

**DEMANDE D'APPROBATION D'UN TARIF  
POUR LE SERVICE SIGNATURE**



## Table des matières

<b>1</b>	<b>CONTEXTE .....</b>	<b>5</b>
1.1	ÉVALUATION DES BESOINS DES CLIENTS ET PROJET PILOTE.....	5
<b>2</b>	<b>SERVICE SIGNATURE.....</b>	<b>7</b>
2.1	DESCRIPTION DU SERVICE.....	7
2.2	CLIENTÈLE CIBLE .....	10
2.3	COMMERCIALISATION.....	11
<b>3</b>	<b>TARIF.....</b>	<b>11</b>
3.1	TARIF PROPOSÉ.....	11
3.2	PRÉVISION DES VENTES .....	13
<b>4</b>	<b>ANALYSES ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE .....</b>	<b>14</b>

## Annexes

1. Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec
2. Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec
3. Photo d'une installation des équipements du *Service Signature*
4. Texte des Tarifs et conditions du Distributeur – *Service Signature*
5. Hypothèses pour le calcul des revenus, des charges et des investissements



## **1 CONTEXTE**

1 Dans la tradition de services personnalisés offerts à la clientèle Grandes  
2 entreprises, une nouvelle approche de service facturable a été développée pour  
3 soutenir les clients particulièrement sensibles à la qualité de l'électricité. Ce  
4 service expert d'analyse et de diagnostic de la qualité de l'électricité est  
5 complémentaire aux activités de maintenance prédictive des clients et permet  
6 d'offrir en continu la mesure de la qualité de l'électricité livrée. Ultimement, le  
7 *Service Signature* permet de réduire les pertes de production des clients et  
8 augmente ainsi leur compétitivité et leur satisfaction envers Hydro-Québec  
9 Distribution.

10 L'introduction du *Service Signature* offre aux clients préoccupés par la sensibilité  
11 de leurs équipements à la qualité de l'alimentation électrique de se prévaloir d'un  
12 accès privilégié aux experts d'Hydro-Québec<sup>1</sup> pour l'analyse des perturbations  
13 affectant leurs activités. Ce faisant, Hydro-Québec optimise l'utilisation de ses  
14 ressources.

### **1.1 Évaluation des besoins des clients et projet pilote**

15 La qualité du service électrique est un enjeu majeur pour les clients Grandes  
16 entreprises. Parmi les attentes prioritaires de cette clientèle, trois d'entre elles ont  
17 trait à la qualité du service électrique soit la fiabilité de l'alimentation, la  
18 communication en cas de panne et la qualité de l'onde.

19 Des rencontres de consultation ont été organisées auprès de dix (10) clients  
20 représentatifs des secteurs de marchés de Grandes entreprises, afin de  
21 présenter le *Service Signature* alors en développement. Le *Service Signature* a  
22 été décrit comme un service facturable avec une fourchette de prix comparable

---

<sup>1</sup> Incluant les experts d'Hydro-Québec TransÉnergie.

1 au tarif présenté dans le présent dossier. L'analyse des échanges avec ces  
2 clients fait ressortir les éléments suivants :

- 3 • Les clients visités ont tous des besoins de mesure de la qualité de  
4 l'électricité plus ou moins importants. Ils vivent tous, à des degrés divers,  
5 les conséquences des perturbations de l'alimentation électrique.
- 6 • De nombreux clients possèdent des équipements de mesure, mais ne  
7 disposent pas de l'expertise nécessaire à l'analyse des phénomènes  
8 électriques pouvant causer des pertes de production.
- 9 • Les clients sont souvent démunis face à des manufacturiers affirmant que  
10 la qualité de l'alimentation électrique dans leurs installations est la cause  
11 du mauvais fonctionnement ou même du bris de certains équipements.
  - 12 ○ Les informations factuelles sur la qualité de l'alimentation électrique  
13 sont manquantes pour expliquer le comportement des équipements.
  - 14 ○ La spécification de nouveaux équipements requiert la connaissance  
15 des conditions spécifiques de l'alimentation électrique et une  
16 connaissance des principales perturbations de l'alimentation  
17 électrique. La sélection des options pertinentes et le suivi de la  
18 performance attendue sont facilités par la connaissance des  
19 caractéristiques spécifiques et en continu de l'alimentation électrique.
- 20 • L'accès aux données analysées par l'intermédiaire de rapports  
21 hebdomadaires et par l'intermédiaire de demandes spécifiques apparaît  
22 pertinent. La disponibilité de certaines informations directement à partir de  
23 l'appareil de mesure semble être un besoin répandu ; la plupart des  
24 clients veulent créer une interface entre les appareils du *Service*  
25 *Signature* et leurs systèmes de suivi de toute nature.
- 26 • Dans l'ensemble, les clients se sont montrés intéressés à ce nouveau  
27 service et plusieurs se sont dits prêts à soumettre une demande à leur  
28 direction.

1 Compte tenu d'un marché aussi évident, le Distributeur a procédé à un projet  
2 pilote technique et commercial afin de développer et d'optimiser le *Service*  
3 *Signature*. Les équipements ont été testés et déployés dans différentes  
4 configurations pour, entre autres, en valider la fiabilité. Les informations  
5 transmises aux clients ont été adaptées selon les commentaires des clients. Les  
6 limites des systèmes de télécommunication et les exigences en termes de  
7 systèmes informatiques ont été évaluées. Différentes configurations  
8 d'installations ont été expérimentées, concernant notamment le nombre de points  
9 de mesure et l'utilisation d'un modem réseau ou cellulaire. Les installations  
10 pilotes ont ainsi amené le développement de solutions permettant d'offrir le  
11 *Service Signature* à l'ensemble de la clientèle.

12 Les consultations et le projet pilote ont également conduit à l'identification  
13 d'options en réponse à des besoins spécifiques. Les options suscitant l'intérêt de  
14 la clientèle concernent le suivi harmonique et le tableau de bord, tandis que des  
15 avis courriels personnalisés ont été ajoutés au service de base.

## **2 SERVICE SIGNATURE**

### **2.1 Description du service**

16 Le *Service Signature* est un service expert d'analyse et de diagnostic de la  
17 qualité de l'électricité, basé sur la mesure en continu au point de raccordement  
18 du client. Il s'inscrit en continuité avec les activités de maintenance prédictive des  
19 clients au niveau de la documentation factuelle de la qualité de l'alimentation  
20 électrique. Il s'agit d'un service clés en main incluant l'installation des  
21 équipements de mesure et de communication dans le cabinet de mesurage pour  
22 facturation. Les données mesurées sont traitées automatiquement et des experts  
23 de la qualité de l'alimentation électrique sont disponibles, sur demande, pour  
24 l'analyse de cas spécifiques.

1 L'analyse en continu de la qualité de l'électricité, par le biais du *Service*  
2 *Signature*, permet au client de déceler rapidement une perturbation, d'effectuer  
3 un balisage de la sensibilité des équipements et d'éviter des pertes de production  
4 à répétition.

- 5 • Toute perte de charge à la suite d'une perturbation électrique ou d'une  
6 coupure d'alimentation est signalée en temps réel par un avis<sup>2</sup> qui est  
7 alors automatiquement acheminé au client par courriel ou par cellulaire.  
8 Ces avis guident les équipes de maintenance dans la recherche de la  
9 cause de l'arrêt des équipements de production favorisant leur  
10 redémarrage plus rapide afin de minimiser les pertes de production.
- 11 • La documentation et l'analyse en continu des caractéristiques de  
12 l'alimentation électrique permettent de qualifier les phénomènes qui  
13 peuvent affecter à répétition les équipements de production donnant au  
14 client l'opportunité de corriger la situation et d'éviter la récurrence de  
15 conditions entraînant des pertes de production.
- 16 • Le support technique spécialisé offert rend possible l'analyse en  
17 profondeur des situations inhabituelles pour orienter le client quant aux  
18 actions à prendre pour minimiser l'impact de perturbations de  
19 l'alimentation électrique sur ses charges.

20 De façon plus spécifique, le *Service Signature* offre les fonctions suivantes :

21 Service de base

- 22 • avis automatisés en cas de pertes de charge précédées d'un événement  
23 électrique au point de raccordement du client
- 24 - par courriel ou par cellulaire
- 25 - 24 heures sur 24, 7 jours sur 7

---

<sup>2</sup> Une alimentation sans coupure (UPS) est utilisée pour assurer la transmission de l'information en cas de coupure de l'alimentation électrique.

- 1       • rapports hebdomadaires de deux pages (par courriel)
- 2           - description de la qualité de l'électricité livrée
- 3           - relevé et balisage des creux de tension
- 4       • bilan annuel de la qualité de l'électricité
- 5           - revue détaillée des indicateurs de qualité de l'électricité<sup>3</sup>
- 6           - balisage du comportement des charges
- 7       • analyse au cas par cas par les experts d'Hydro-Québec
- 8       • mesure en continu de la qualité de l'électricité
- 9           - équipement de mesure fourni et installé par Hydro-Québec Distribution
- 10       • formation d'une demi-journée
- 11           - familiarisation avec les caractéristiques et les cibles de qualité de la
- 12            tension fournie par Hydro-Québec Distribution
- 13           - interprétation des rapports hebdomadaires

14    Options disponibles

- 15       • suivi des harmoniques
- 16           - suivi statistique en continu des harmoniques
- 17           - profils harmoniques de la tension et du courant
- 18       • tableau de bord local
- 19           - accès aux principaux paramètres mesurés
- 20           - temps de rafraîchissement typique inférieur à dix secondes
- 21       • nouveaux rapports ou avis

---

<sup>3</sup> Les indicateurs de qualité sont ceux indiqués dans les documents *Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec* (voir annexe 1) et *Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec* (voir annexe 2).

1           -   selon les besoins particuliers du client

2 L'équipement de mesure installé par Hydro-Québec Distribution chez un client  
3 abonné au *Service Signature* est un appareil de la famille ION de la compagnie  
4 *Power Measurement* maintenant partie intégrante du groupe *Schneider Electric*.  
5 Cet appareil est celui qui répond le mieux aux exigences du Distributeur en  
6 permettant notamment de rendre compte de toutes les caractéristiques de  
7 l'électricité énoncées dans les documents d'Hydro-Québec TransÉnergie et  
8 d'Hydro-Québec Distribution<sup>4</sup>. L'appareil choisi représente la meilleure  
9 combinaison en termes de flexibilité de la programmation, de technologie de  
10 communication et de coût. La flexibilité de la programmation unique à cet  
11 appareil rend possible l'adaptation des fonctionnalités aux besoins précis d'un  
12 client. Les équipements du *Service Signature* demeurent la propriété  
13 d'Hydro-Québec Distribution pendant la durée de l'abonnement et sont retirés  
14 lorsque le client met fin à cet abonnement.

15 L'installation est réalisée chez le client à même le poste de mesurage du  
16 Distributeur. Une photo d'une installation typique est présentée à l'annexe 3. Une  
17 installation comprend typiquement un équipement de mesure (ION76xx), un  
18 aiguilleur téléphonique permettant de partager la ligne téléphonique utilisée pour  
19 le mesurage pour facturation, un modem, une alimentation sans coupure (UPS)  
20 et un bornier d'essai pour le raccordement aux signaux de tension et de courant  
21 du poste de mesurage.

## **2.2 Clientèle cible**

22 L'offre de *Service Signature* vise la clientèle Grandes entreprises aux tarifs  
23 généraux de grande puissance qui compte quelque 250 abonnements.

24 Toutefois, certains segments de la clientèle peuvent davantage bénéficier de ce  
25 service. Ce sont les clients dont les équipements de production exploitent des

---

<sup>4</sup> *Idem.*

1 systèmes automatisés et dont les activités sont particulièrement sensibles aux  
2 perturbations de l'alimentation électrique. Dans ces cas, les perturbations  
3 peuvent entraîner des coûts importants liés au retard du redémarrage des  
4 équipements et aux pertes de production lors d'arrêts de production.

5 Les clients peuvent mettre en place différentes technologies de mesure dans  
6 leurs installations à différents niveaux de tension et de fait, ils sont très nombreux  
7 à le faire. Toutefois, ils disposent rarement de toute l'expertise nécessaire pour  
8 programmer les appareils de mesure pour en tirer le meilleur parti en terme  
9 d'analyse de la qualité de l'électricité. De plus, ils détiennent rarement l'expertise  
10 poussée pour l'analyse des phénomènes électriques pouvant affecter leurs  
11 activités. Le *Service Signature* vise à rendre disponible l'expertise  
12 d'Hydro-Québec dans ce domaine, dans la perspective d'une meilleure  
13 compatibilité des charges avec la performance du réseau d'alimentation.

### **2.3 Commercialisation**

14 L'approche de commercialisation privilégiée est une approche personnalisée par  
15 l'intermédiaire des délégués commerciaux Grandes entreprises. Une attention  
16 particulière sera accordée aux innovateurs et aux acheteurs précoces qui  
17 correspondent au profil de clients plus susceptibles de s'intéresser au *Service*  
18 *Signature*.

## **3 TARIF**

### **3.1 Tarif proposé**

19 Le *Service Signature* sera offert sous forme d'abonnement annuel. Comme le  
20 Distributeur estime que seule une portion de la clientèle cible peut véritablement  
21 avoir un intérêt à adhérer à ce service, *Service Signature* sera facturé aux clients  
22 utilisateurs seulement.

1 Le tarif annuel sera de 15 000 \$ pour le premier point de mesure et de 10 000 \$  
2 pour chaque point de mesure additionnel<sup>5</sup>. Le tarif couvre l'expertise et les  
3 ressources nécessaires pour la livraison de toutes les composantes du service  
4 de base tel que décrites à la section 2.1, de même que l'achat et l'installation de  
5 l'équipement de mesurage et les accessoires nécessaires à la transmission et  
6 l'analyse des données.

7 Le niveau du tarif du service de base du *Service Signature* a été fixé en  
8 considérant les aspects suivants :

- 9 • Le tarif doit permettre de couvrir tous les coûts à encourir pour la  
10 fourniture du service.
- 11 • Le tarif doit refléter la valeur du service d'autant plus qu'il nécessite une  
12 expertise pointue.
- 13 • Le tarif ne doit pas être trop élevé pour ne pas rebuter la clientèle à  
14 adhérer au *Service Signature*, particulièrement pour les points de mesure  
15 additionnels.
- 16 • Le tarif doit refléter les économies de volume lorsqu'il y a plus d'un point  
17 de mesure pour un même client.

18 Le coût des options sera évalué au cas par cas, sur la base des coûts réels de  
19 développement et d'implantation, de la capacité de payer du client et de l'équité  
20 entre les clients. Actuellement, deux options ont été développées. Le tarif de  
21 l'option suivi harmonique est de 5 000 \$, tandis que celui du tableau de bord est  
22 de 500 \$.

23 Pour répondre aux demandes des clients dans les meilleurs délais possibles, le  
24 Distributeur propose dans le cas des nouvelles options à facturer entre deux  
25 dossiers tarifaires :

---

<sup>5</sup> Voir le texte des Tarifs et conditions relatif au *Service Signature* à l'annexe 4



1

2 Plus de 120 des quelque 250 abonnements des clients Grandes entreprises sont  
3 desservis par plus d'un point de mesure. L'hypothèse retenue est que 30 % de  
4 ces clients adhèreraient au service pour deux points de mesure. Les clients  
5 desservis par un seul point de livraison adhèreraient évidemment au service pour  
6 un seul point de mesure. Certains clients desservis par plus d'un point de  
7 livraison pourraient également adhérer au *Service Signature* pour un seul point  
8 de mesure, compte tenu que les charges sensibles peuvent être regroupées.

