

Annexe 2

Qualité des fournitures HTB (plus de 50 kV)

Préambule

Cette annexe dresse la liste des perturbations susceptibles d'affecter la qualité du courant électrique. Afin de faciliter la compréhension des phénomènes, sont généralement présentés : leur définition simplifiée, la nature des engagements d'EDF, les modalités de mesure et quelques commentaires généraux. Tous les phénomènes sont traités dans les chapitres 1 et 2. Une synthèse des engagements d'EDF est présentée au chapitre 3.

Le chapitre 4 précise les tolérances que le client se doit de respecter en matière de perturbations générées par ses propres installations et qui seraient injectées sur les réseaux d'EDF.

Les conditions de raccordement en 400 kV font l'objet d'avenants adaptés.

→ 1. Développement, renouvellement et maintenance des ouvrages du distributeur

Les coupures programmables pour le développement, le renouvellement et la maintenance du réseau ne font pas partie des interruptions de fourniture dues aux aléas de production, transport et distribution. Elles peuvent se répartir en deux catégories :

- les coupures de durée généralement supérieure à deux heures, pour le gros entretien, le développement et les réparations ;

- les coupures de durée généralement inférieure à deux heures, destinées à vérifier le bon fonctionnement du matériel (disjoncteurs, sectionneurs par exemple) dans le cadre du dispositif d'entretien adopté par EDF pour le matériel haute tension.

En fonction notamment du schéma d'alimentation de la clientèle, EDF communiquera le plan annuel des opérations de développement, renouvellement et maintenance du réseau. Sur la base de ce plan, les modalités de mise en œuvre de ces opérations seront négociées entre EDF et le client. En cas de désaccord, il sera statué par l'ingénieur en chef du contrôle.

→ 2. Performances standard du réseau

2.1. Commentaires et définitions généraux sur la tension

- la mesure d'une tension s'exprime en **valeur efficace**. Sauf indication contraire, ce document fait référence aux tensions entre phases, appelées aussi **tensions composées**. Elles sont notées U .

- la tension **nominale** (U_n) d'un réseau est la valeur de la tension utilisée pour dénommer ou identifier un réseau ou un matériel.

- la tension **contractuelle** (U_c) constitue la référence des engagements d'EDF. Sa valeur est fixée dans les conditions particulières du contrat de fourniture. Elle peut différer de la tension nominale (U_n) du réseau.

- la tension de **fourniture** (U_f) est la valeur que le distributeur délivre au point de livraison du client, à un instant donné.

- la valeur efficace de la tension est mesurée sur une durée de 1 période du 50 Hz au maximum (20 ms). La mesure de la tension peut s'effectuer avec un appareil dont la bande passante va jusqu'à 2 kHz.

- la mesure des caractéristiques de la tension est en principe effectuée au point de livraison, là où se trouvent les compteurs d'énergie. Cette mesure sert de référence contractuelle si le comptage est raccordé au niveau de la tension contractuelle. Si ce n'est pas le cas, la mesure ne sert de référence contractuelle que pour les coupures.

- la tension **assignée** d'un matériel est la valeur de la tension généralement convenue entre constructeurs et utilisateurs à laquelle se rapportent certaines spécifications de fonctionnement.

Parmi les différents paramètres qui caractérisent la tension, le distributeur garantit les performances standard suivantes :

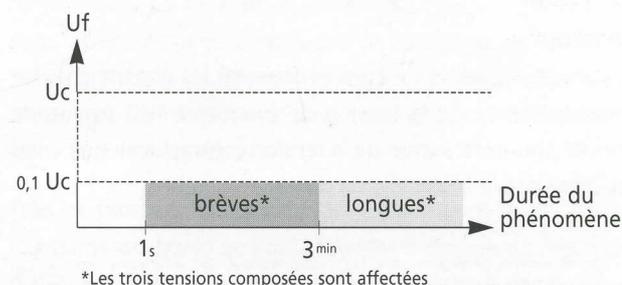
2.2. Les interruptions de fourniture

Définition

Il y a "coupure" lorsque les valeurs efficaces des trois tensions composées sont simultanément inférieures à 10% de la tension contractuelle U_c pendant une durée supérieure ou égale à 1 seconde. On distingue :

- les "coupure" brèves : durée comprise entre 1 seconde et trois minutes ;

- les "coupure" longues : durée supérieure ou égale à trois minutes.



