

Bilan de l'activité

"Nouveaux systèmes de conversion d'énergie"

9	Annexe N° 1 : Qualité de la tension secteur.....	2
9.1	E.D.F. : le cahier des charges du distributeur d'électricité.....	2
9.2	La fréquence.....	2
9.3	L'amplitude.....	2
9.4	Les variations de l'amplitude.....	2
9.5	Le facteur de puissance : coût de transport de l'électricité.....	3
9.6	Le scintillement ou flicker.....	3
9.7	Les coupures de tensions.....	3
9.8	Les surtensions temporaires	3
9.9	L'équilibrage du système triphasé	3
9.10	Les harmoniques de tension	4
9.11	Bibliographie.....	4

9 Annexe N° 1 : Qualité de la tension secteur

9.1 E.D.F. : le cahier des charges du distributeur d'électricité

La production et la distribution de l'énergie électrique sont faites en triphasé, permettant ainsi de fournir une puissance active constante à des charges linéaires. La grandeur caractéristique de cette distribution est la tension. E.D.F. devrait donc fournir un système de tensions sinusoïdales triphasées équilibrées, d'amplitude constante, 365 jours par an (figure A1.1). En pratique, il faut tenir compte du fait que l'électricité ne se stocke pas. Il faut donc, qu'à chaque instant, la production corresponde à la consommation. E.D.F. doit donc gérer un système instable, le réseau de distribution, soumis à des sollicitations quasi-aléatoires que représentent les consommateurs.

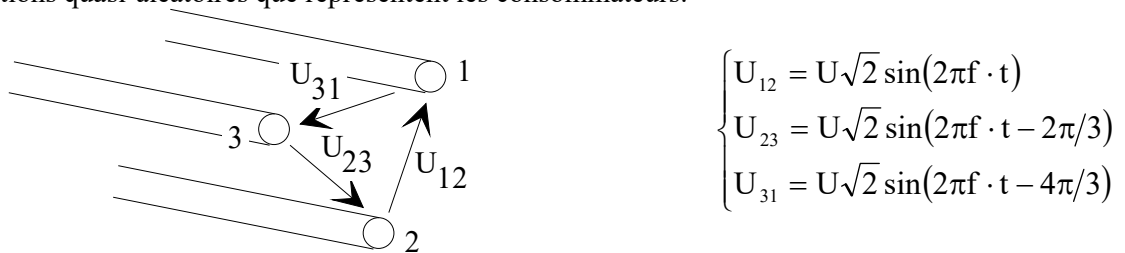


Figure A1.1 : Distribution idéale d'électricité [ART110] (dessins\tension3.drw).

Il résulte de ceci que le cas idéal de distribution précédemment cité figure A1.1 est assujéti à quelques modifications, en relation à la gestion critique du réseau. Les principales grandeurs de la distribution électrique sont passées en revue afin d'apporter les corrections nécessaires et de fournir les plages de variations [ART110]. Les caractéristiques de la tension du réseau de distribution sont définies par la norme EN 50160 [ART109].

9.2 La fréquence

La fréquence nominale de la tension doit être de 50 Hz dans les conditions normales d'exploitation. La valeur moyenne de la fréquence fondamentale du réseau est mesurée pendant 10 secondes. La tolérance sur la fréquence dépend du type d'interconnexion du réseau :

- pour un réseau relié de façon synchrone à un système interconnecté,
 - 50Hz \pm 1 % (soit de 49,5 à 50,5 Hz) pendant 95 % d'une semaine,
 - 50Hz + 4 % / - 6 % (de 47 à 52 Hz) pendant 100 % d'une semaine,
- pour un réseau sans connexions synchrones à un système interconnecté (liaison continue, réseau autonome,...),
 - 50Hz \pm 2 % (soit de 49 à 51 Hz) pendant 95 % d'une semaine,
 - 50Hz \pm 15 % (de 42,5 à 57,5 Hz) pendant 100 % d'une semaine.