9 La prévision des ventes prend en considération l'effritement de l'adhésion de la  
10 clientèle. Un taux de rétention des clients de 70 % d'une année à l'autre est  
11 utilisé dans les prévisions.

#### **4 ANALYSES ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE**

12 Le *Service Signature* est rentable pour le Distributeur. Il présente une valeur  
13 nette de 889 000 \$ actualisés de 2008 sur la période 2008-2012. Le tableau  
14 suivant résume les investissements, les charges d'exploitation et les revenus en  
15 milliers de dollars actualisés de 2008.

1  
2

**TABLEAU 2: ANALYSE ÉCONOMIQUE DU *SERVICE SIGNATURE*  
EN MILLIERS DE DOLLARS ACTUALISÉS 2008**

Investissements	(65)
Taxes	(2)
Charges d'exploitation	(765)
Total	(832)
Revenus	1 722
Valeur actuelle nette	<hr/> 889

3  
4

Note: les totaux et les sous-totaux peuvent être différents de la somme des données en raison des arrondis.

5  
6  
7  
8  
9

Les investissements couvrent l'acquisition des équipements et leur installation initiale. Les charges d'exploitation couvrent principalement l'exploitation de l'infrastructure de mesure, le support spécialisé et la commercialisation. Les coûts de démantèlement et de réinstallation sont prévus également aux charges<sup>7</sup>.

10  
11

L'analyse financière montre que le projet amène une légère diminution des revenus requis du Distributeur dès la première année.

---

<sup>7</sup> Voir l'annexe 5 pour le détail des charges et des investissements du service de base et des options disponibles.

1  
2

**TABLEAU 3: ANALYSE FINANCIÈRE DU *SERVICE SIGNATURE*  
EN MILLIERS DE DOLLARS**

<b>Signature</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<i>k\$ courants</i>					
<b>Revenus</b>	260	305	400	485	540
<b>Charges</b>	141	148	177	193	218
<b>Amortissement</b>	2	6	11	18	23
<b>Taxe sur le capital</b>	0	0	0	0	0
<b>Taxe sur les services publics</b>	0	0	0	1	1
<b>Frais financiers</b>	1	2	4	6	7
<b>Dépenses totales</b>	144	157	193	218	248
<b>Bénéfice net</b>	116	148	207	267	292
<b>Rémunération de l'avoir de l'actionnaire</b>	1	2	3	4	5
<b>Revenus requis</b>	<b>-115</b>	<b>-147</b>	<b>-205</b>	<b>-263</b>	<b>-287</b>

3  
4  
5

Note: les totaux et les sous-totaux peuvent être différents de la somme des données en raison des arrondis.

6  
7  
8  
9  
10  
11

Le risque d'offrir le *Service Signature* est très minime car les coûts d'investissement sont fonction du nombre d'adhésions au service, donc essentiellement variables. Les charges représentent aussi des coûts variables.

De plus, le *Service Signature* est rentable dès 2008 avec un volume de clients déjà intéressé. Le service a donc des résultats économiques robustes et il permet une bonne flexibilité d'ajustement.

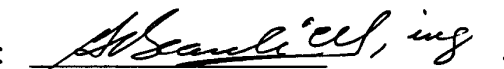
**ANNEXE 1**

**CARACTÉRISTIQUES ET CIBLES DE QUALITÉ DE LA  
TENSION FOURNIE PAR LE RÉSEAU DE TRANSPORT  
D'HYDRO-QUÉBEC**



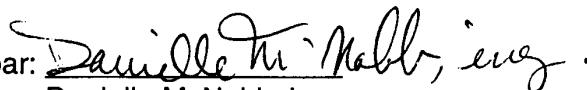
## Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec

Préparé par:

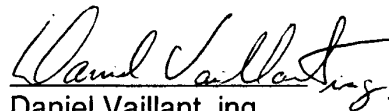


Germain Beaulieu, ing.  
Études de réseau et  
Critères de performance

Approuvé par:



Danielle McNabb, ing  
Chef intérimaire



Daniel Vaillant, ing  
Directeur

## Sommaire

L'objectif de ce document est de faire connaître aux clients les différents phénomènes affectant la qualité de l'onde électrique, de définir leurs caractéristiques, et d'inciter les clients à tenir compte de ces informations pour protéger adéquatement leurs équipements et minimiser les impacts possibles des différentes perturbations.

**Les caractéristiques et cibles de qualité de tension présentées dans ce document sont de nature générale et ne sont fournies qu'à titre indicatif. Elles fournissent les meilleures indications possibles de ce qui peut être prévu, sans que rien ne garantisse que les valeurs ou le nombre d'événements indiqués ne puissent être dépassés pour un client donné ou dans une zone particulière. Ce document ne constitue pas une obligation ni une garantie de quelque nature que ce soit de la part de TransÉnergie.**

Le document décrit, au point de raccordement au réseau haute tension, les caractéristiques principales de la qualité de tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec dans les conditions habituelles d'exploitation. Il ne s'applique pas aux cas de force majeure ni à d'autres situations particulières énumérées dans le domaine d'application.

Le présent document est en partie fondé sur les pratiques que proposent les normes nationales et internationales en matière d'alimentation électrique et tient compte également des caractéristiques propres au réseau d'Hydro-Québec

De façon plus spécifique, le document traite de caractéristiques telles que la tension en régime permanent, les harmoniques, le déséquilibre, le papillotement, les coupures brèves, les creux de tension, les surtensions temporaires, les variations de fréquence et de tension, et les surtensions transitoires. Pour certaines caractéristiques, des valeurs cibles sont définies en référence à des normes et en termes de probabilité, c'est-à-dire, qu'elles sont applicables pendant un pourcentage et une période de temps définis. Pour d'autres caractéristiques, l'état actuel des connaissances ou de la normalisation, ou la nature aléatoire ou externe des perturbations, permettent seulement de définir des valeurs indicatives qui font alors état des informations existantes sur le sujet.

Par ailleurs, pour qu'il y ait compatibilité entre les équipements des clients et leur alimentation électrique, il est essentiel aussi que les appareils des clients aient des niveaux d'immunité adéquats et que les perturbations émanant des appareils ou installations se situent au-dessous des niveaux d'émission autorisés de façon à ce que leur effet cumulé sur le réseau n'entraîne pas un risque inadmissible de dépassement des niveaux de compatibilité.

Concernant ce dernier aspect relatif au contrôle des perturbations produites par les installations des clients raccordées au réseau de transport, il est encadré par les limites d'émission autorisées par TransÉnergie, et il est essentiel que les clients s'y conforment pour que les valeurs cibles présentées ici puissent être atteintes.

## Table des matières

	<u>Page</u>
<b>Sommaire</b>	i
<b>Préambule</b>	iii
<b>Objet</b>	1
<b>Domaine d'application</b>	1
<b>Définitions</b>	3
<b>Classification des perturbations</b>	6
<b>Caractéristiques et cibles</b>	
• Tensions en régime permanent	7
• Tensions harmoniques	9
• Déséquilibres de tension	11
• Papillotement	12
• Coupures brèves	13
• Creux de tension	14
• Surtensions temporaires	15
• Variations de fréquence	16
• Variations rapides de tension	17
• Surtensions transitoires	18
<b>Références :</b>	19
<b>Annexe A :</b> Statistiques de l'indice de continuité de service	
<b>Annexe B :</b> Statistiques de variations de fréquence	
<b>Annexe C :</b> Statistiques de surtensions transitoires	
<b>Annexe D :</b> Extraits du règlement numéro 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité	

## Préambule

L'objectif du présent document est de :

- faire connaître aux clients les balises généralement acceptées par la communauté internationale ou définies par Hydro-Québec pour les différents phénomènes affectant la qualité de l'onde électrique ;
- rappeler aux clients qu'il est normal que l'électricité livrée puisse faire l'objet d'interruptions ou de perturbations ;
- inciter les clients à tenir compte des informations fournies afin de protéger adéquatement leurs équipements et d'organiser leur utilisation de l'électricité de manière à minimiser les impacts possibles des différents phénomènes si cela est nécessaire ;
- inciter les fournisseurs d'équipements à offrir les options requises pour assurer la compatibilité de leurs équipements avec l'alimentation électrique normale.

Les caractéristiques de la tension définies dans ce document sont de nature générale ; elles ne doivent donc pas être interprétées comme étant complètes ou suffisantes pour assurer le bon fonctionnement d'une installation ou d'un équipement donné.

Il faudra par conséquent que le client prenne en considération l'ensemble des phénomènes ou caractéristiques pour assurer l'intégration adéquate d'une installation ou d'un équipement dans son environnement particulier, le tout selon les normes applicables et les règles de l'art en la matière.

Il importe également de noter que les caractéristiques et cibles présentées ici constituent les meilleures indications possibles de ce qui peut être prévu, sans que rien ne garantisse que les valeurs ou le nombre d'événements indiqués ne puissent être dépassés pour un client donné ou dans une zone particulière.

À cet égard, **Hydro-Québec ne garantit pas le maintien à un niveau stable de la tension et de la fréquence, ni la continuité de la fourniture et de la livraison de l'électricité. Elle ne peut en aucun cas, tant du point de vue contractuel qu'extra contractuel, être tenu responsable des préjudices causés aux biens résultant de la fourniture ou de la livraison de l'électricité ou du défaut de fournir ou de livrer l'électricité, ou résultant d'une mise à la terre accidentelle, d'une défaillance mécanique sur son réseau, de toute interruption de service, de variations de fréquence ou de variations de la tension de fourniture.** (Règlement 634, a.102)

En outre, même lorsque le réseau est exploité dans les limites définies dans ce document, il demeure essentiel que les équipements ou procédés soient adéquatement conçus ou immunisés de façon qu'ils ne soient ni perturbés ni endommagés par leur environnement électrique.

**C'est pourquoi le client a l'obligation d'assurer la protection des biens et la sécurité des personnes qui se trouvent aux endroits où l'électricité est fournie ou livrée et il est responsable de se prémunir contre les conséquences de toute interruption de la fourniture et de la livraison de l'électricité et il doit protéger son installation électrique et ses appareils contre les variations ou pertes de tension, les variations de fréquence et les mises à la terre accidentelles. (Règlement 634, a.66)**

Les méthodes de mesure auxquelles on réfère dans ces pages sont relativement nouvelles. Il est donc possible que les appareils de mesure conformes à ces méthodes ne soient pas largement accessibles avant plusieurs années. Entre-temps, on pourra utiliser les appareils de mesure disponibles en traitant ou en interprétant les résultats de manière à respecter le plus possible les méthodes décrites.

## **Contexte**

Le présent document est en partie fondé sur les pratiques que proposent les normes nationales et internationales en matière d'alimentation électrique et tient compte également des caractéristiques propres au réseau d'Hydro-Québec. Parmi les normes existantes ou en cours d'élaboration sur la qualité de l'onde et la compatibilité entre les charges et leur alimentation électrique, la prépondérance a été accordée aux normes de la Commission Électrotechnique Internationale (CEI) ainsi qu'à la norme EN50160 [1] du Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC), qui comptent parmi les plus avancées dans le domaine.

Mentionnons qu'en ce qui a trait aux réseaux à haute tension, il n'existe pas de normes internationales définissant comme tels des niveaux de compatibilité en matière de qualité de l'onde électrique. Il existe cependant des normes sur la façon de mesurer certaines perturbations et des rapports techniques proposent des niveaux de planification à titre indicatif ; ces niveaux peuvent être adaptées au contexte particulier des différents réseaux à haute tension.

Par ailleurs, des mesures de la qualité de l'onde électrique se dérouleront au cours des prochaines années pour continuer de quantifier les différents indices de qualité de l'onde dans leur application au réseau de transport d'Hydro-Québec. À la lumière des résultats de ces mesures, les niveaux de certaines perturbations de l'onde électrique présentés à titre indicatif dans ce document pourront être définis de façon plus précise éventuellement.

En conditions habituelles d'exploitation, les tensions d'alimentation sont sujettes à des variations qui sont dues à des modifications de charge du réseau, à des perturbations produites par certains équipements et à l'apparition de défauts principalement attribuables à des causes externes. Les caractéristiques peuvent varier de façon aléatoire, à la fois dans le temps, à un point de fourniture donné, et dans l'espace, à un instant donné.

Certains des phénomènes qui ont une incidence sur la tension sont particulièrement imprévisibles de sorte qu'il est impossible d'indiquer la valeur précise des caractéristiques qui en sont affectées. Il est donc nécessaire de définir l'effet de ces événements sur les caractéristiques en question en termes de statistiques et de probabilités au lieu de les décrire par des valeurs extrêmes.

## **Compatibilité des équipements avec l'alimentation**

Une électricité parfaitement conforme au point de raccordement haute tension aux caractéristiques énoncées dans ce document ne saurait garantir le fonctionnement satisfaisant des équipements ou des procédés, qui ne peut être obtenu que si ces équipements ou procédés sont compatibles avec l'alimentation fournie.

Au niveau international, on définit la Compatibilité électromagnétique (CÉM) comme « l'aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement » [norme CEI 50 (161-01-07)].

Il existe deux conditions nécessaires à la compatibilité électromagnétique :

- les appareils des clients doivent avoir des niveaux d'immunité supérieurs aux niveaux de compatibilité spécifiés pour un phénomène donné ;
- les perturbations émanant des installations ou d'appareils des clients doivent se situer au-dessous des niveaux d'émission autorisés sur le réseau de façon à ce que leur effet cumulé n'entraîne pas un risque inadmissible de dépassement des niveaux de compatibilité.

Les caractéristiques relatives au premier aspect sont encadrées par les normes d'immunité, telles que la norme CEI 1000-4-11, « Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension ».

Le degré de compatibilité désiré entre l'équipement et l'alimentation dépend bien sûr de l'utilisation qu'on fait de l'équipement et des conséquences d'une incompatibilité. Par exemple, l'arrêt momentané d'un entraînement à vitesse variable et du moteur qu'il actionne peut être acceptable dans le cas d'un système de ventilation, mais problématique quand il s'agit d'une ligne de production.

Il est donc important, pour chaque application, de bien considérer le degré d'immunité que doit présenter l'équipement compte tenu de l'alimentation à laquelle il est raccordé. Cette immunité peut caractériser l'équipement même, mais elle peut aussi être améliorée par l'ajout de dispositifs d'atténuation tels que des filtres, une alimentation autonome sans coupures, etc.

En ce qui a trait au deuxième aspect de la compatibilité, relatif à la production de perturbations par les installations des clients raccordées au réseau, il est encadré par les limites d'émission autorisées par TransÉnergie, et il est essentiel que les clients s'y conforment pour que les valeurs cibles présentées ici puissent être atteintes.

## **Utilisation de l'électricité**

Rappelons qu'en tout temps, l'électricité doit être utilisée selon la limite de puissance disponible, de façon à ne pas causer de perturbation au réseau d'Hydro-Québec, à ne pas nuire à la fourniture de l'électricité aux autres clients et à ne pas mettre en danger la sécurité des représentants d'Hydro-Québec (Règlement 634, a.74) et le client est responsable de tout préjudice causé à d'autres clients ou à Hydro-Québec suite à une utilisation non-conforme de l'électricité. (Règlement 634, a.104)

## Objet

L'objet de ce document est de définir et de décrire les valeurs qui caractérisent la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec, telles que la fréquence, l'amplitude, la symétrie des tensions triphasées et la forme de l'onde, de façon à donner une meilleure information aux clients.