Engagements

En régime normal d'exploitation, EDF s'engage à ne pas dépasser les seuils annuels suivants (hors travaux) :

	1996	1997	1998
coupures longues (durée ≥ 3 min)	1	1	1
coupures brèves ($1 \text{ s} \leq \text{durée} < 3 \text{ min}$)	5	5	5

EDF s'engage en outre à ce que, pour chaque client, la somme des seuils pour les coupures longues et brèves n'augmente pas dans l'avenir. Le client sera informé chaque fois que les seuils seront modifiés.

Concernant les coupures longues, les seuils sont exprimés en "équivalents-coupures" :

- durée < une heure ➔ 1 équivalent-coupe ;
- durée \geq une heure ➔ 2 équivalents-coupures, sauf lorsque les aléas inhérents à la production et au transport de l'électricité dont il est fait état à l'alinéa 2 de l'article VI des conditions générales conduisent à un "incident électrique de grande ampleur"¹.

Les coupures susceptibles de survenir, du fait des manœuvres d'exploitation, dans l'heure qui suit le début d'une coupure longue ne sont pas comptabilisées. De même, les coupures brèves résultant du fonctionnement des protections et automatismes et précédant d'au plus deux minutes les coupures longues ne sont pas comptabilisées.

Mesure

La valeur de la tension de référence est U_c . La mesure de la valeur efficace de la tension est effectuée indépendamment sur chacune des trois tensions composées, sur une durée maximale d'une période du 50 Hz (20 ms).

Commentaires

Une interruption de fourniture (ou "coupure") correspond à une absence de la tension d'alimentation généralement due à l'ouverture d'un appareil de coupure situé entre le réseau et le client.

2.3. Les fluctuations lentes de la tension

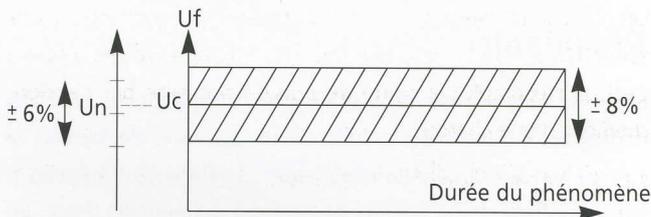
Définition

Les fluctuations lentes de tension couvrent les phénomènes où la valeur efficace de la tension de fourniture (U_f) évolue de quelques pour-cent autour de la tension contractuelle (U_c), mais reste assez stable à l'échelle de quelques minutes.

1- Il s'agit d'incidents généralisés, soit au niveau national, soit au niveau régional, qui entraînent une interruption de fourniture dépassant 1 500 MW. Au cours des vingt dernières années, les grands incidents ayant dépassé ce seuil ont été l'effondrement en cascade du réseau, le 19 décembre 1978, et l'incident du 12 juin 1987 dans la région ouest.

Engagements

Pour le 63 kV et le 90 kV, la valeur contractuelle de la tension (U_c) est située dans une plage de $\pm 6\%$ autour de la tension nominale (U_n). La valeur efficace de la tension de fourniture (U_f) peut varier de $\pm 8\%$ autour de la valeur contractuelle.



Pour le 225 kV, la valeur contractuelle de la tension (U_c) est fixée entre 200 et 245 kV. La valeur efficace de la tension de fourniture (U_f) peut varier entre 200 et 245 kV.

Mesure

La valeur efficace de la tension est moyennée sur une durée de 10 minutes.

Commentaires

La tension de fourniture en un point du réseau peut fluctuer, à l'échelle journalière, hebdomadaire ou annuelle, sous l'effet de variations importantes de la charge des réseaux ou des changements des schémas d'exploitation (suite par exemple à des aléas de production ou des avaries). Des dispositifs de réglage de la tension installés dans les postes de transformation d'EDF contribuent à limiter ces fluctuations.

2.4. Les fluctuations rapides de la tension

Définitions

Le terme "fluctuation rapide de tension" couvre tous les phénomènes où la tension présente des évolutions qui ont une amplitude modérée (généralement moins de 10%), mais qui peuvent se produire plusieurs fois par seconde. Ces phénomènes peuvent donner lieu à un papillotement de la lumière appelé "flicker". On appelle "à-coup de tension" une variation soudaine, non périodique de la valeur efficace de la tension, qui se produit à des instants aléatoires à partir d'une valeur de la tension comprise dans la plage contractuelle.

