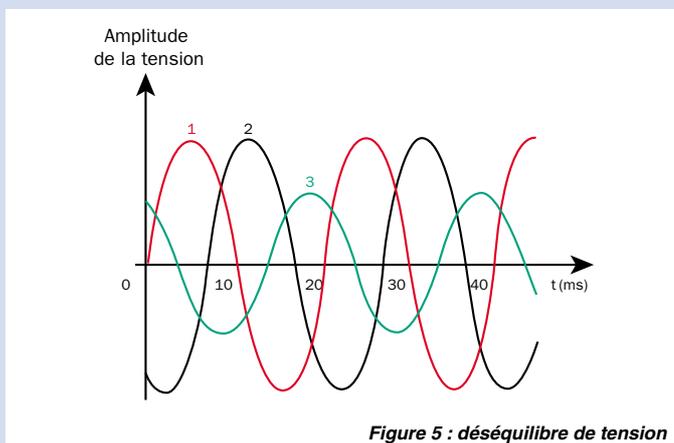
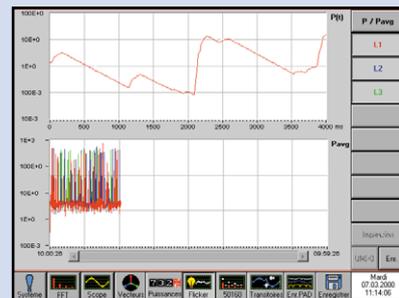


Figure 5 : déséquilibre de tension

Un récepteur électrique triphasé non-équilibré ou des récepteurs monophasés non-équilibrés alimentés par un réseau triphasé équilibré peuvent conduire à des déséquilibres de tension entre phase (figure 5). Ces déséquilibres sont dus à la circulation de courants non-équilibrés par les impédances de réseau.

La tension est décomposable par une méthode dite "des composantes

symétriques, directe, inverse ou homopolaire". Sachant que la composante inverse provoque des couples de freinage parasites et des échauffements supplémentaires dans les machines tournantes à courant alternatif. Le déséquilibre et ses trois composantes sont donnés par l'analyseur de réseau proposant la fonction Déséquilibre.



Visualisation sur l'analyseur du déséquilibre à l'aide du diagramme de Fresnel

Il est généralement convenu qu'avec un déséquilibre inférieur à 2%, aucun problème ne doit survenir.

Fréquence

Les fluctuations de fréquence sont observées le plus souvent sur des réseaux non interconnectés comme celui de la Corse ou des réseaux sur groupe électrogène. Dans des conditions normales d'exploitation, la valeur moyenne de la fréquence fondamentale doit être comprise dans l'intervalle $50 \text{ Hz} \pm 1\%$ (figure 6).

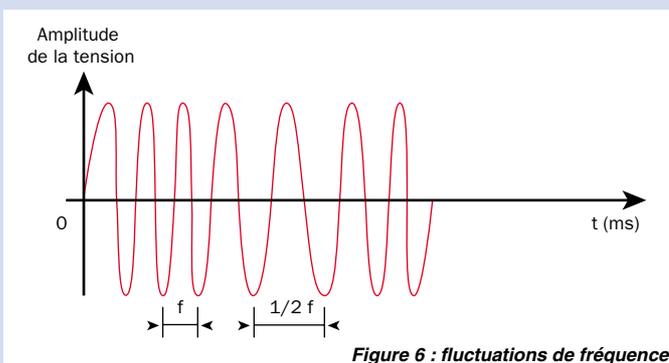


Figure 6 : fluctuations de fréquence

Conclusion

Les problèmes de creux et coupures de tension sont de plus en plus d'actualité du fait de la grande sensibilité de certains équipements à ces phénomènes. Malheureusement, ces problèmes subsisteront malgré toutes les améliorations apportées par le distributeur à ses réseaux. En France, le contrat Émeraude (tarif VERT) est appliqué aux clients industriels du réseau de distribution EDF. Il comprend un engagement contractuel sur les creux et les coupures en fonction de la zone géographique et un engagement personnalisé sur les harmoniques, le flicker et le déséquilibre.

Des perturbations de tension proviennent de l'installation croissante par l'utilisateur de charges dites fluctuantes. Il convient donc de souligner que la qualité de l'énergie électrique dépend non seulement du fournisseur mais également de l'utilisateur final.

La vérification de la qualité de la fourniture électrique passe par l'utilisation d'outils performants permettant la vérification de tous les paramètres décrits précédemment. Les nouveaux analyseurs de réseaux triphasés permettent l'analyse complète des paramètres de qualité réseaux, un diagnostic et une évaluation des problèmes observés sur le réseau.