## Domaine d'application

Le document décrit, au point de raccordement au réseau haute tension, les caractéristiques principales de la qualité de tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec dans les conditions habituelles d'exploitation.

Il ne s'applique pas aux situations suivantes :

- conditions exceptionnelles liées à des influences ou à des événements externes, telles que des conditions climatiques extrêmes, des catastrophes naturelles, des perturbations excessives provenant de tiers, des cas de force majeure, des explosions, bris ou accidents de machines ou de l'équipement, des coupures dues à des causes externes ou si la sécurité publique l'exige, etc. ;
- réseau îloté, exploitation faisant suite à une panne ou prenant place dans des conditions provisoires d'alimentation durant des travaux d'entretien ou de construction ou ayant comme objectif de limiter l'étendue et la durée d'une coupure d'alimentation ;
- non-conformité des installations ou des équipements de clients aux codes, normes ou règlements applicables ou aux exigences techniques de raccordement ;
- non-conformité des installations ou des équipements de clients aux limites d'émission de perturbations autorisées sur le réseau de transport d'Hydro-Québec ;
- non-conformité des installations de production aux normes applicables ou aux exigences de raccordement des centrales au réseau d'Hydro-Québec ;
- aux réseaux autonomes (ex.: réseau des Îles-de-la-Madeleine, réseau de la Basse-Côte-Nord desservi par la centrale du Lac-Robertson, réseaux alimentés par des groupes électrogènes ou par d'autres types de centrales autonomes dans les communautés nordiques, etc.) ;
- aux réseaux voisins qui alimentent des clients ou des postes d'Hydro-Québec de même que les parties du réseau d'Hydro-Québec alimentées par ces postes (postes et clients d'Hydro-Québec desservis par le réseau de l'Alcan, partie du réseau du Témiscamingue non reliée au réseau principal mais interconnectée avec l'Ontario, réseau de la Cie. Hydro-Électrique Manicouagan, la centrale Bryson synchronisée avec l'Ontario, etc.).

**Les caractéristiques et cibles de qualité de tension présentées dans ce document sont de nature générale et ne sont fournies qu'à titre indicatif. Elles fournissent les meilleures indications possibles de ce qui peut être prévu, sans que rien ne garantisse que les valeurs ou le nombre d'événements indiqués ne puissent être dépassés pour un client donné ou dans une zone particulière. Ce document ne constitue pas une obligation ni une garantie de quelque nature que ce soit de la part de TransÉnergie.**

En aucun temps, les caractéristiques et cibles présentées dans ces pages ne peuvent avoir pour effet de rendre inapplicables les dispositions du règlement 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité ni servir à interpréter le sens ou la portée du dit règlement dont les dispositions pertinentes sont reproduites en annexe. De même, elles ne doivent pas être interprétées comme des limites de perturbations que les clients raccordés au réseau d'Hydro-Québec seraient autorisés à produire (limites dites d'émission).

## **Définitions :**

Dans le présent document, on entend par:

### **Compatibilité**

Aptitude d'un appareil ou d'un système électrique à fonctionner de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations excessives pour les autres appareils raccordés au réseau électrique. (C'est l'équivalent de la « Compatibilité électromagnétique » définie par la CEI).

### **Conditions habituelles d'exploitation**

Conditions permettant de répondre à la demande de la charge, aux manœuvres d'exploitation et à l'élimination normale des défauts par l'entremise des systèmes de protection automatique, en l'absence de cas de force majeure, de conditions exceptionnelles ou de conditions provisoires d'alimentation.

### **Coupure brève**

Affaissement complet de la tension d'alimentation sur toutes les phases pour une durée n'excédant pas 1 minute.

### **Creux de tension**

Brusque réduction de plus de 10 % de la tension nominale sur une ou plusieurs phases pour une courte durée variant de 8 ms à 1 min.

### **Cycle**

Durée d'une période de l'onde fondamentale de la tension alternative du réseau. Pour une fréquence de 60 Hz, cette durée est de  $1/60^e$  de seconde, soit 16,67 millisecondes.

### **Déséquilibre de tension**

Situation où les trois tensions du système triphasé ne sont pas égales en amplitude ou ne sont pas déphasées de  $120^\circ$  les unes par rapport aux autres.

### **Force majeure**

S'entend des cas fortuits, conflits de travail, actes de l'ennemi public, guerres, insurrections, émeutes, incendies, tempêtes ou inondations, explosions, bris ou accidents des machines ou de l'équipement, réductions, ordonnances, réglementations ou restrictions imposées par un gouvernement militaire ou des autorités civiles légalement établies, ou toute autre cause indépendante de la volonté d'Hydro-Québec.

### **Fréquence de la tension d'alimentation**

Taux de répétition de l'onde fondamentale de la tension d'alimentation, mesuré pendant un intervalle de temps donné. La fréquence d'un réseau alternatif de distribution publique est directement liée à la vitesse de rotation des alternateurs.

**Haute tension**

Aux fins de ce document, il s'agit des parties du réseau de transport dont la tension nominale entre phases se situe entre 44 kV et 315 kV.

**Interruption**

Coupure de l'alimentation électrique de plus de 1 minute (des statistiques de l'indice de continuité de service sont fournies à titre informatif à l'annexe A).

**Papillotement (Flicker)**

Impression d'instabilité de la sensation visuelle due à un stimulus lumineux dont la luminance ou la répartition spectrale fluctuent dans le temps. [Vocabulaire Électrotechnique International (50-161-08-13)].

**Période de mesure**

Période de référence utilisée pour le relevé des mesures et l'établissement des classements statistiques; cette période est d'une semaine continue aux fins de ce document. Les mesures peuvent toutefois s'étendre sur plus d'une semaine, au besoin.

**Point de raccordement au réseau haute tension**

Point où est relié, au réseau de transport haute tension, l'alimentation d'un client ou d'un poste de transformation donné. C'est à ce point que sont définies les caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie en haute tension par le réseau de transport et faisant l'objet de ce document.

**Réseau îloté**

Réseau électrique comprenant à la fois un ou des centres de production et des charges temporairement détaché du réseau principal à la suite d'une perturbation ou d'une manœuvre.

**Réseau autonome**

Tout réseau de production et de distribution de l'électricité détaché du réseau principal. (Règlement 634, a.3)

**Réseau principal**

Le plus grand ensemble de réseaux électriques d'Hydro-Québec interconnectés entre eux.

**Réseau voisin**

Réseau n'appartenant pas à Hydro-Québec, mais pouvant être interconnecté avec son réseau principal.

**Surtension temporaire**

Augmentation soudaine de la valeur efficace de la tension sur une ou plusieurs phases (plus de 110 % de la tension nominale) pour une durée variant de 8 ms à 1 min.

### **Surtension transitoire**

Augmentation très rapide de la tension à une fréquence élevée, indépendante de la fréquence de la tension d'alimentation. La surtension peut prendre la forme d'une impulsion unidirectionnelle de polarité négative ou positive ou d'une oscillation amortie. Elle peut être causée par des commutations de charges, par des manœuvres en réseau, ou par la foudre.

### **Tension d'alimentation**

Tension fournie par le réseau de transport au point de raccordement au réseau haute tension.

### **Tensions harmoniques**

Tensions sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale du réseau (60 Hz).

### **Tension nominale d'un réseau**

Tension efficace entre phases servant à désigner un réseau. Aux fins de ce document, les tensions nominales ( $V_{nom}$ ) s'établissent comme suit : 44 kV ,49 kV , 69 kV ; 120 kV ; 161 kV ; 230 kV et 315 kV.

### **Tension en régime permanent**

Valeur efficace de la tension évaluée sur 10 minutes.

### **Valeur définie à 95 %**

S'applique à une période de mesure d'une semaine : une valeur définie à 95 % signifie que pendant 159,6 heures des 168 heures d'une semaine, les valeurs mesurées sont en deçà de la valeur cible ou indicative des caractéristiques. Pour chaque période d'une semaine, une caractéristique donnée pourrait donc excéder sa valeur cible ou indicative durant 8,4 heures.

### **Valeur cible**

Limite visée pour certaines caractéristiques de la tension pendant un pourcentage et une période de temps définis. Il peut donc arriver que ces limites soient occasionnellement dépassées. Aussi, certaines valeurs cibles peuvent être dépassées en haute tension s'il n'en résulte pas de dépassement des niveaux de compatibilité aux niveaux de tensions inférieurs.

### **Valeur indicative**

Dans le cas de certaines caractéristiques de la tension, l'état actuel des connaissances ou de la normalisation, ou encore la nature aléatoire ou externe des perturbations, ne permettent pas de définir de valeurs cibles. Les valeurs indicatives qui sont alors données font simplement état des informations existant sur le sujet.

### **Variations rapides de tension**

Suite de variations soudaines ou variations cycliques de la valeur efficace de la tension entre deux niveaux consécutifs, généralement attribuables à des variations de charges ou à des manœuvres en réseau.

## CLASSIFICATION DES PERTURBATIONS DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Le classement général suivant, établi à titre indicatif, permet de distinguer le type et la durée des phénomènes faisant l'objet de ce document, ainsi que leurs effets sur les équipements, les différentes méthodes de mesure préconisées et la nature des valeurs présentées.

PHÉNOMÈNES (durée typique)	TYPE	PAGE	EFFETS POSSIBLES	MESURES	VALEURS
<b>De longue durée ou permanents  ( &gt; 1 min)</b>	• Tension en régime permanent	7	Échauffement de l'électronique, des moteurs et des transformateurs	Valeurs efficaces sur 10 minutes	C I B L E S
	• Tensions harmoniques	9			
	• Déséquilibres de tension	11		Valeurs efficaces sur 2 heures	INDICA-TIVES
	• Papillotement	12	Inconvénients physiologiques	Moyenne cubique pondérée sur 2 heures	CIBLES
<b>Transitoires longs  ( &gt; ½ cycle ≤ 1 minute)</b>	• Coupures brèves	13	Arrêt des équipements	Durée d'interruption	I N D I C A T I V E S
	• Creux de tension	14	Arrêt des procédés industriels ou mauvais fonctionnement des équipements	Valeurs efficaces sur 1 cycle.	
	• Surtensions temporaires	15			
	• Variations de fréquence	16		Valeur moyenne sur 12 cycles	C I B L E S
	• Variations rapides de tension	17		Valeurs efficaces sur 3 secondes.	
<b>Transitoires courts  ( ≤ ½ cycle)</b>	• Surtensions transitoires	18	Arrêt des procédés industriels, claquage des isolants	Valeurs crêtes instantanées	INDICA-TIVES

# TENSION EN RÉGIME PERMANENT

## Description

La tension en régime permanent est définie par une plage caractérisant les variations possibles de sa valeur efficace. C'est une caractéristique de base pour le fonctionnement des appareils électriques.

## Causes de variations

Dans un réseau électrique, l'amplitude de la tension en régime permanent dépend des caractéristiques de conception du réseau, des variations de charge et des changements d'état auxquels il est soumis. En pratique, il est d'usage de corriger la tension en régime permanent à différents points du réseau, par exemple, au moyen des changeurs de prises automatiques dans les postes de transformation.

## Méthode d'évaluation

Les variations de tension en régime permanent s'évaluent en faisant la moyenne quadratique des écarts en valeur efficace par rapport à la tension nominale sur des intervalles de temps d'intégration de 10 minutes. Les valeurs cibles présentées à la page suivante doivent être comparées, selon le cas, à la valeur correspondant à 95 % ou à 99 % des résultats ainsi obtenus sur une période de mesure d'une semaine, à l'exclusion des interruptions. Les méthodes de mesure sont décrites à la référence [2].

## Valeurs cibles

La plage des valeurs cibles des tensions en régime permanent dans les conditions habituelles d'exploitation est définie selon la norme ACNOR C235-83 [3] pour les niveaux de tension nominale ( $V_{nom}$ ) de 44 kV et 49 kV. Pour les niveaux de tension supérieurs à 50 kV, la plage est établie par le règlement 634 d'Hydro-Québec.

### Valeurs cibles de l'amplitude des tensions en régime permanent

NIVEAUX DE TENSION	VALEURS MINIMALES	VALEURS MAXIMALES
	CONDITIONS HABITUELLES D'EXPLOITATION (valeurs à 95 %)	
44kV et 49,2 kV	$V_{nom} - 6 \%$	$V_{nom} + 6 \%$

NIVEAUX DE TENSION	VALEURS MINIMALES	VALEURS MAXIMALES
	CONDITIONS HABITUELLES D'EXPLOITATION (valeurs à 99 %)	
Supérieurs à 50 kV *	$V_{nom} - 10 \%$	$V_{nom} + 10 \%$

*Note\**: Pour les tensions supérieures à 50 kV, les tensions nominales ( $V_{nom}$ ) s'établissent comme suit : 69 kV ; 120 kV ; 161 kV ; 230 kV et 315 kV.

## Description

Les harmoniques sont des tensions ou des courants sinusoïdaux dont les fréquences correspondent à des multiples entiers de la fréquence fondamentale (60 Hz). On considère dans la présente définition les harmoniques de longue durée, excluant les phénomènes transitoires isolés.

## Causes

Les harmoniques sont créés par des appareils dont la caractéristique tension/courant n'est pas linéaire, comme c'est le cas avec les convertisseurs électroniques de puissance des entraînements de moteurs, les redresseurs utilisés pour l'électrolyse, les fours à arc, etc.

## Méthode d'évaluation

Les tensions harmoniques se mesurent individuellement par leur amplitude ( $U_n$ ), généralement exprimée en pourcentage de l'amplitude de la tension fondamentale ( $U_1$ )\*. Le taux des harmoniques individuels ( $D_n$ ) et le taux d'harmoniques total ( $D$ ) se calculent suivant les relations suivantes:

taux des harmoniques individuels :  $D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\%$  ( $n$  : rang harmonique)

taux d'harmoniques total:

$$D = \sqrt{\sum_{n=2}^N \left(\frac{U_n}{U_1}\right)^2}$$

À moins de conditions particulières,  $N$  est habituellement égal à 50.

Les taux des harmoniques individuels ( $D_n$ ) et le taux d'harmoniques total ( $D$ ) correspondent à la valeur efficace des tensions harmoniques mesurées sur des intervalles de temps d'intégration de 10 minutes. Les niveaux de tensions harmoniques doivent être évalués à l'exclusion des périodes où se produisent des transitoires rapides, des creux de tension, des surtensions temporaires, des coupures brèves et des interruptions ou encore des périodes où la tension des trois phases tombe en deçà de 50 % de la tension nominale. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

---

\* Remarque : Les taux d'harmoniques peuvent également être exprimés par rapport à une tension fixe de référence, comme la tension nominale, plutôt que par rapport à la tension fondamentale. L'évaluation des taux d'harmoniques par rapport à une référence fixe permet de retrouver les niveaux absolus d'harmoniques même si la composante fondamentale fluctue.