Engagement

Le distributeur s'engage à ce qu'en permanence la sévérité du flicker ne dépasse pas le niveau de sévérité de longue durée, actuellement $Plt = 1$. Les à-coups de tension sont compris dans cet engagement.

Mesure

Elle doit être effectuée avec un appareil de mesure dont les caractéristiques répondent à la norme internationale CEI 868.

Commentaires

Les fluctuations rapides de la tension qui sont à l'origine du "flicker" sont provoquées par des charges fluctuantes à cadence fixe (machines à souder par points par exemple, grosses photocopieuses) ou erratique (cas des fours à arc).

Les "à-coups de tension" proviennent essentiellement des variations de la charge du réseau ou de manœuvres en réseau : c'est, par exemple, la chute de tension produite par l'enclenchement d'une charge.

2.5. Les déséquilibres de la tension

Définition

EDF fournit à sa clientèle un ensemble de trois tensions sinusoïdales appelé système triphasé. Ces trois tensions ont théoriquement la même valeur efficace et sont également décalées dans le temps. Un écart par rapport à cette situation théorique est caractéristique d'un système déséquilibré.

Engagement

Le taux moyen de déséquilibre τ_{vm} ne doit pas dépasser la valeur de 2%.

Mesure

Si τ_i est la valeur instantanée du déséquilibre, on définit le taux moyen τ_{vm} par la relation :

$$\tau_{vm} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \tau_i^2(t) dt}, \text{ où } T = 10 \text{ minutes.}$$

Commentaires

En pratique, des charges dissymétriques raccordées sur les réseaux sont à l'origine des déséquilibres. Si le système triphasé au point de livraison d'un client est déséquilibré, le fonctionnement d'un appareil triphasé peut être perturbé : le système de courants qui le traverse est lui-même déséquilibré, ce qui peut provoquer des échauffements et, dans le cas des machines tournantes, une diminution de leur couple.

2.6. La fréquence

Engagements

En fonctionnement interconnecté par liaisons synchrones, la valeur de la fréquence varie dans la plage : 50 Hz \pm 1%. En cas de fonctionnement isolé par rapport au réseau européen, la fréquence varie dans la plage : 50 Hz + 4/- 6 %.

Mesure

La valeur de la fréquence est moyennée sur une durée de 10 secondes.

Commentaires

Sur les réseaux européens interconnectés par des liaisons synchrones, la fréquence est une caractéristique de la tension qui est la même en tous les points des réseaux. Dans des circonstances exceptionnelles, le réseau alimentant le client peut se trouver momentanément isolé par rapport au réseau européen :

le distributeur privilégie alors le maintien de la tension, quitte à voir la fréquence varier dans une plage plus importante (+ 4/- 6 %). Si une telle éventualité risquait de créer des difficultés au client, le distributeur pourrait l'aider à rechercher des solutions qui en limiteraient les conséquences.

Pour les autres caractéristiques de la tension, le distributeur fournit, à titre indicatif, les niveaux de performance suivants :

2.7. Les harmoniques

Définition

EDF fournit à sa clientèle des tensions sinusoïdales à 50 Hz que certains équipements perturbateurs peuvent déformer. Une tension déformée est la superposition d'une sinusoïde à 50 Hz et d'autres sinusoïdes à des fréquences multiple entier de 50 Hz, que l'on appelle "harmoniques". On dit que la sinusoïde de fréquence 100 Hz est de rang 2, celle de fréquence 150 Hz de rang 3 ...

Valeurs données à titre indicatif¹

Les taux de tensions harmoniques τ_h , exprimés en pour-cent de la tension de fourniture (U_f), ne devraient pas dépasser les seuils suivants :

Harmoniques impairs				Harmoniques pairs	
non multiples de 3		multiples de 3			
Rang	Seuils (%)	Rang	Seuils (%)	Rang	Seuils (%)
5 et 7	2	3	2	2	1,5
11 et 13	1,5	9	1	4	1
17 et 19	1	15 et 21	0,5	6 à 24	0,5
23 et 25	0,7				

le taux global τ_g ne dépassant pas 3%².

Mesure

La valeur efficace de chaque tension harmonique est moyennée sur une durée de 10 minutes.

Commentaires

Certaines charges raccordées au réseau ne consomment pas un courant proportionnel à la tension de fourniture. Ce courant contient des courants harmoniques qui provoquent sur les réseaux des tensions harmoniques. La présence de tensions harmoniques sur les réseaux génère des courants harmoniques dans les équipements électriques, ce qui provoque des échauffements. Dans le cas des condensateurs, l'effet est accentué par le fait que ces composants présentent une impédance décroissante avec la fréquence.