Réseaux électriques : l'analyse complète avec le C.A 8350

Le nouvel analyseur de qualité de réseau électrique C.A 8350, est un produit évolutif et conforme aux toutes dernières normes en la matière, notamment l'EN 50160. Il donne accès à toutes les mesures pour une analyse complète : puissances, harmoniques, flicker, transitoires... L'écran tactile permet une utilisation et une programmation des plus simples, vraiment intuitive. Le logiciel d'exploitation, de type Windows, assure la mise en forme des données, sous forme de tableaux ou de graphes en couleur, et l'édition des rapports de campagne d'analyses.

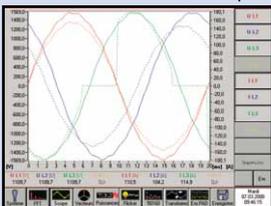
Pour compléter l'article publié sur ce produit dans notre précédent numéro, nous présentons ici les différentes possibilités de mesure de paramètres électriques et qualimétriques, dont nous venons d'aborder la théorie dans les 3 pages précédentes.

Analyse d'harmoniques

Représentation FFT de la tension et du courant
Représentation des harmoniques (jusqu'au 50^e rang) et des inter-harmoniques
Reconnaissance du sens des courants harmoniques (rentrant ou sortant)
Dépouillement statistique

Mode oscilloscope

Visualisation de la forme d'onde :
4 tensions et 4 courants
Déclenchement automatique
Mesure du déséquilibre de phase
Mise à l'échelle automatique



Oscilloscope
8 traces

Mesure du taux de "flicker"

Représentation graphique temporelle
Taux de "flicker" de type court terme
Taux de "flicker" de type long terme

Monitoring (suivi) des énergies et des puissances

Représentation des valeurs de tension, de courant, de puissance et d'énergie sous forme de tableaux
Surveillance des mini, des maxi et des valeurs moyennes
Visualisation du profil des puissances



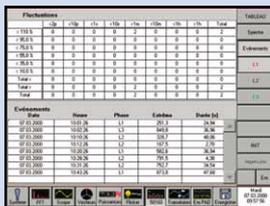
Analyse
des puissances
et énergies

Représentation vectorielle

Tensions, courants et harmoniques
Mise à l'échelle automatique
Vérification du branchement et de la rotation des phases
Résumé des différentes mesures sur chaque phase

Monitoring (suivi) des tensions

Représentation des fluctuations de tension avec rapport des valeurs hors normes
Surveillance selon norme **EN 50160**
Dépouillement et tri statistique



Analyse
des fluctuations
de tension

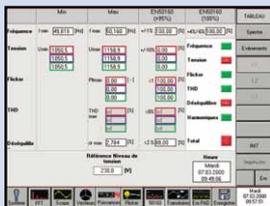


Tableau
récapitulatif
EN 50160

Enregistrement des transitoires

Monitoring
Sélection du trigger
Pré/post déclenchement
Tableau récapitulatif des événements
Horodatage et durée des événements



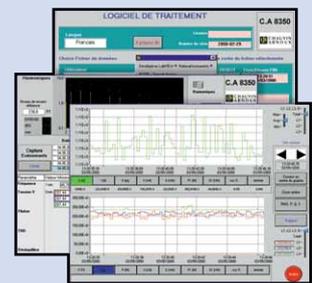
Enregistrement
sur seuil
des transitoires
(40 µs en
monophasé)

Enregistreur de données

Entrées analogiques et entrées numériques
Entrées compteur
Connexion sur port **USB** du **C.A 8350**

Logiciel PC

Le logiciel, livré d'origine avec le C.A 8350, permet d'analyser les données, de dresser un diagnostic, de générer et d'éditer très simplement des rapports de données, clairs et détaillés, dans la langue de son choix.
Traitement des données
Édition de rapports
Impression des courbes et tableaux
Exportation des données sur tableur



Impression A4 des rapports de données analysées sur des fenêtres de temps choisies

Un appareil aux nombreux avantages

D'utilisation exceptionnellement intuitive, toute la programmation et la lecture du **C.A 8350** s'effectuent par effleurement de son écran tactile, sous un **environnement Windows** particulièrement convivial. Avec une mémoire de 6 Go, de longues campagnes de mesures sont possibles. Tous les paramètres sont visualisables en instantané, et en même temps.
Dans sa version de base, l'appareil dispose des fonctions d'**analyse FFT** et du **mode oscilloscope** pour visualisation des courbes. Ensuite, chaque utilisateur compose son appareil en ajoutant la ou les options dont il a besoin : analyse de puissance et mode "vectroscope", mesure de flicker et analyse normative EN 50160, enregistrement de transitoires et enregistrement de données. Toutes ces fonctions sont disponibles simultanément pour faciliter les manipulations.

Service-lecteur n°4

CHAUVIN ARNOUX
Pôle Test & Mesure
Tél. : 01 44 85 44 85 - Fax : 01 46 27 73 89
e-mail : info@chauvin-arnoux.fr