## Valeurs cibles

Les valeurs établies pour les réseaux à haute tension correspondent aux valeurs indicatives des limites de planification proposées au plan international dans le rapport CEI 61000-3-6 [4], sauf pour certains harmoniques (ex.: rangs 15, 21) dont les valeurs ont été ajustées pour tenir compte des caractéristiques des réseaux nord-américains. Ces valeurs ont été établies à des fins de coordination des niveaux de perturbations entre les différents niveaux de tension. Par conséquent, des valeurs plus élevées peuvent occasionnellement être présentes sur le réseau de transport si elles ne causent pas de dépassement des niveaux de compatibilité sur les réseaux à moyenne ou à basse tensions.

Les taux des tensions harmoniques individuelles ( $D_n$ ) et le taux d'harmoniques total ( $D$ ) devraient être inférieurs aux valeurs cibles indiquées au tableau ci-dessous pendant 95 % du temps sur une période de mesure d'une semaine dans les conditions habituelles d'exploitation.

### Valeurs cibles des taux d'harmoniques en haute tension (HT)

HARMONIQUES IMPAIRS		HARMONIQUES PAIRS	
Rang (n)	VALEURS CIBLES EN HT ( $D_n$ %)	Rang (n)	VALEURS CIBLES EN HT ( $D_n$ %)
3	2	2	1,5
5	2	4	1
7	2	6	0,5
9	1	8	0,4
11	1,5	10	0,4
13	1,5	≥12	0,3
15	0,75		
17	1		
19	1		
21	0,5	TAUX D'HARMONIQUES TOTAL (D %)	
23	0,7		
25	0,7		
> 25	0,2 + (0,5 x 25/n)	n = 2 à 50	3 %

*Note* : Des niveaux d'harmoniques supérieurs à ceux indiqués ci-dessus peuvent être relevés à la suite d'événements «incontrôlables», tels que des orages géomagnétiques.

## Description

Cet indice sert à caractériser les asymétries d'amplitude et de déphasage des tensions triphasées en régime permanent. Le taux de déséquilibre de tension est défini, suivant la méthode des composantes symétriques, comme le rapport existant entre le module de la composante inverse de la tension et celui de la composante directe.

## Causes

Les déséquilibres de tension qui s'appliquent aux tensions triphasées ont deux causes principales, soient les asymétries d'impédance des lignes du réseau et les déséquilibres de charge.

## Méthode d'évaluation

Le taux de déséquilibre s'évalue au moyen de la valeur efficace des composantes directe et inverse de tension sur des intervalles de temps d'intégration de deux heures dans les conditions habituelles d'exploitation. Les périodes pendant lesquelles la tension des trois phases est inférieure à 50% de la tension nominale sont exclues de cette évaluation. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

## Valeurs indicatives

Il n'y a pas encore de recommandation internationale concernant le déséquilibre en haute tension. À titre indicatif, les taux de déséquilibre de tension en conditions habituelles d'exploitation pendant 95 % du temps sur une période de mesure d'une semaine sont généralement inférieurs à\* :

- 1% pour les tensions 230kV et 315kV,
- 1,5% pour les tensions 69 kV, 120 kV et 161 kV,
- 2% pour les tensions 44 kV et 49 kV.

*Notes* \*- Ces valeurs ne couvrent pas les déséquilibres dus aux événements incontrôlables tels que les orages géomagnétiques, etc.

Des valeurs plus importantes peuvent être relevées pendant des durées limitées (50 % de déséquilibre de tension lors de défauts, par exemple), mais ces déséquilibres élevés de courte durée n'ont pas d'effets thermiques significatifs sur les équipements.

**Description**

Le papillotement traduit l'inconfort physiologique éprouvé au niveau de la vision à la suite de changements répétitifs de luminosité de l'éclairage. À certaines fréquences, l'œil peut percevoir l'effet sur l'éclairage de très faibles variations de tension. La plupart des appareils ne sont toutefois pas perturbés par ce phénomène.

**Causes**

Le papillotement est dû aux variations répétitives de tension causées par certaines charges industrielles comme les machines à souder, les laminoirs, les gros moteurs à charge variable, les fours à arc, etc.

**Méthode d'évaluation**

L'indice utilisé pour évaluer le papillotement de longue durée est l'indice de sévérité  $P_{It}$ , évalué sur des intervalles de temps d'intégration de deux heures. Le papillotement se mesure avec un flickermètre selon la norme CEI 61000-4-15:1997 [5] dont la pondération doit être corrigée pour les lampes incandescentes à 120 V. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

**Valeur cible**

Dans les conditions habituelles d'exploitation, le niveau de papillotement lié aux variations rapides de la tension fournie est généralement inférieur à l'indice de papillotement de longue durée  $P_{It}=0,6$  pendant 95 % du temps sur une période de mesure d'une semaine.

Cette valeur cible correspond à la limite de planification pour la haute tension définie à titre indicatif dans le rapport CEI 61000-3-7 :1996 [6] pour des fins de coordination des niveaux de perturbation entre les réseaux. À noter qu'une valeur plus élevée peut être présente en haute tension à certains endroits s'il n'en résulte pas de dépassement du niveau de compatibilité aux niveaux de tension inférieurs.

## **COUPURES BRÈVES (durée < 1 min)**

### **Description**

Les coupures brèves correspondent à la perte momentanée de la tension d'alimentation sur toutes les phases pour des durées inférieures à 1 minute.

### **Causes**

La plupart du temps, les coupures brèves sont dues à l'action des dispositifs de protection des réseaux en vue d'éliminer les défauts. Sur les lignes à haute tension, il est de pratique courante d'effectuer un réenclenchement automatique dans le but de réalimenter le plus rapidement possible une ligne perturbée par un défaut fugitif. Ainsi, au lieu d'une interruption, les clients alimentés par la ligne perturbée ne subissent qu'une coupure brève dont la durée peut varier de 0,5 à 1,5 seconde, en l'absence de contraintes de coordination de protection.

Il importe de souligner que le réenclenchement automatique est utilisé pour assurer une meilleure continuité de service, puisqu'il permet d'éviter les interruptions lors de défauts fugitifs. En contrepartie, lorsque le défaut est permanent, le nombre de creux de tension que subissent les clients alimentés par les autres lignes augmente quelque peu.

### **Méthode d'évaluation**

En pratique, on peut considérer, à titre de coupures brèves, les creux de tension de plus de 90%, étant donné qu'il reste alors moins de 10% de tension utile aux bornes des appareils. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### **Valeurs indicatives**

Le nombre annuel de coupures brèves est imprévisible et varie énormément d'un endroit à l'autre. Ce nombre peut être de quelques cas par année à certains endroits, alors qu'il peut atteindre quelques dizaines de cas par année à d'autres endroits. La durée des coupures brèves est généralement inférieure à quelques secondes.

## Description

Les creux de tension sont des réductions soudaines de plus de 10% de la tension nominale, suivies de son rétablissement après une courte durée variant entre 8 millisecondes et une minute.

## Causes

Les creux de tension sont généralement attribuables à de forts appels de courant dus à des défauts du réseau ou des installations des clients. Il s'agit d'événements aléatoires imprévisibles pour la plupart. La fréquence annuelle de ces événements dépend largement du type de réseau et du point d'observation, et leur répartition sur une année peut être très irrégulière.

## Méthode d'évaluation

On mesure l'amplitude des creux de tension par le pourcentage de réduction de tension, et leur durée, par le temps pendant lequel la tension efficace de l'une des phases — évaluée à chaque cycle consécutif de l'onde de 60 Hz — tombe en dessous du seuil de 90 % de la tension nominale. On poursuit la mesure jusqu'à ce que la tension excède à nouveau ce seuil. Pour un même événement, l'amplitude des creux de tension mesurés en phase-neutre et en phase-phase diffèrent. Les valeurs mesurées en phase-phase sont généralement plus représentatives de l'effet des creux de tension sur les charges industrielles. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

## Valeurs indicatives

Le nombre annuel de creux de tension est imprévisible et varie énormément d'un endroit à l'autre. Ce nombre peut être de seulement quelques cas par année à certains endroits, alors qu'il peut atteindre quelques dizaines de cas par année à d'autres endroits. En général, les creux de tension durent moins de 500 millisecondes et présentent une amplitude inférieure à 60%.

## Description

Les surtensions temporaires sont des hausses soudaines de la valeur efficace de la tension de plus de 110% de la tension nominale, laquelle se rétablit après une courte durée. Les surtensions temporaires comprennent des durées entre 8 millisecondes et une minute.

## Causes

Les surtensions temporaires peuvent être attribuables à des défauts, à des délestages de charge ou à des phénomènes de résonance et de ferrorésonance. Le plus souvent, elles résultent des surtensions qui se produisent sur les phases saines lors de courts-circuits monophasés à la terre, par exemple.

## Méthode d'évaluation

On mesure l'amplitude de la surtension temporaire et la durée pendant laquelle la tension efficace de l'une des phases — évaluée à chaque cycle consécutif de 60 Hz — passe au-dessus du seuil de 110% de la tension nominale. On poursuit la mesure jusqu'à ce que la tension des trois phases tombe à nouveau sous ce seuil. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

## Valeurs indicatives

L'importance des surtensions qui se manifestent lors de courts-circuits monophasés à la terre varie en fonction de l'endroit du défaut, de l'impédance du réseau et du régime de mise à la terre du neutre, comme suit :

- dans le cas des réseaux dont le neutre est effectivement mis à la terre, les surtensions phase-terre survenant sur les phases saines sont généralement inférieures à 140 % et ont une durée typique de quelques cycles à quelques secondes, suivant la rapidité des dispositifs de protection utilisés pour éliminer le défaut ;
- dans le cas des réseaux dont le neutre est isolé ou flottant, les surtensions phase-terre survenant sur les phases saines peuvent atteindre 180 %\*, et les réseaux de ce type sont conçus en fonction de ces contraintes.

\* Note: Des surtensions plus élevées peuvent se manifester en cas de défaut d'arc à la terre, quand la mise à la terre est de type capacitif, mais cette situation serait anormale.

### Description

La fréquence nominale de la tension alternative fournie par le réseau d'Hydro-Québec est de 60 Hz. Cette valeur est déterminée par la vitesse des alternateurs des centrales.

### Causes de variations

Le maintien de la fréquence d'un réseau dépend de l'équilibre établi entre la charge et la puissance des centrales. Comme cet équilibre évolue dans le temps, il en résulte de petites variations de fréquence dont la valeur et la durée dépendent des caractéristiques de la charge et de la réponse de la production. Par ailleurs, le réseau peut-être soumis à des variations plus importantes dues à des défauts ou des variations de charge ou de production qui causent des variations de fréquence temporaires dont l'amplitude et la durée dépendent de la sévérité de la perturbation \*.

### Méthode d'évaluation

L'évaluation est fondée sur la mesure de la valeur moyenne de la fréquence fondamentale de la tension en réseau évaluée sur des échantillons de 12 cycles consécutifs. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### Valeur cible

La valeur suivante est basée sur la norme CENELEC-EN50160 [1]. Dans les conditions normales d'exploitation, la fréquence du réseau principal est maintenue dans une plage inférieure à plus ou moins 1% ou 0,6 Hz (soit de 59,4 Hz à 60,6 Hz), pendant au moins 99 % du temps sur une période de mesure d'une semaine.

---

Note: \* L'annexe B présente, à titre informatif, des statistiques de variations maximales de fréquence en régime perturbé relevées sur le réseau de transport principal d'Hydro-Québec entre janvier 1991 et décembre 1998. Aussi, on peut constater que les variations de fréquence en conditions normales, sont inférieures aux valeurs cibles.

Remarque : Des variations de fréquence plus élevées, par exemple, de plus ou moins 4 Hz par rapport à la fréquence fondamentale de 60 Hz (56 Hz à 64 Hz), peuvent se produire temporairement sur des parties de réseau qui se retrouveraient îlotées à la suite de perturbations majeures ou de pannes.

# VARIATIONS RAPIDES DE TENSION

## Description

Les variations rapides de tension sont des variations soudaines, mais relativement faibles, de la tension se produisant à l'intérieur des plages définies pour l'amplitude de la tension en régime permanent.

Les variations rapides de tension occasionnelles n'ont pas nécessairement beaucoup d'effet sur le papillotement, mais elles peuvent perturber certains équipements et doivent par conséquent être limitées en amplitude.

## Causes

La plupart du temps, elles résultent de variations de la charge des clients ou de manœuvres sur le réseau. Elles peuvent être occasionnelles ou répétitives.

## Méthode d'évaluation

Il s'agit d'établir la différence maximale des tensions efficaces entre deux intervalles, choisis parmi trois intervalles consécutifs de trois secondes. La valeur efficace de la tension est évaluée sur des intervalles de temps d'intégration de trois secondes. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

## Valeurs cibles

Les valeurs suivantes sont basées sur les critères usuels de conception des équipements de compensation réactive ou de démarrage de moteurs, par exemple. Dans les conditions habituelles d'exploitation, à l'exclusion de périodes où peuvent se produire des courts-circuits ou des interruptions, l'amplitude des variations rapides de tension occasionnelles (une fois par heure ou moins) ne devrait pas, de façon générale, excéder 3 % de la tension nominale. Dans certaines conditions particulières\*, elles peuvent atteindre 6 % de la tension nominale. Pour les variations de tension pouvant se répéter plus d'une fois par heure, leur amplitude est limitée par l'indice de papillotement en fonction de leur taux de répétition.

---

\*Note: On entend ici, par conditions particulières, des conditions d'exploitation dégradées où des manœuvres d'équipements doivent être effectuées pour répondre à des besoins du réseau ou des charges.

## Description

On classe généralement dans cette catégorie les perturbations de très courte durée, qui durent typiquement moins d'un demi-cycle, c'est-à-dire de quelques microsecondes ( $\mu\text{s}$ ) à plusieurs millisecondes (ms). Les surtensions transitoires peuvent être unidirectionnelles ou oscillatoires et elles peuvent endommager les isolants de l'appareillage ou des composantes électroniques.

## Causes

Les surtensions peuvent être reliées à :

- des manœuvres sur les lignes et les équipements en réseau, notamment des commutations de batteries de condensateurs qui se traduisent par une onde oscillatoire amortie superposée à l'onde fondamentale et présentent une fréquence généralement comprise entre 100 Hz et 9 kHz, et d'une durée de crête inférieure à  $\frac{1}{2}$  cycle ;
- la foudre qui se traduit généralement par une impulsion unidirectionnelle présentant, dans les cas les plus rapides, un temps de montée de l'ordre de la microseconde.

## Méthode d'évaluation

L'évaluation consiste à mesurer la forme d'onde de tension et sa valeur crête instantanée avec une chaîne de mesure dont la bande passante est suffisante par rapport à la fréquence des phénomènes considérés.

## Valeurs indicatives

Les surtensions transitoires font l'objet d'une attention particulière pour la coordination de l'isolement de l'appareillage raccordé aux réseaux haute tension et elles sont traitées dans diverses normes, dont les normes ACNOR CAN3-C308 [7] et celles de la CÉI série 71 [8].

Dans le cas de la mise sous tension de batteries de condensateurs shunt, manœuvre fréquente sur le réseau haute tension, l'amplitude de la surtension transitoire est typiquement inférieure à 2 fois la tension ligne-terre crête du réseau. Cette valeur peut être plus élevée en présence de réflexion d'onde ou de résonance entre les équipements du client et le réseau d'alimentation.