Tous les procédés comportant de l'électronique, quelle que soit leur puissance, produisent des courants harmoniques : c'est en particulier le cas des micro-ordinateurs, des variateurs de courant...

1-EDF prendra des engagements sur les taux d'harmoniques d'ici 1998 ; les taux devraient être assez proches de ceux mentionnés ci-dessus. Aux engagements d'EDF correspondent des tolérances appliquées aux clients (cf. § 4 - 3).

2-Défini par : $\tau_g = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \tau_h^2}$

2.8. Les surtensions impulsionnelles

En plus des surtensions à 50 Hz, les réseaux HTB peuvent être le siège de surtensions impulsionnelles par rapport à la terre, dues, entre autres, à des coups de foudre. Des surtensions impulsionnelles dues à des manœuvres d'appareils peuvent également se produire sur les réseaux HTB d'EDF ou sur les réseaux des clients. Des valeurs de surtensions phase-terre jusqu'à 2 à 3 fois la tension simple contractuelle se rencontrent usuellement.

La protection contre les surtensions d'origine atmosphérique nécessite soit l'emploi de dispositifs de protection (parafoudres), soit l'adoption de dispositions constructives appropriées (distances d'isolement par exemple).

Compte tenu de la nature physique des deux phénomènes ci-dessus (dans la gamme de quelques kHz à quelques MHz), EDF n'est pas en mesure de garantir des niveaux qui ne seraient pas dépassés chez les clients : ceux-ci devront prendre toutes les mesures nécessaires pour se protéger.

→ 3. Engagements d'EDF

3.1. Les engagements standard (rappel)

Phénomènes	§	Engagements
Coupages pour travaux	1	modalités négociées
Coupages	2 - 2	1 coupure longue, 5 coupures brèves
Fluctuations lentes	2 - 3	63 et 90 kV : Uc située dans la plage $U_n \pm 6\%$ Uf située dans la plage $U_c \pm 8\%$ 225 kV : Uc et Uf situées dans la plage 200/245 kV
Fluctuations rapides	2 - 4	$Plt \leq 1$
Déséquilibres	2 - 5	$\tau_{vm} \leq 2\%$
Fréquence	2 - 6	50 Hz $\pm 1\%$ (cas des réseaux interconnectés) 50 Hz + 4/- 6% (cas des réseaux îlotés)

3.2. Les engagements personnalisés

Le client peut demander à EDF de prendre des engagements personnalisés. Le niveau de ceux-ci sera fonction des conditions locales d'alimentation du client. Un dispositif de mesure de la qualité adapté aux engagements pris et d'un type agréé par EDF sera installé chez le client. Les engagements pourront porter sur un ou plusieurs des paramètres suivants :

- les interruptions de fourniture
- limite inférieure des coupures brèves : la valeur standard - une seconde - peut être abaissée jusqu'à une valeur minimale de 600 ms ;
- les seuils mentionnés au § 3-1 sont annuels : EDF peut prendre des engagements portant sur une durée plus longue (2 ou 3 ans) ;

- les seuils mentionnés au § 3-1 distinguent les coupures brèves et longues : l'engagement d'EDF peut ne pas faire cette distinction, et donc porter sur l'ensemble des coupures dont la durée excède 1 seconde.

- les fluctuations lentes de tension

En 225 kV, la plage de fluctuation de Uf pourra être limitée à 36 kV à l'intérieur du domaine 200/245 kV.

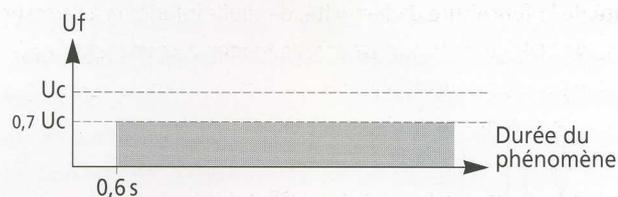
- les creux de tension

Définition

Un creux de tension est une diminution brusque de la tension de fourniture (Uf) à une valeur située entre 90% et 1% de la tension contractuelle (Uc), suivie du rétablissement de la tension après un court laps de temps. Un creux de tension peut durer de 10 ms à 3 minutes.