En pratique, les groupes de production ont un réglage primaire dont le seuil est $\Delta f = \pm 0,05$ Hz. Au delà, des actions correctives hiérarchisées sont entreprises pour modifier la puissance active produite par les générateurs [THESE001]. Une variation maximale de 2% peut être enregistrée de façon transitoire. Ceci est typiquement une grandeur propre au producteur.

9.3 L'amplitude

La tension nominale normalisée U_n (en valeur efficace) pour les réseaux publics basse tension est de :

- $U_n = 230$ V entre phase et neutre pour un système triphasé à quatre conducteurs,
- $U_n = 230\sqrt{3}$ V entre phase pour un système triphasé à trois conducteurs.

9.4 Les variations de l'amplitude

Dans les conditions normales d'exploitation, en dehors des interruptions, pour chaque période d'une semaine, 95 % des valeurs efficaces moyennées sur 10 minutes doivent se situer dans la plage définie de $U_n \pm 10$ %. Il est fréquent que des creux de tension entre 10 et 15 % de U_n se produisent, ceux-ci étant provoqués par des commutations de charge dans les installations des clients.

9.5 Le facteur de puissance : coût de transport de l'électricité

La chute de tension d'une ligne de distribution de tension d'impédance $z = r + j \cdot x$ alimentant sous tension V une charge qui consomme une puissance active P et une puissance réactive Q vaut :

$$\left| \frac{\Delta V}{V} \right| \approx \frac{1}{V^2} \cdot (r \cdot P + x \cdot Q) \quad (\text{A1.1})$$

La puissance réactive Q entraîne une chute de tension supplémentaire sans transport de puissance active supplémentaire. La valeur minimale du $\cos(\varphi)$ est de 0,9 ($0,9 \leq \cos(\varphi) \leq 1$). Afin d'atteindre cette valeur, il est parfois nécessaire d'ajouter des condensateurs de compensation d'énergie réactive (annexe A2).

9.6 Le scintillement ou flicker

La variation de la chute de tension, due par exemple à une variation de la demande de puissance active ou réactive, entraîne des variations de flux lumineux pour des lampes à incandescence, créant un papillotement de la lumière, ou flicker, fort désagréable pour les usagers [ART144]. Des lois expérimentales ont permis d'établir que :

- la sensation de gêne ressentie par un observateur moyen est fonction du carré de l'amplitude de la fluctuation de tension et de sa durée ;
- à amplitude constante, le maximum de gêne est senti lorsque la fréquence de la fluctuation est très voisine de 10 Hz ;
- en dessous d'un seuil de perceptibilité, le flicker n'est pas visible. L'amplitude de la fluctuation de tension à 10 Hz correspondant à ce seuil est égale à 0,3 % ;
- à sensation de gêne identique, il est possible de substituer à une fluctuation de tension de fréquence f et d'amplitude a_f une fluctuation équivalente à 10 Hz d'amplitude a_{10}

$$a_{10} = g_f \cdot a_f, \text{ le terme } g_f \text{ étant uniquement fonction de la fréquence ;}$$

- la superposition de plusieurs fluctuations sinusoïdales d'amplitude a_{fi} et de fréquence f_i conduit à la même sensation de gêne qu'une fluctuation sinusoïdale de fréquence 10 Hz et d'amplitude

$$a_{10} = \sqrt{\sum_i a_{fi}^2 \cdot g_{fi}^2} \quad (\text{A1.2})$$

Il y a équivalence de sensation de gêne à l'égalité de l'intégrale $\int_0^T a_{10}^2 \cdot dt$, appelée dose de flicker, a_{10} étant l'amplitude de la fluctuation, à 10 Hz, équivalente à la fluctuation réelle de tension d'une durée T .

9.7 Les coupures de tensions

Une coupure de tension est dite brève si l'alimentation électrique disparaît pendant une minute. 70 % des coupures brèves sont inférieures à une seconde. Le nombre annuel de ces coupures brèves de la tension fournie peut varier de quelques dizaines à plusieurs centaines.

Les coupures longues, dépassant trois minutes, sont des coupures accidentelles ayant en général pour origine des causes externes ou des événements qui ne peuvent être prévus par le distributeur. La fréquence annuelle des coupures de tension peut atteindre jusqu'à 50 dans certaines régions.