\* Note: L'annexe C présente, à titre informatif, les statistiques relatives aux surtensions transitoires enregistrées dans 21 postes du réseau haute tension entre 1993 et 1995.

## Références :

Ce document est basé sur les travaux du Groupe de travail inter-unités sur les caractéristiques des tensions d'alimentation et sur les références suivantes :

- [1] Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution, Norme CENELEC EN50160 :1994.
- [2] Méthodes de mesures des caractéristiques et cibles de qualité de tension fournie par le réseau d'Hydro-Québec. Document en cours d'élaboration. Publication prévue en Août 1999.
- [3] Tensions recommandées pour les réseaux à courant alternatifs de 0 à 50000V , Norme ACNOR CAN3-C235-83.
- [4] Évaluation des limites d'émission pour les charges déformantes raccordées aux réseaux MT et HT. Rapport technique - type 3, CEI 61000-3-6. Oct. 1996.
- [5] Techniques d'essai et de mesure – Section 15 : Flickermètre – Spécifications fonctionnelles et de conception. Norme CEI 61000-4-15 :1997
- [6] Évaluation des limites d'émission pour les charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT. Rapport technique - type 3, CEI 61000-3-7. Oct.1996.
- [7] The Principle and Practice of Insulation Coordination - Electric Power Systems and Equipment. Norme ACNOR CAN3-C308-M85.
- [8] Coordination de l'isolement, Parties I et 2. Normes CEI 71-1 et 71-2.

---

Note : Certaines références ne sont fournies qu'à titre indicatif et leur mention à la présente bibliographie n'a pas pour effet de les rendre applicables à Hydro-Québec.

## **ANNEXE A (informative) STATISTIQUES DE L'INDICE DE CONTINUITÉ DE SERVICE**

### **Description**

L'indice de continuité est une mesure de la durée moyenne d'interruption par client alimenté du réseau de transport. Pour évaluer cet indice, on tient compte de la durée des pannes, des interruptions programmées et des coupures brèves (< 1 min.).

L'indice de continuité IC est exprimé en heure et il s'évalue comme suit :

$$IC = \frac{\text{La somme des Clients-Heures interrompus}}{\text{La somme des clients desservis}}$$

L'indice à comparer aux cibles est l'indice redressé après avoir exclu les événements exceptionnels et les cas de force majeure (ex. : Verglas de janvier 1998).

### **Historique et cible**

Le tableau suivant donne les valeurs historiques de l'indice IC redressé et la cible prévue pour les prochaines années :

<b>Année</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999-2002</b>
<b>Indice IC redressé (hre)</b>	0,71	1,15	0,58	0,62	0,44	0,61	0,48	Cible: 0,65

L'indice de continuité du réseau de transport fait l'objet d'objectifs annuels publiés dans le plan d'affaires de TransÉnergie.

---

## ANNEXE B (informative) STATISTIQUES DE VARIATIONS DE FRÉQUENCE

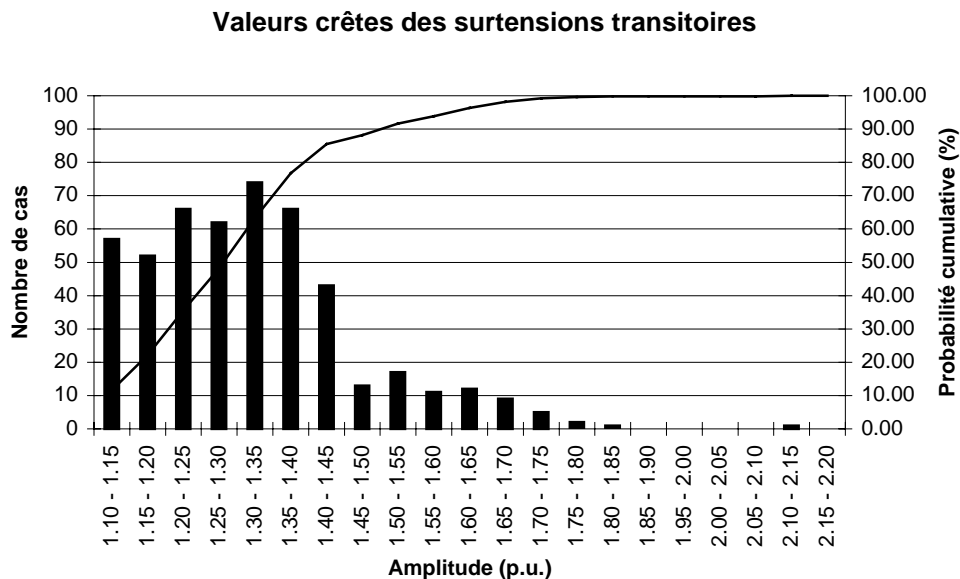
Les statistiques suivantes sont fondées sur la mesure des valeurs maximales de variations de fréquence en régime perturbé relevées sur le réseau principal d'Hydro-Québec entre janvier 1991 et décembre 1998. L'occurrence moyenne est évaluée sur une base annuelle d'après les statistiques compilées sur les événements survenus pendant cette période.

VARIATIONS DE FRÉQUENCE ( $\Delta F$ )	CONDITIONS DU RÉSEAU	OCCURRENCE MOYENNE	DURÉE TYPIQUE
+ 0,5 Hz à + 1 Hz	Régimes perturbés rares	Une fois l'an	-
+ 0,20 Hz à + 0,5 Hz	Régimes perturbés fréquents	24 fois l'an	Typiquement moins de 10 s, mais peut exceptionnellement durer plusieurs minutes.
<b><math>\pm 0,20</math> Hz</b>	<b>Conditions normales sans perturbations</b>		<b>Régime permanent</b>
- 0,20 Hz à - 0,5 Hz	Régimes perturbés fréquents	49 fois l'an	Typiquement moins de 10 s, mais peut exceptionnellement durer plusieurs minutes.
- 0,5 Hz à - 1 Hz	Régimes perturbés fréquents	20 fois l'an	
- 1 Hz à - 1,5 Hz	Régimes perturbés rares	Moins d'une fois l'an	-
Remarque : Des variations de fréquence plus élevées, par exemple, de plus ou moins 4 Hz par rapport à la fréquence fondamentale de 60 Hz (56 Hz à 64 Hz), peuvent se produire temporairement sur des parties de réseau îlotées à la suite de perturbations majeures ou de pannes.			

## ANNEXE C (informative) STATISTIQUES DE SURTENSIONS TRANSITOIRES

Les données suivantes sont fondées sur les résultats obtenus dans 21 postes du réseau haute tension au cours d'une campagne de mesure entre 1993 et 1995. Les valeurs indiquées au graphique ont été mesurées en phase-neutre. Il s'agit du nombre cumulatif de surtensions transitoires enregistrées dans les 21 postes.

### Répartition des surtensions transitoires en fonction de leur amplitude



## ANNEXE D

### EXTRAITS DU RÈGLEMENT NUMÉRO 634 SUR LES CONDITIONS DE FOURNITURE DE L'ÉLECTRICITÉ

Loi sur Hydro-Québec, (L.R.Q., c.H-5, a.22.0.1)

La mention de certaines dispositions du règlement 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité n'a pas pour effet de rendre inapplicables l'ensemble des dispositions dudit règlement.

- 64.** L'installation électrique du client doit correspondre aux renseignements que celui-ci a fournis à Hydro-Québec en vertu de l'article 76 et elle doit permettre le raccordement à la tension fournie par Hydro-Québec.

Cette installation doit être approuvée ou autorisée par une autorité ayant juridiction en la matière en vertu de toute disposition législative ou réglementaire applicable et elle doit être construite, branchée, protégée, utilisée et entretenue de façon à ne pas causer de perturbation au réseau, à ne pas nuire à la qualité de la fourniture de l'électricité aux installations des autres clients et à ne pas mettre en danger la sécurité des représentants d'Hydro-Québec.

- 66.** Le client doit assurer la protection des biens et la sécurité des personnes qui se trouvent aux endroits où l'électricité est fournie ou livrée et il est responsable de se prémunir contre les conséquences de toute interruption de la fourniture et de la livraison de l'électricité et il doit protéger son installation électrique et ses appareils contre les variations ou pertes de tension, les variations de fréquence et les mises à la terre accidentelles.

- 67.** Le type, les caractéristiques et le réglage des appareils de protection du client doivent permettre la coordination entre la protection du client et celle d'Hydro-Québec.

- 68.** Lorsque l'électricité est fournie en moyenne ou en haute tension par plusieurs lignes, le client doit l'utiliser par les lignes qu'Hydro-Québec lui désigne.

Si l'une des lignes désignées fait défaut ou requiert une mise hors tension, le client doit utiliser, à la suite d'une autorisation ou d'une demande d'Hydro-Québec, l'électricité par une autre ligne que lui désigne Hydro-Québec et ce, uniquement pour la durée des travaux, à moins qu'Hydro-Québec ne lui indique une période d'utilisation plus longue.

- 69.** Le client ne peut utiliser un appareillage de production d'électricité en parallèle au réseau d'Hydro-Québec à moins d'obtenir une autorisation écrite d'Hydro-Québec.

- 70.** Lorsque le client installe un groupe électrogène d'urgence, celui-ci doit être doté d'un appareil de communication à commande manuelle ou automatique autorisé par Hydro-Québec.

- 71.** Le client doit informer immédiatement Hydro-Québec de toute déféctuosité électrique ou mécanique de son installation électrique susceptible de perturber le réseau d'Hydro-Québec, de nuire à l'alimentation des autres clients ou de mettre en danger la sécurité des biens ou des personnes.

- 72.** Lorsque l'électricité est fournie en moyenne ou en haute tension, Hydro-Québec doit pouvoir, pour assurer la gestion de son réseau, communiquer en tout temps avec des personnes autorisées selon la Loi sur les maîtres électriciens (L.R.Q., c. M-3), que lui désigne le client.

Le client doit informer immédiatement Hydro-Québec du remplacement de ces personnes.

- 74.** Le client doit utiliser l'électricité selon la limite de puissance disponible, de façon à ne pas causer de perturbation au réseau d'Hydro-Québec, à ne pas nuire à la fourniture de l'électricité aux autres clients et à ne pas mettre en danger la sécurité des représentants d'Hydro-Québec.
- 76.** Le client fournit à Hydro-Québec les renseignements relatifs à son utilisation de l'électricité et aux caractéristiques de ses installations électriques, nécessaires à la gestion du réseau ou pour en assurer la sécurité. Il doit avertir immédiatement Hydro-Québec de tout changement dans les renseignements fournis.
- 94.** Hydro-Québec livre et fournit l'électricité sous réserve des interruptions pouvant résulter d'une situation d'urgence, d'un accident, d'un bris d'équipement ou du déclenchement de l'appareillage de protection du réseau.
- 95.** Hydro-Québec peut interrompre, en tout temps, la fourniture ou la livraison de l'électricité aux fins de l'entretien, de la réparation, de la modification ou de la gestion du réseau ou pour des fins d'utilité publique ou de sécurité publique.
- 102.** Hydro-Québec ne garantit pas le maintien à un niveau stable de la tension et de la fréquence, ni la continuité de la fourniture et de la livraison de l'électricité. Elle ne peut en aucun cas, tant du point de vue contractuel qu'extra contractuel, être tenue responsable des préjudices causés aux biens résultant de la fourniture ou de la livraison de l'électricité ou du défaut de fournir ou de livrer l'électricité, ou résultant d'une mise à la terre accidentelle, d'une défaillance mécanique sur son réseau, de toute interruption de service visée à la section V du chapitre VI, de variations de fréquence ou de variations de la tension de fourniture.

Hydro-Québec ne peut être tenue responsable des préjudices résultant d'une tension de fourniture en régime permanent qui n'excède pas les limites suivantes:

- 1° si l'électricité est fournie en basse et moyenne tension, selon la norme prévue à l'article 18;
- 2° si l'électricité est fournie en haute tension, un écart jusqu'à plus ou moins 10% par rapport à la tension nominale de fourniture.

Hydro-Québec ne peut être tenue responsable des préjudices résultant de cas de force majeure, y compris lorsque ceux-ci causent des variations de la tension de fourniture qui excèdent les limites de variations de tension mentionnées au deuxième alinéa.

- 104.** Tout abonnement et toute entente conclus en vertu du présent règlement, toute installation effectuée par Hydro-Québec et tout raccordement du réseau à l'installation électrique du client, toute autorisation donnée par Hydro-Québec, toute inspection ou vérification effectuée par elle et la fourniture ou la livraison de l'électricité par elle ne constituent pas et ne doivent pas être interprétés comme constituant une évaluation ni une garantie par Hydro-Québec de la valeur fonctionnelle, du rendement ou de la sécurité des installations du client, dont son installation électrique et ses appareils de protection, ni de leur conformité à toute disposition législative ou réglementaire applicable.

Lorsque le client n'utilise pas l'électricité conformément à l'article 74, il est responsable de tout préjudice causé à d'autres clients ou à Hydro-Québec.

**ANNEXE 2**

**CARACTÉRISTIQUES ET CIBLES DE QUALITÉ DE LA  
TENSION FOURNIE PAR LES RÉSEAUX MOYENNE ET  
BASSE TENSION D'HYDRO-QUÉBEC**



# A

---

**Vice-présidence Distribution  
Direction Plans et Stratégies d'affaires  
Orientations du réseau**

**Caractéristiques et cibles  
de qualité de la tension  
fournie par les réseaux moyenne  
et basse tension d'Hydro-Québec**

Rapport no. : 30012-01-02  
Dossier : 1003-02/0077  
Date : Février 2001

**Vice-présidence Distribution  
Direction Plans et Stratégies d'affaires  
Orientations du réseau**

**Caractéristiques et cibles  
de qualité de la tension  
fournie par les réseaux moyenne  
et basse tension d'Hydro-Québec**

Préparé par: *Georges Simard Ing.*

Georges Simard, Ing., M. Ing.  
Orientations du réseau

Approuvé par:

*Patrick Christophe*  
Patrick Christophe, Ing., M. Sc. A.  
Chef Orientations de réseau

*Jean Bouchard*  
Jean Bouchard, Ing.  
Directeur

Rapport no. : 30012-01-02  
Dossier : 1003-02/0077  
Date : Février 2001

## **Remerciements**

Lors des étapes qui ont permis d'émettre ce document, la collaboration de plusieurs personnes a été nécessaire. Parmi ces personnes, mentionnons particulièrement:

Gilles Allard  
Germain Beaulieu  
Roger Bergeron  
Jean Bertin-Mahieux  
Anna Buithieu  
Richard Demers  
Gaétan Éthier  
Denis Ruest

Merci à ces personnes et à toutes les autres, notamment celles des territoires, dont la participation a permis de réaliser ce document.

## **Sommaire**

L'objectif de ce document est de faire connaître aux clients les différents phénomènes affectant la qualité de l'onde électrique, de définir leurs caractéristiques, et d'inciter les clients à tenir compte de ces informations pour protéger adéquatement leurs équipements et minimiser les impacts possibles des différentes perturbations.