Engagement

Il se présentera sous la forme de seuils (selon les mêmes principes que pour les interruptions de fournitures), les creux de tension étant caractérisés par leur profondeur et leur durée (avec une limite : 30%, 600 ms) :



Mesure

La valeur de la tension de référence est Uc. La mesure de la tension efficace est effectuée indépendamment sur chacune des trois tensions composées. Pour que la détection des creux de tension soit la plus rapide possible, la valeur efficace est, pour ces seules perturbations, mesurée sur une demi-période du 50 Hz (10 ms) :

- il y a "creux de tension" dès que la valeur efficace d'une tension est inférieure à une valeur appelée "seuil" ;
- le creux de tension débute dès qu'une tension est inférieure au seuil. Il se termine dès que les trois tensions sont supérieures au seuil ;
- on considère qu'il s'est produit deux creux de tension différents si les deux phénomènes sont séparés par un retour dans la zone de variations contractuelles durant plus de 100 ms.

Commentaires

Les courts-circuits qui se produisent sur les réseaux provoquent des chutes de tension dont l'amplitude est maximale à l'endroit du court-circuit et diminue lorsqu'on se rapproche de la source de tension. La forme des chutes de tension en un point dépend de la nature du court-circuit (entre phase et neutre ou entre phases) et du couplage des transformateurs éventuellement situés entre le court-circuit et le point considéré. La diminution

de la tension dure tant que le court-circuit n'est pas éliminé. Ces perturbations peuvent affecter 1, 2 ou les 3 tensions composées.

A ces engagements personnalisés est associé un ensemble de services indissociables des engagements techniques :

- relevé périodique (au moins deux fois par an) des appareils de mesure de la qualité ;
- communication au client, selon la même périodicité, de sa situation par rapport aux engagements contractuels ;
- point annuel sur les perspectives à moyen terme de la qualité.

Ces services font l'objet d'une redevance annuelle dont le montant forfaitaire, fixé au plan national, sera variable selon les services offerts, dépendra du dispositif de mesure de la qualité installé et sera mentionné dans l'avenant au contrat de fourniture matérialisant les engagements personnalisés.

3.3. Les engagements "Réseau Plus"

Si, compte tenu des spécificités de ses applications de l'électricité, le client ne peut se satisfaire des engagements précédents et souhaite pouvoir bénéficier, en matière de qualité et de continuité de la fourniture d'électricité, de seuils inférieurs à ceux sur lesquels EDF peut normalement s'engager à court terme, EDF étudie s'il existe des solutions sur les réseaux de nature à répondre à l'objectif souhaité. Si de telles solutions existent et conviennent au client, et s'il accepte de participer financièrement aux travaux proposés par EDF, ceux-ci seront réalisés et EDF s'engagera sur les niveaux de qualité attendus. De son côté, le client s'engage à faire réaliser, par l'entreprise de son choix, sur ses propres installations, les travaux d'amélioration étant apparus comme complémentaires de ceux réalisés par EDF.

3.4. Contestations

En cas de contestation sur l'application des dispositions précédentes, il sera statué par l'ingénieur en chef chargé du contrôle.

→ 4. Conditions de raccordement et d'alimentation des clients

Le respect par EDF des engagements décrits au § 2 de la présente annexe suppose que chaque utilisateur limite ses propres perturbations à un niveau raisonnable.

Cette limitation se fait sur la base d'une puissance de court-circuit de référence minimale (400 MVA en 63 et 90 kV, 1500 MVA en 225 kV). Toutes les valeurs limites données ci-après supposent qu'EDF fournit au moins la puissance de court-circuit de référence. Si, en pratique, EDF fournit une puissance de court-circuit inférieure, les perturbations de tension effectivement produites par le client ne pourront pas dépasser les valeurs limites ci-après multipliées par le rapport entre la puissance de court-circuit de référence et la puissance de court-circuit effectivement fournie.