9.8 Les surtensions temporaires

Dans certaines conditions, un défaut sur le réseau de distribution en amont d'un transformateur peut temporairement produire des surtensions du côté basse tension pendant le défaut. De telles surtensions ne dépassent généralement pas la valeur efficace de 1500 V.

Des surtensions transitoires plus élevées, d'environ 6 kV crête peuvent être enregistrées lors des coups de foudre. Le temps de montée peut varier de quelques microsecondes à quelques millisecondes.

9.9 L'équilibrage du système triphasé

Dans les conditions normales d'exploitation, pour chaque période d'une semaine, 95 % des valeurs efficaces calculées sur 10 minutes de la composante inverse de la tension d'alimentation doivent être inférieures à 2 % de la composante directe.

9.10 Les harmoniques de tension

Dans les conditions normales d'exploitation, pour chaque période d'une semaine, 95 % des valeurs efficaces calculées de chaque tension harmonique moyennée sur 10 minutes ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau A1.1. Le taux global de distorsion harmonique THD est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{U_h}{U_1} \right)^2} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}}{U_1} \quad (\text{A1.3})$$

U_1 étant la valeur efficace de la tension fondamentale. Le THD de la tension ne doit pas dépasser 8 %.

Tableau A1.1 : Valeurs des tensions harmoniques en % de la tension nominale $U_n = U_1$.

Harmoniques impairs				Harmoniques pairs	
Non multiple de 3		Multiple de 3			
Rang h	Valeur	Rang h	Valeur	Rang	Valeur
5	6.00%	3	5.00%	2	2.00%
7	5.00%	9	1.50%	4	1.00%
11	3.50%	15	5.00%	6...24	0.50%
13	3.00%	21	5.00%		
17	2.00%				
19	1.50%				
23	1.50%				

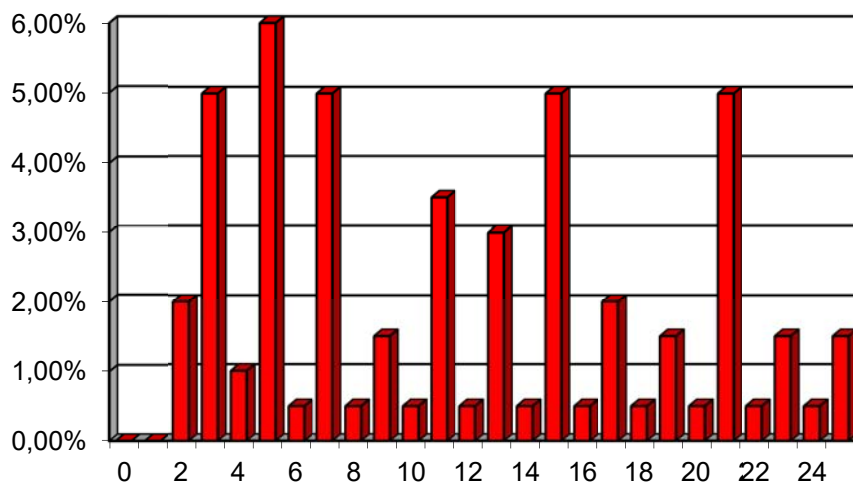


Figure A1.2 : Pourcentages des harmoniques de tension en fonction du rang de l'harmonique EN 50 160.

9.11 Bibliographie

- [ART110] J.L. Javerzac, E.D.F. Production Transport, "L'électricité et ses imperfections", R.G.E., n° 4, avril 1995.
- [THESE001] Thèse présentée par Roger Thom, "Contribution à l'étude des perturbations sur les réseaux électriques", soutenue le 10 juillet 1987, Faculté St Jérôme, Marseille.
- [ART109] CENELEC, EN 50 160, CLC/BTTF 68-6, "Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution", Avril 1994.
- [ART144] Marius Chanas "1-Perturbations de tension affectant le fonctionnement des réseaux fluctuations brusques, flicker, déséquilibres et harmoniques", Journées d'études S.E.E, R.G.E.-Tome 87-n° 12-Décembre 1978, pp. 925-943.