**Les caractéristiques et cibles de qualité de tension présentées dans ce document sont de nature générale et ne sont fournies qu'à titre indicatif. Elles fournissent les meilleures indications possibles de ce qui peut être prévu, sans que rien ne garantisse que les valeurs ou le nombre d'événements indiqués ne puissent être dépassés pour un client donné ou dans une zone particulière. Ce document ne constitue pas une obligation ni une garantie de quelque nature que ce soit de la part d'Hydro-Québec .**

Le document décrit, au point de livraison des clients moyenne et basse tension, les caractéristiques principales de la qualité de tension fournie par le réseau de distribution d'Hydro-Québec dans les conditions habituelles d'exploitation. **Les caractéristiques présentées dans ce document s'appliquent autant au réseau moyenne tension qu'au réseau basse tension à moins d'indication contraire.** Il ne s'applique pas aux cas de force majeure ni à d'autres situations particulières énumérées dans le domaine d'application.

Le présent document est en partie fondé sur les pratiques que proposent les normes nationales et internationales en matière d'alimentation électrique et tient compte également des caractéristiques propres au réseau d'Hydro-Québec

De façon plus spécifique, le document traite de caractéristiques telles que la tension en régime permanent, la tension de neutre, les interruptions, les tensions harmoniques, les déséquilibres, le papillotement, les coupures brèves, les creux de tension, les surtensions temporaires, les variations de fréquence et de tension, et les surtensions transitoires. Pour certaines caractéristiques, des valeurs cibles sont définies en référence à des normes et en termes de probabilité, c'est-à-dire, qu'elles sont applicables pendant un pourcentage et une période de temps définis. Pour d'autres caractéristiques, l'état actuel des connaissances ou de la normalisation, ou la nature aléatoire ou externe des perturbations, permettent seulement de définir des valeurs indicatives qui font alors état des informations existantes sur le sujet.

Par ailleurs, pour qu'il y ait compatibilité entre les équipements des clients et leur alimentation électrique, il est essentiel aussi que les appareils des clients aient des niveaux d'immunité adéquats et que les perturbations émanant des appareils ou installations se situent au-dessous des niveaux d'émission autorisés de façon à ce que leur effet cumulé sur le réseau n'entraîne pas un risque inadmissible de dépassement des niveaux de compatibilité.

Concernant ce dernier aspect relatif au contrôle des perturbations produites par les installations des clients raccordées au réseau de distribution, il est encadré par les limites d'émission autorisées par Hydro-Québec , et il est essentiel que les clients s'y conforment pour que les valeurs cibles présentées ici puissent être atteintes.

# TABLE DES MATIÈRES

1. PRÉAMBULE.....	II
2. OBJET .....	1
3. DOMAINE D'APPLICATION.....	1
4. DÉFINITIONS : .....	3
5. CLASSIFICATION DES PERTURBATIONS DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE.....	8
5.1 TENSION EN RÉGIME PERMANENT - BASSE TENSION.....	9
5.2 TENSION EN RÉGIME PERMANENT - MOYENNE TENSION.....	11
5.3 TENSION DE NEUTRE (TENSION NEUTRE-TERRE).....	12
5.4 INTERRUPTIONS ( <i>DURÉE<sup>g</sup> 1 MINUTE</i> ).....	13
5.5 TENSIONS HARMONIQUES.....	15
5.6 DÉSÉQUILIBRES DE TENSION.....	17
5.7 PAPILLOTEMENT.....	18
5.8 COUPURES BRÈVES ( <i>DUREE &lt; 1 MIN</i> ).....	19
5.9 CREUX DE TENSION.....	20
5.10 SURTENSIONS TEMPORAIRES .....	21
5.11 VARIATIONS DE FRÉQUENCE.....	22
5.12 VARIATIONS RAPIDES DE TENSION.....	23
5.13 SURTENSIONS TRANSITOIRES - BASSE TENSION .....	24
5.14 SURTENSIONS TRANSITOIRES - MOYENNE TENSION.....	25
6. RÉFÉRENCES : .....	26

**Annexe A** : Statistiques : creux de tension et coupures brèves sur les réseaux basse tension et moyenne tension

**Annexe B** : Statistiques de variations de fréquence

**Annexe C** : Extraits du règlement numéro 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité

## 1. Préambule

L'objectif du présent document est de :

- faire connaître aux clients les balises généralement acceptées par la communauté internationale ou définies par Hydro-Québec pour les différents phénomènes affectant la qualité de l'onde électrique ;
- rappeler aux clients qu'il est normal que l'électricité livrée puisse faire l'objet d'interruptions ou de perturbations ;
- inciter les clients à tenir compte des informations fournies afin de protéger adéquatement leurs équipements et d'organiser leur utilisation de l'électricité de manière à minimiser les impacts possibles des différents phénomènes si cela est nécessaire ;
- inciter les fournisseurs d'équipements à offrir les options requises pour assurer la compatibilité de leurs équipements avec l'alimentation électrique normale.

Les caractéristiques de la tension définies dans ce document sont de nature générale ; elles ne doivent donc pas être interprétées comme étant complètes ou suffisantes pour assurer le bon fonctionnement d'une installation ou d'un équipement donné.

Il faudra par conséquent que le client prenne en considération l'ensemble des phénomènes ou caractéristiques pour assurer l'intégration adéquate d'une installation ou d'un équipement dans son environnement particulier, le tout selon les normes applicables et les règles de l'art en la matière.

Il importe également de noter que les caractéristiques et cibles présentées ici constituent les meilleures indications possibles de ce qui peut être prévu, sans que rien ne garantisse que les valeurs ou le nombre d'événements indiqués ne puissent être dépassés pour un client donné ou dans une zone particulière.

À cet égard, **Hydro-Québec ne garantit pas le maintien à un niveau stable de la tension et de la fréquence, ni la continuité de la fourniture et de la livraison de l'électricité. Elle ne peut en aucun cas, tant du point de vue contractuel qu'extra contractuel, être tenu responsable des préjudices causés aux biens résultant de la fourniture ou de la livraison de l'électricité ou du défaut de fournir ou de livrer l'électricité, ou résultant d'une mise à la terre accidentelle, d'une défaillance mécanique sur son réseau, de toute interruption de service, de variations de fréquence ou de variations de la tension de fourniture.** (Règlement 634, a.102)

En outre, même lorsque le réseau est exploité dans les limites définies dans ce document, il demeure essentiel que les équipements ou procédés soient adéquatement conçus ou immunisés de façon qu'ils ne soient ni perturbés ni endommagés par leur environnement électrique.

**C'est pourquoi le client a l'obligation d'assurer la protection des biens et la sécurité des personnes qui se trouvent aux endroits où l'électricité est fournie ou livrée et il est responsable de se prémunir contre les conséquences de toute interruption de la fourniture et de la livraison de l'électricité et il doit protéger son installation électrique et ses appareils contre les variations ou pertes de tension, les variations de fréquence et les mises à la terre accidentelles. (Règlement 634, a.66)**

Les méthodes de mesure auxquelles on réfère dans ces pages sont relativement nouvelles. Il est donc possible que les appareils de mesure conformes à ces méthodes ne soient pas largement accessibles avant plusieurs années. Entre-temps, on pourra utiliser les appareils de mesure disponibles en traitant ou en interprétant les résultats de manière à respecter le plus possible les méthodes décrites.

## **Contexte**

Le présent document est en partie fondé sur les pratiques que proposent les normes nationales et internationales en matière d'alimentation électrique et tient compte également des caractéristiques propres au réseau d'Hydro-Québec. Parmi les normes existantes ou en cours d'élaboration sur la qualité de l'onde et la compatibilité entre les charges et leur alimentation électrique, la prépondérance a été accordée aux normes de la Commission Électrotechnique Internationale (CEI) ainsi qu'à la norme EN50160 [1] du Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC), qui comptent parmi les plus avancées dans le domaine.

Par ailleurs, des mesures de la qualité de l'onde électrique se dérouleront au cours des prochaines années pour continuer de quantifier les différents indices de qualité de l'onde dans leur application au réseau de distribution d'Hydro-Québec. À la lumière des résultats de ces mesures, les niveaux de certaines perturbations de l'onde électrique présentés à titre indicatif dans ce document pourront être définis de façon plus précise éventuellement.

En conditions habituelles d'exploitation, les tensions d'alimentation sont sujettes à des variations qui sont dues à des modifications de charge du réseau, à des perturbations produites par certains équipements et à l'apparition de défauts principalement attribuables à des causes externes. Les caractéristiques peuvent varier de façon aléatoire, à la fois dans le temps, à un point de fourniture donné, et dans l'espace, à un instant donné.

Certains des phénomènes qui ont une incidence sur la tension sont particulièrement imprévisibles de sorte qu'il est impossible d'indiquer la valeur précise des caractéristiques qui en sont affectées. Il est donc nécessaire de définir l'effet de ces événements sur les caractéristiques en question en termes de statistiques et de probabilités au lieu de les décrire par des valeurs extrêmes.

## Compatibilité des équipements avec l'alimentation

Une électricité parfaitement conforme, au point de livraison, aux caractéristiques énoncées dans ce document ne saurait garantir le fonctionnement satisfaisant des équipements ou des procédés. Cette garantie ne peut être obtenue que si ces équipements ou procédés sont compatibles avec l'alimentation fournie.

Au niveau international, on définit la Compatibilité électromagnétique (CÉM) comme « l'aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement » [norme CEI 50 (161-01-07)].

Il existe deux conditions nécessaires à la compatibilité électromagnétique :

- les appareils des clients doivent avoir des niveaux d'immunité supérieurs aux niveaux de compatibilité spécifiés pour un phénomène donné ;
- les perturbations émanant des installations ou d'appareils des clients doivent se situer au-dessous des niveaux d'émission autorisés sur le réseau de façon à ce que leur effet cumulé n'entraîne pas un risque inadmissible de dépassement des niveaux de compatibilité.

Les caractéristiques relatives au premier aspect sont encadrées par les normes d'immunité, telles que la norme CEI 1000-4-11, « Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension ».

Le degré de compatibilité désiré entre l'équipement et l'alimentation dépend bien sûr de l'utilisation qu'on fait de l'équipement et des conséquences d'une incompatibilité. Par exemple, l'arrêt momentané d'un entraînement à vitesse variable et du moteur qu'il actionne peut être acceptable dans le cas d'un système de ventilation, mais problématique quand il s'agit d'une ligne de production.

Il est donc important, pour chaque application, de bien considérer le degré d'immunité que doit présenter l'équipement compte tenu de l'alimentation à laquelle il est raccordé. Cette immunité peut caractériser l'équipement même, mais elle peut aussi être améliorée par l'ajout de dispositifs d'atténuation tels que des filtres, une alimentation autonome sans coupures, etc.

En ce qui a trait au deuxième aspect de la compatibilité, relatif à la production de perturbations par les installations des clients raccordées au réseau, il est encadré par les limites d'émission autorisées par Hydro-Québec, et il est essentiel que les clients s'y conforment pour que les valeurs cibles présentées ici puissent être atteintes. À cet effet Hydro-Québec met à la disponibilité de sa clientèle des guides et méthodes pour calculer et valider les limites d'émissions avant l'installation des équipements.

## **Utilisation de l'électricité**

Rappelons qu'en tout temps, l'électricité doit être utilisée selon la limite de puissance disponible, de façon à ne pas causer de perturbation au réseau d'Hydro-Québec, à ne pas nuire à la fourniture de l'électricité aux autres clients et à ne pas mettre en danger la sécurité des représentants d'Hydro-Québec (Règlement 634, a.74) et le client est responsable de tout préjudice causé à d'autres clients ou à Hydro-Québec suite à une utilisation non-conforme de l'électricité. (Règlement 634, a.104)

## 2. Objet

L'objet de ce document est de définir et de décrire les valeurs qui caractérisent la tension fournie par le réseau de distribution d'Hydro-Québec, telles que la fréquence, l'amplitude, la symétrie des tensions triphasées et la forme de l'onde, de façon à donner une meilleure information aux clients.

## 3. Domaine d'application

Le document décrit, au point de livraison au réseau moyenne ou basse tension, les caractéristiques principales de la qualité de tension fournie par le réseau de distribution d'Hydro-Québec dans les conditions habituelles d'exploitation.

Il ne s'applique pas aux situations suivantes :

- conditions exceptionnelles liées à des influences ou à des événements externes, telles que des conditions climatiques extrêmes, des catastrophes naturelles, des perturbations excessives provenant de tiers, des cas de force majeure, des explosions, bris ou accidents de machines ou de l'équipement, des coupures dues à des causes externes ou si la sécurité publique l'exige, etc. ;
- réseau îloté, exploitation faisant suite à une panne ou prenant place dans des conditions provisoires d'alimentation durant des travaux d'entretien ou de construction ou ayant comme objectif de limiter l'étendue et la durée d'une coupure d'alimentation ;
- non-conformité des installations ou des équipements de clients aux codes, normes ou règlements applicables ou aux exigences techniques de raccordement ;
- non-conformité des installations ou des équipements de clients aux limites d'émission de perturbations autorisées sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec ;
- non-conformité des installations de production aux normes applicables ou aux exigences de raccordement des centrales au réseau d'Hydro-Québec ;
- aux réseaux autonomes (ex.: réseau des Îles-de-la-Madeleine, réseau de la Basse-Côte-Nord desservi par la centrale du Lac-Robertson, réseaux alimentés par des groupes électrogènes ou par d'autres types de centrales autonomes dans les communautés nordiques, etc.) ;
- aux réseaux voisins qui alimentent des clients ou des postes d'Hydro-Québec de même que les parties du réseau d'Hydro-Québec alimentées par ces postes (postes et clients d'Hydro-Québec desservis par le réseau de l'Alcan, partie du réseau du Témiscamingue non reliée au réseau principal mais interconnectée avec l'Ontario, réseau de la Cie. Hydro-Électrique Manicouagan, la centrale Bryson synchronisée avec l'Ontario, etc.).

**Les caractéristiques et cibles de qualité de tension présentées dans ce document sont de nature générale et ne sont fournies qu'à titre indicatif. Elles fournissent les meilleures indications possibles de ce qui peut être prévu, sans que rien ne garantisse que les valeurs ou le nombre d'événements indiqués ne puissent être dépassés pour un client donné ou dans une zone particulière. Ce document ne constitue pas une obligation ni une garantie de quelque nature que ce soit de la part d'Hydro-Québec .**

En aucun temps, les caractéristiques et cibles présentées dans ces pages ne peuvent avoir pour effet de rendre inapplicables les dispositions du règlement 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité ni servir à interpréter le sens ou la portée du dit règlement dont les dispositions pertinentes sont reproduites en annexe. De même, elles ne doivent pas être interprétées comme des limites de perturbations que les clients raccordés au réseau d'Hydro-Québec seraient autorisés à produire (limites dites d'émission).

## 4. Définitions :

Dans le présent document, on entend par:

### **Compatibilité**

Aptitude d'un appareil ou d'un système électrique à fonctionner de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations excessives pour les autres appareils raccordés au réseau électrique. (C'est l'équivalent de la « Compatibilité électromagnétique » définie par la CEI).

### **Conditions habituelles d'exploitation**

Conditions permettant de répondre à la demande de la charge, aux manœuvres d'exploitation et à l'élimination normale des défauts par l'entremise des systèmes de protection automatique, en l'absence de cas de force majeure, de conditions exceptionnelles ou de conditions provisoires d'alimentation.

### **Coupure brève**

Affaississement complet de la tension d'alimentation sur toutes les phases pour une durée n'excédant pas 1 minute.

### **Creux de tension**

Brusque réduction de plus de 10 % de la tension nominale sur une ou plusieurs phases pour une courte durée variant de 8 millisecondes à 1 minute.