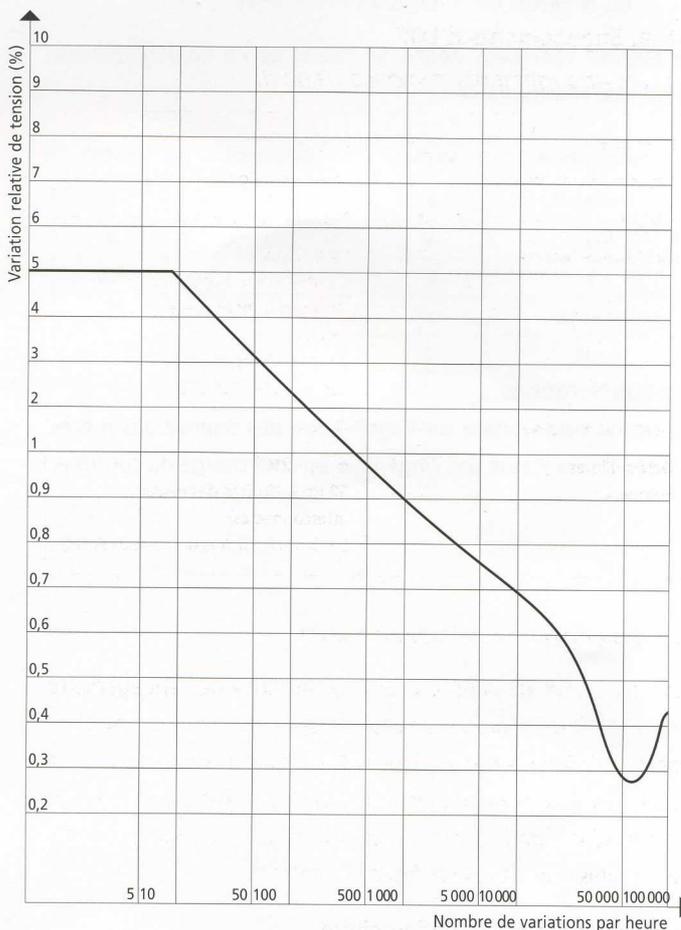
4.1. Les fluctuations rapides de la tension

■ Les à-coups de tension

La fréquence et l'amplitude des à-coups de tension engendrés par l'installation du client au point de livraison doivent être inférieures ou égales aux valeurs délimitées par la courbe amplitude-fréquence de la publication 1000-2-2 de la CEI (cf. ci-après). L'amplitude de tout à-coup créé au point de livraison ne doit pas excéder 5% de la tension de fourniture U_f . Les conditions d'atténuation des perturbations, provoquées au niveau du jeu de barres HTA du poste-source HTB/HTA par des à-coups répétitifs, d'amplitude supérieure à 2% et de fréquence inférieure à 3 par minutes, seront examinées conjointement par EDF et le client.

Le flicker

La fréquence et l'amplitude des fluctuations rapides de tension engendrées par l'installation du client au point de livraison doivent être inférieures ou égales aux valeurs délimitées par la courbe amplitude-fréquence sur la publication 1000-2-2 de la CEI et reproduite ci-dessous :



4.2. Les déséquilibres de la tension

Tout client dont la charge perturbatrice est inférieure ou égale à 4 MVA en 63 et 90 kV et à 15 MVA en 225 kV est alimenté sans réserves. Il en sera de même s'il produit à son point de livraison un taux de déséquilibre en tension inférieur ou égal à 1% (mêmes définitions qu'au § 2-5).

Si aucune des conditions précédentes n'est remplie et si la puissance de court-circuit mise à disposition du client par EDF est supérieure à la valeur de référence, EDF demandera au client de prendre toutes dispositions pour que ses installations ne provoquent pas un taux de déséquilibre supérieur à 1%.

4.3. Les harmoniques

Actuellement, EDF n'impose pas à sa clientèle de règle de raccordement vis-à-vis des harmoniques : les tolérances suivantes sont donc communiquées à **titre indicatif**. Il est cependant recommandé aux clients de s'y conformer, car des valeurs sans doute proches deviendront obligatoires d'ici 1998¹.

Le client cherchera à limiter chacun des courants harmoniques injectés sur le réseau EDF. Les limites sont déterminées au prorata de la puissance souscrite ($S_{\text{souscrite}}$) de chaque client. A chaque harmonique de rang n est associé un coefficient de limitation k_n . Le client devra limiter ses harmoniques à la valeur :

$$I_{hn} = k_n \frac{S_{\text{souscrite}}}{\sqrt{3} \times U_c}$$

où U_c est la valeur de la tension contractuelle.

Le tableau ci-dessous donne la valeur de k_n en fonction du rang n de l'harmonique :

Rangs impairs	k_n (%)	Rangs pairs	k_n (%)
3	4	2	2
5 et 7	5	4	1
9	2	> 4	0,5
11 et 13	3		
> 13	2		

4.4. Contestations

En cas de contestation sur l'application des dispositions précédentes, il sera statué par l'ingénieur en chef chargé du contrôle.

1- Au même titre que les obligations d'EDF mentionnées au § 2 - 7.