### **Cycle**

Durée d'une période de l'onde fondamentale de la tension alternative du réseau. Pour une fréquence de 60 Hz, cette durée est de  $1/60^e$  de seconde, soit 16,67 millisecondes.

### **Déséquilibre de tension**

Situation où les trois tensions du système triphasé ne sont pas égales en amplitude ou ne sont pas déphasées de  $120^\circ$  les unes par rapport aux autres.

### **Force majeure**

S'entend des cas fortuits, conflits de travail, actes de l'ennemi public, guerres, insurrections, émeutes, incendies, tempêtes ou inondations, explosions, bris ou accidents des machines ou de l'équipement, réductions, ordonnances, réglementations ou restrictions imposées par un gouvernement militaire ou des autorités civiles légalement établies, ou toute autre cause indépendante de la volonté d'Hydro-Québec.

## **Fréquence de la tension d'alimentation**

Taux de répétition de l'onde fondamentale de la tension d'alimentation, mesuré pendant un intervalle de temps donné. La fréquence d'un réseau alternatif de distribution publique est directement liée à la vitesse de rotation des alternateurs.

## **Indice de continuité**

Indice représentant pour chacun des clients alimentés dans une zone déterminée (province, municipalité, poste, ligne...) le nombre moyen d'heures d'interruptions de service subies pendant une période donnée.

## **Moyenne tension**

Aux fins de ce document, il s'agit des parties du réseau dont la tension nominale entre phases se situe entre 750 V et 34,5 kV inclusivement.

## **Basse tension**

Aux fins de ce document, il s'agit des parties du réseau dont la tension nominale entre phases se situe en deçà de 750 V.

## **Interruption**

Coupure de l'alimentation électrique de plus de 1 minute.

## **Papillotement (Flicker)**

Impression d'instabilité de la sensation visuelle due à un stimulus lumineux dont la luminance ou la répartition spectrale fluctuent dans le temps. [Vocabulaire Électrotechnique International (50-161-08-13)].

## **Période de mesure**

Période de référence utilisée pour le relevé des mesures et l'établissement des classements statistiques; cette période est d'une semaine continue aux fins de ce document. Les mesures peuvent toutefois s'étendre sur plus d'une semaine, au besoin.

## **Point de livraison**

Tout point situé immédiatement après l'appareillage de mesurage d'Hydro-Québec à partir duquel l'électricité est mise à la disposition du client; lorsque Hydro-Québec n'installe pas d'appareillage de mesurage ou lorsque celui-ci est situé avant le point de raccordement, le point de livraison est au point de raccordement. C'est à ce point que sont définies les caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par le réseau de distribution et faisant l'objet de ce document. (Règlement 634,a.3)

## **Point de raccordement**

Le point où est relié au réseau Hydro-Québec l'installation électrique du lieu ou l'électricité est fournie. (Règlement 634,a.3)

## **Réseau iloté**

Réseau électrique comprenant à la fois un ou des centres de production et des charges temporairement détaché du réseau principal à la suite d'une perturbation ou d'une manœuvre.

## **Réseau autonome**

Tout réseau de production et de distribution de l'électricité détaché du réseau principal. (Règlement 634, a.3)

## **Réseau principal**

Le plus grand ensemble de réseaux électriques d'Hydro-Québec interconnectés entre eux.

## **Réseau voisin**

Réseau n'appartenant pas à Hydro-Québec, mais pouvant être interconnecté avec son réseau principal.

## **Surtension temporaire**

Augmentation soudaine de la valeur efficace de la tension sur une ou plusieurs phases (plus de 110 % de la tension nominale) pour une durée variant de 8 millisecondes à 1 minute.

## **Surtension transitoire**

Augmentation très rapide de la tension à une fréquence élevée, indépendante de la fréquence de la tension d'alimentation. La surtension peut prendre la forme d'une impulsion unidirectionnelle de polarité négative ou positive ou d'une oscillation amortie. Elle peut être causée par des commutations de charges, par des manœuvres en réseau, ou par la foudre.

## Tension d'alimentation

Tension mesurée au point de livraison d'un client.

## Tension de neutre

Tension mesurée entre le conducteur de neutre du réseau et une électrode de référence située à au moins 10 mètres de toute autre mise à la terre ou d'une masse métallique. ( Règlement 634, a.3)

## Tensions harmoniques

Tensions sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale du réseau (60 Hz).

## Tension nominale du réseau moyenne tension

Tension efficace entre phases servant à désigner un réseau. Aux fins de ce document, les tensions nominales ( $V_{nom}$ ) s'établissent comme suit : 4,16 kV, 12,47 kV, 13,2 kV, 13,8 kV, 24,94 kV et 34,5 kV. La tension nominale la plus courante en moyenne tension est de 24,94 kV.

## Tension nominale du réseau basse tension

Tension efficace servant à désigner un réseau. Aux fins de ce document, les tensions nominales basse tension ( $V_{nom}$ ) s'établissent comme suit :

- 120/240 V, dans le cas d'un système monophasé ;
- 347/600 V, dans le cas d'un système triphasé, étoile, neutre mis à la terre.

## Tension en régime permanent

Valeur efficace de la tension évaluée sur 10 minutes.

## Valeur définie à 95 %

S'applique à une période de mesure d'une semaine : une valeur définie à 95 % signifie que pendant 159,6 heures des 168 heures d'une semaine, les valeurs mesurées sont en deçà de la valeur cible ou indicative des caractéristiques. Pour chaque période d'une semaine, une caractéristique donnée pourrait donc excéder sa valeur cible ou indicative durant 8,4 heures.

## Valeur cible

Limite visée pour certaines caractéristiques de la tension en référence à des objectifs d'entreprises ou à des normes nationales ou internationales. Elles sont souvent définies en termes de probabilité par un pourcentage et une période de temps définis. Il peut donc arriver que ces limites soient occasionnellement dépassées.

## **Valeur indicative**

Dans le cas de certaines caractéristiques de la tension, l'état actuel des connaissances ou de la normalisation, ou encore la nature aléatoire ou externe des perturbations, ne permettent pas de définir de valeurs cibles. Les valeurs indicatives qui sont alors données font simplement état des informations existant sur le sujet.

## **Variations rapides de tension**

Suite de variations soudaines ou variations cycliques de la valeur efficace de la tension entre deux niveaux consécutifs, généralement attribuables à des variations de charges ou à des manœuvres en réseau.

---

## 5. CLASSIFICATION DES PERTURBATIONS DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Le classement général suivant, établi à titre indicatif, permet de distinguer le type et la durée des phénomènes faisant l'objet de ce document, ainsi que leurs effets sur les équipements et les différentes méthodes de mesure préconisées et la nature des valeurs présentées.

Phénomènes (Durée typique)	Type	Section du document	Effets possibles	Mesure	Valeurs Cibles ou indicatives
<b>De longue durée ou permanents</b> (> 1 min)	• Tension en régime permanent	5.1 et 5.2	Échauffement de l'électronique, des moteurs et des transformateurs	Valeurs efficaces sur 10 minutes	Cibles
	• Tension de neutre	5.3	Tensions parasites pouvant affecter la production agricole		Cibles
	• Interruption	5.4	Arrêt des équipements	Durée d'interruption	Cibles et indicatives
	• Tension harmonique	5.5	Échauffement de l'électronique, des moteurs et des transformateurs	Valeurs efficaces sur 10 minutes	Cibles
	• Déséquilibre de tension	5.6		Valeurs efficaces sur 2 heures	Indicatives
	• Papillotement	5.7	Inconvénients physiologiques	Moyenne cubique sur 2 heures	Cibles
<b>Transitoires lents</b> (> 0,008 s et ≤ 1 min)	• Coupure brève	5.8	Arrêt des équipements	Durée d'interruption	Indicatives
	• Creux de tension	5.9	Arrêt des procédés industriels ou mauvais fonctionnement des équipements	Valeurs efficaces sur 1 cycle à quelques secondes	Indicatives
	• Surtension temporaire	5.10			Indicatives
	• Variations de fréquence	5.11			Cibles
• Variations rapides de tension	5.12	Indicatives			
<b>Transitoires rapides</b> (≤ 0,008 s)	• Surtension transitoire	5.13 et 5.14	Arrêt des procédés industriels, claquage des isolants	Valeur crête et forme d'onde Voir référence [2]	Indicatives

## 5.1 TENSION EN RÉGIME PERMANENT - BASSE TENSION

### 5.1.1 Description

Conformément à l'article 19 du règlement 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité, les tensions nominales des réseaux basse tension s'établissent comme suit :

- 120/240 V, dans le cas d'un système monophasé ;
- 347/600 V, dans le cas d'un système triphasé, étoile, neutre mis à la terre.

### 5.1.2 Causes de variations

Dans un réseau électrique, l'amplitude de la tension en régime permanent dépend des caractéristiques de conception du réseau, des variations de charge et des changements d'état auxquels il est soumis. En pratique, il est d'usage de corriger la tension en régime permanent à différents points du réseau, par exemple, au moyen des changeurs de prises automatiques dans les postes de transformation et sur certaines lignes de distribution.

### 5.1.3 Méthode d'évaluation

Les variations de tension en régime permanent s'évaluent en faisant la moyenne quadratique des écarts en valeur efficace par rapport à la tension nominale sur des intervalles de temps d'intégration de 10 minutes. Les valeurs cibles présentées à la section 5.1.4 doivent être comparées, selon le cas, à la valeur correspondant à 95 % ou à 99,9 % des résultats ainsi obtenus sur une période de mesure d'une semaine, à l'exclusion des interruptions. Les méthodes de mesure sont décrites à la référence [2].

### 5.1.4 Valeurs cibles de l'amplitude des tensions en régime permanent

Pour chaque période d'une semaine, dans les conditions habituelles d'exploitation et à l'exclusion des interruptions, 95 % des valeurs efficaces des écarts évaluées sur 10 minutes varient de - 11,7 % à + 5,8 % par rapport à la tension nominale. La tension fournie se situe dans les plages recommandées par l'Association canadienne de normalisation (ACNOR, norme CAN3-C235-83) incluant les conditions marginales, comme suit :

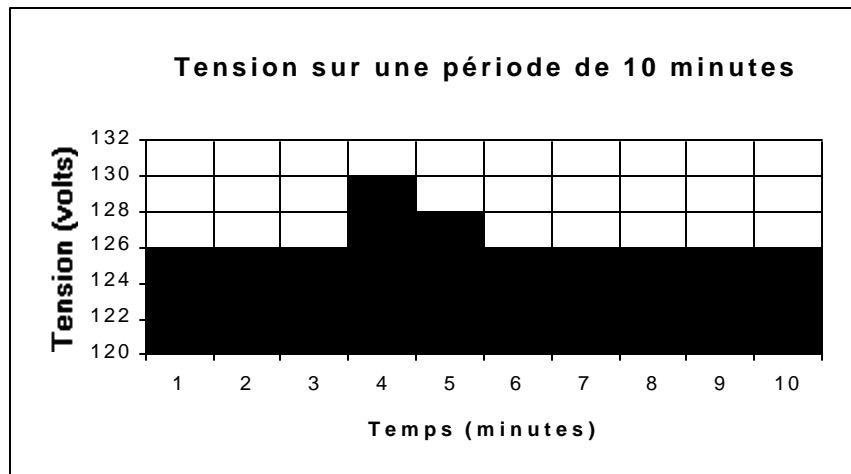
- pour la tension nominale 120/240 V, de 106/212 V à 127/254 V ;
- pour la tension nominale 347/600 V, de 306/530 V à 367/635 V.

Enfin, 99,9 % des valeurs efficaces des écarts évaluées sur 10 minutes se situent dans l'intervalle allant de -15 % à + 10 % de la tension nominale, pour s'établir comme suit :

- pour la tension nominale 120/240 V : 102/204 V et 132/264 V ;
- pour la tension nominale 347/600 V : 295/510 V et 382/660 V.

### Exemple

Pour le profil de tension donné à la figure suivante, l'intégrale des valeurs efficaces calculée sur 10 minutes donne un écart de + 5,6 %, c'est-à-dire une valeur de tension efficace de 126,7 V, même si on constate des fluctuations allant jusqu'à 8,3 % pendant 1 minute (130 V).



## 5.2 TENSION EN RÉGIME PERMANENT - MOYENNE TENSION

### 5.2.1 Description

Conformément au règlement 634 d'Hydro-Québec, les tensions nominales des réseaux moyenne tension s'établissent comme suit :

- 2,4/4,16 kV ;
- 7,2/12,47 kV ;
- 7,6/13,2 kV ;
- 8,0/13,8 kV ;
- 14,4/24,94 kV ;
- 20,0/34,5 kV ;

### 5.2.2 Causes de variations

Dans un réseau électrique, l'amplitude de la tension en régime permanent dépend des caractéristiques de conception du réseau, des variations de charge et des changements d'état auxquels il est soumis. En pratique, il est d'usage de corriger la tension en régime permanent à différents points du réseau, par exemple, au moyen des changeurs de prises automatiques dans les postes de transformation et sur certaines lignes de distribution.

### 5.2.3 Méthode d'évaluation

Les variations de tension en régime permanent s'évaluent en faisant la moyenne quadratique des écarts en valeur efficace par rapport à la tension nominale sur des intervalles de temps d'intégration de 10 minutes. Les valeurs cibles présentées à la page suivante doivent être comparées, selon le cas, à la valeur correspondant à 95 % ou à 99,9 % des résultats ainsi obtenus sur une période de mesure d'une semaine, à l'exclusion des interruptions. Les méthodes de mesure sont décrites à la référence [2].

### 5.2.4 Valeurs cibles de l'amplitude des tensions en régime permanent

Pour chaque période d'une semaine, dans les conditions habituelles d'exploitation et à l'exclusion des interruptions, 95 % des valeurs efficaces des écarts évaluées sur 10 minutes se situent dans une plage de plus ou moins 6 % par rapport à la tension nominale. Enfin, 99,9% des valeurs efficaces des écarts évaluées sur 10 minutes se situent dans l'intervalle allant de - 10 % à + 10 % de la tension nominale.

Par exemple pour la tension nominale 14,4/24,94 kV, pour chaque période d'une semaine;

- 95 % des valeurs efficaces des écarts évaluées sur 10 minutes se situent entre 13,58/23,52 kV et 15,26/26,43 kV
- 99 % des valeurs efficaces des écarts évaluées sur 10 minutes se situent entre 13,09/22,67 kV et 15,84/27,43 kV

## **5.3 TENSION DE NEUTRE (TENSION NEUTRE-TERRE)**

### **5.3.1 Description**

Il s'agit de la tension qui existe entre une électrode de mise à la terre reliée au neutre et une électrode de référence distante de 10 mètres à la fois de l'électrode de mise à la terre et de toute autre masse métallique qui pourrait altérer le gradient de potentiel du sol. Dans le milieu agricole, cette tension entre le neutre et la terre est parfois appelée "tension parasite" car elle peut incommoder certains animaux et avoir des conséquences sur la production de la ferme.

### **5.3.2 Causes de variations**

Dans un réseau électrique, l'amplitude de la tension neutre-terre dépend d'une part de l'amplitude du courant homopolaire qui provient de la répartition de la charge entre les trois phases du réseau et d'autre part de la diffusion de ce courant entre le fil de neutre et le sol. Cette diffusion est fonction des impédances de mises à la terre, de la nature du sol, de son taux d'humidité etc.

### **5.3.3 Méthode d'évaluation**

On évalue la tension de neutre en faisant la moyenne quadratique des valeurs efficaces échantillonnées sur une période de 10 minutes tout comme la tension en régime permanent . Les méthodes de mesure sont décrites à la référence [2].

### **5.3.4 Valeur cible de la tension de neutre (tension neutre-terre)**

Pour chaque période d'une semaine, dans les conditions habituelles d'exploitation, 95 % des valeurs efficaces évaluées sur 10 minutes n'excèdent pas 10 volts\*.

---

\* La tension neutre-terre peut atteindre momentanément des valeurs plus élevées (quelques kilovolts dans les pires conditions), dans un mode perturbé (Ex: court-circuit à la terre, manoeuvres monopolaires...)

## 5.4 INTERRUPTIONS (DURÉE<sup>3</sup> 1 MINUTE)

### 5.4.1 Description

Hydro-Québec livre et fournit l'électricité sous réserve des interruptions pouvant résulter d'une situation d'urgence, d'un accident, d'un bris d'équipement ou du déclenchement de l'appareillage de protection du réseau. (Règlement 634, a.94)

Elle peut interrompre, en tout temps, la fourniture ou la livraison de l'électricité aux fins de l'entretien, de la réparation, de la modification ou de la gestion du réseau ou pour des fins d'utilité publique ou de sécurité publique. (Règlement 634, a.95)

### 5.4.2 Causes

Les interruptions accidentelles peuvent être dues à des causes internes ou externes. Dans un grand nombre de cas, elles ont pour origine des causes externes ou des événements qui ne peuvent être contrôlés par Hydro-Québec. Étant donné les différences considérables que présente l'architecture des réseaux et les effets imprévisibles des actions de tiers ou des intempéries, il est difficile d'établir des fréquences annuelles et des durées moyennes types pour ces interruptions.

### 5.4.3 Méthode d'évaluation

L'indice de continuité (I.C.), qui sert à quantifier les interruptions est une valeur cumulative pondérée sur une année; il peut résulter de plusieurs interruptions ou d'une seule interruption de plus longue durée. Il se calcule de la façon suivante;

$$\text{IC (heures)} = \frac{\text{Somme des clients-heures interrompus}}{\text{Somme des clients alimentés}}$$

On peut donc calculer l'indice de continuité pour l'ensemble de la clientèle de la province, pour un territoire, pour un poste en particulier ou par ligne de distribution. Cet indice est utilisé par la grande majorité des réseaux d'électricité en Amérique du Nord pour quantifier la qualité de la continuité de service de leurs réseaux. Il s'exprime en heure(s).

### 5.4.4 Valeurs cibles de l'I.C.

L'I.C. fait partie des objectifs de l'entreprise et les valeurs cibles provinciales font partie du plan stratégique d'Hydro-Québec publié aux deux ans. À titre d'exemple, pour 1999 et 2000, les valeurs cibles et réelles étaient:

<b>Valeurs cibles et réelles de l'IC Distribution provincial (heures pondérées)</b>		
IC provincial	1999	2000
Valeur cible	2,2	2,1
Valeur réelle	2,16	1,97

Toutefois, l'information du I.C. varie avec la localisation de chaque client. Un historique de continuité de service pour la zone de chaque client peut être obtenu d'Hydro-Québec au besoin.

### **Interruptions de durée exceptionnelle**

Lorsque des circonstances échappant à la volonté d'Hydro-Québec conduisent à une interruption qui pourrait durer plus de 24 heures (ou de 12 heures en hiver), l'entreprise met en application un plan d'urgence pour rétablir le service électrique et minimiser les impacts de l'interruption.

## 5.5 TENSIONS HARMONIQUES

### 5.5.1 Description

Les harmoniques sont des tensions ou des courants sinusoïdaux dont les fréquences correspondent à des multiples entiers de la fréquence fondamentale (60 Hz). On considère dans la présente définition les harmoniques de longue durée, excluant les phénomènes transitoires isolés.

### 5.5.2 Causes

Les harmoniques sont créées par des appareils dont la caractéristique tension/courant n'est pas linéaire, comme c'est le cas avec les convertisseurs électroniques de puissance des entraînements de moteurs, les redresseurs utilisés pour l'électrolyse, les fours à arc, etc.

### 5.5.3 Méthode d'évaluation

Les tensions harmoniques se mesurent individuellement par leur amplitude ( $U_n$ ), généralement exprimée en pourcentage de l'amplitude de la tension fondamentale ( $U_1$ )\*. Le taux des harmoniques individuels ( $D_n$ ) et le taux d'harmoniques total ( $D$ ) se calculent suivant les relations suivantes:

$$\text{taux des harmoniques individuelles : } D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\% \quad (n : \text{rang harmonique})$$

$$\text{taux d'harmoniques total : } D = \sqrt{\sum_{n=2}^N \left(\frac{U_n}{U_1}\right)^2} \times 100\%$$

À moins de conditions particulières,  $N$  est habituellement égal à 50.

Les taux des harmoniques individuels ( $D_n$ ) et le taux d'harmoniques total ( $D$ ) correspondent à la valeur efficace des tensions harmoniques mesurées sur des intervalles de temps d'intégration de 10 minutes. Les niveaux de tensions harmoniques doivent être évalués à l'exclusion des périodes où se produisent des transitoires rapides, des creux de tension, des surtensions temporaires, des coupures brèves et des interruptions ou encore des périodes où la tension des trois phases tombe en deçà de 50 % de la tension nominale. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

---

\* Remarque : Les taux d'harmoniques peuvent également être exprimés par rapport à une tension fixe de référence, comme la tension nominale, plutôt que par rapport à la tension fondamentale. L'évaluation des taux d'harmoniques par rapport à une référence fixe permet de retrouver les niveaux absolus d'harmoniques même si la composante fondamentale fluctue.

#### 5.5.4 Valeurs cibles

Dans le cas des tensions harmoniques, le taux d'harmoniques (D) égale 8% et les différents taux d'harmoniques individuelles devraient être inférieurs aux valeurs du tableau ci-dessous pendant 95 % du temps sur une période de mesure d'une semaine dans les conditions habituelles d'exploitation.

**VALEURS CIBLES DES HARMONIQUES INDIVIDUELLES  
POUR LES RÉSEAUX MOYENNE ET BASSE TENSION †**

Harmoniques impairs		Harmoniques pairs	
Rang harmonique	Tension harmonique	Rang harmonique	Tension harmonique
n	%	n	%
3	6	2	2,0
5	6	4	1,5
7	5	6	0,75
9	3,5	8	0,6
11	3,5	10	0,6
13	3	12 à 24	0,5
15	2		
17	2		
19 à 25‡	1,5		

† Des niveaux d'harmoniques supérieurs à ceux présentés au tableau peuvent être relevés à la suite d'événements échappant à la volonté d'Hydro-Québec, tels que des orages magnétiques.

‡ Les valeurs correspondant aux harmoniques de rangs supérieurs à 25 sont très imprévisibles en raison des effets de résonance. Les valeurs indicatives pourront être précisées d'ici quelques années à la lumière des résultats des campagnes de mesure sur le réseau de distribution.

## 5.6 DÉSÉQUILIBRES DE TENSION

### 5.6.1 Description

Cet indice sert à caractériser les asymétries d'amplitude et de déphasage des tensions triphasées en régime permanent. Le taux de déséquilibre de tension est défini, suivant la méthode des composantes symétriques, comme le rapport existant entre le module de la composante inverse de la tension et celui de la composante directe.

### 5.6.2 Causes

Les déséquilibres de tension qui s'appliquent aux tensions triphasées ont deux causes principales, soient les asymétries d'impédance des lignes du réseau et les déséquilibres de charge.

### 5.6.3 Méthode d'évaluation

Le taux de déséquilibre s'évalue au moyen de la valeur efficace des composantes directe et inverse de tension sur des intervalles de temps d'intégration de deux heures dans les conditions habituelles d'exploitation. Les périodes pendant lesquelles la tension des trois phases est inférieure à 50% de la tension nominale sont exclues de cette évaluation. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.6.4 Valeurs indicatives

Les taux de déséquilibre de tension en conditions habituelles d'exploitation pendant 95 % du temps sur une période de mesure d'une semaine sont généralement inférieurs à 2%. Cependant, là où les caractéristiques des lignes et des charges ne permettent pas de répartir la charge de façon optimale entre les phases (lignes triphasées comportant de longs embranchements biphasés ou monophasés), certains déséquilibres de tension peuvent atteindre 3 % aux points de livraison triphasés, dans les conditions habituelles d'exploitation.

---

*Notes* - Ces valeurs ne couvrent pas les déséquilibres dus aux événements incontrôlables tels que les orages géomagnétiques, etc.

Des valeurs plus importantes peuvent être relevées pendant des durées limitées (50 % de déséquilibre de tension lors de défauts, par exemple), mais ces déséquilibres élevés de courte durée n'ont pas d'effets thermiques significatifs sur les équipements.

## 5.7 PAPILOTEMENT

### 5.7.1 Description

Le papillotement traduit l'inconfort physiologique éprouvé au niveau de la vision à la suite de changements répétitifs de luminosité de l'éclairage. À certaines fréquences, l'œil peut percevoir l'effet sur l'éclairage de très faibles variations de tension. La plupart des appareils ne sont toutefois pas perturbés par ce phénomène.

### 5.7.2 Causes

Le papillotement est dû aux variations répétitives de tension causées par certaines charges industrielles comme les machines à souder, les laminoirs, les gros moteurs à charge variable, les fours à arc, etc.

### 5.7.3 Méthode d'évaluation

L'indice utilisé pour évaluer le papillotement de longue durée est l'indice de sévérité  $P_{ft}$ , évalué sur des intervalles de temps d'intégration de deux heures. Le papillotement se mesure avec un flickermètre selon la norme CEI 61000-4-15:1997 [4] dont la pondération doit être corrigée pour les lampes incandescentes à 120 V. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.7.4 Valeur cible

Dans les conditions habituelles d'exploitation, le niveau de papillotement lié aux variations rapides de la tension fournie est généralement inférieur à l'indice de papillotement de longue durée  $P_{ft}=1,0$  pendant 95 % du temps sur une période de mesure d'une semaine.

## 5.8 COUPURES BRÈVES (DUREE < 1 MIN)

### 5.8.1 Description

Les coupures brèves correspondent à la perte momentanée de la tension d'alimentation sur toutes les phases pour des durées inférieures à 1 minute.

### 5.8.2 Causes

La plupart du temps, les coupures brèves sont dues à l'action des dispositifs de protection des réseaux en vue d'éliminer les défauts. Sur les lignes aériennes, en moyenne tension, il est de pratique courante d'effectuer de un à trois réenclenchements automatiques dans le but de réalimenter le plus rapidement possible une ligne perturbée par un défaut fugitif. Ainsi, au lieu d'une interruption, les clients alimentés par la ligne perturbée ne subissent qu'une à trois coupures brèves dont la durée respective peut varier de 2 à 60 secondes. Évidemment tout réenclenchement a des répercussions sur tout le réseau en aval. Ainsi un réenclenchement sur une ligne de distribution moyenne tension affectera tous les clients moyenne tension et basse tension alimentés par cette ligne.

Il importe de souligner que le réenclenchement automatique est utilisé pour assurer une meilleure continuité de service, puisqu'il permet d'éviter les interruptions lors de défauts fugitifs. En contrepartie, lorsque le défaut est permanent, le nombre de creux de tension (Voir chapitre CREUX DE TENSION) sur les autres lignes alimentées par la même barre de poste augmente quelque peu.

### 5.8.3 Méthode d'évaluation

En pratique, on considère à titre de coupures brèves les affaissements de tension au cours desquels la tension résiduelle est inférieure à environ 10 % de la tension nominale. Les méthodes de mesure sont décrites à la référence [2].

### 5.8.4 Valeurs indicatives

Dans les conditions habituelles d'exploitation, le nombre annuel de coupures brèves peut atteindre quelques dizaines voire une centaine, selon la longueur des réseaux §. La durée d'environ 50 % des coupures brèves est inférieure à 3 secondes et celle d'environ 90 % ne dépasse pas 20 secondes.

---

§ L'annexe A présente, à titre informatif, les occurrences maximales des coupures brèves et des creux de tension mesurés à 17 sites moyenne tension du réseau d'Hydro-Québec.

## 5.9 CREUX DE TENSION

### 5.9.1 Description

Les creux de tension sont des réductions soudaines de plus de 10% de la tension nominale, suivies de son rétablissement après une courte durée variant entre 8 millisecondes et une minute.

### 5.9.2 Causes

Les creux de tension sont généralement attribuables à de forts appels de courant dus à des défauts du réseau ou des installations des clients. Il s'agit d'événements aléatoires imprévisibles pour la plupart. La fréquence annuelle de ces événements dépend largement du type de réseau et du point d'observation, et leur répartition sur une année peut être très irrégulière\*\*.

### 5.9.3 Méthode d'évaluation

On mesure l'amplitude des creux de tension par le pourcentage de réduction de tension, et leur durée, par le temps pendant lequel la tension efficace de l'une des phases — évaluée à chaque cycle consécutif de l'onde de 60 Hz — tombe en dessous du seuil de 90 %†† de la tension nominale. On poursuit la mesure jusqu'à ce que la tension excède à nouveau ce seuil. Pour un même événement, l'amplitude des creux de tension mesurés en phase-neutre et en phase-phase diffèrent. Les valeurs mesurées en phase-phase sont généralement plus représentatives de l'effet des creux de tension sur les charges industrielles. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.9.4 Valeurs indicatives

Le nombre annuel de creux de tension est imprévisible et varie énormément d'un endroit à l'autre. En zone urbaine, là où le réseau de distribution est majoritairement souterrain, on observe en moyenne de 1 à 4 creux de tension par mois. Dans les zones rurales, ce nombre est plus important. En général, les creux de tension durent moins d'une seconde et présentent une amplitude inférieure à 60%.

---

\*\* L'annexe A présente, à titre informatif, les occurrences maximales des coupures brèves et des creux de tension mesurés à neuf sites basse tension du réseau d'Hydro-Québec

†† Si l'amplitude de la tension permanente est comprise entre 90% et 85 % de la tension nominale, le seuil de détection utilisé est de 85 % au lieu de 90% (par exemple, 102V pour une tension nominale de 120V).

## 5.10 SURTENSIONS TEMPORAIRES

### 5.10.1 Description

Les surtensions temporaires sont des hausses soudaines de la valeur efficace de la tension de plus de 110% de la tension nominale, laquelle se rétablit après une courte durée. Les surtensions temporaires comprennent des durées entre 8 millisecondes et une minute.

### 5.10.2 Causes

Les surtensions temporaires peuvent être attribuables à des défauts, à des délestages de charge ou à des phénomènes de résonance et de ferrorésonance. Le plus souvent, elles résultent des surtensions qui se produisent sur les phases saines lors de courts-circuits monophasés à la terre, par exemple.

### 5.10.3 Méthode d'évaluation

On mesure l'amplitude de la surtension temporaire et la durée pendant laquelle la tension efficace de l'une des phases — évaluée à chaque cycle consécutif de 60 Hz — passe au-dessus du seuil de 110% de la tension nominale. On poursuit la mesure jusqu'à ce que la tension des trois phases tombe à nouveau sous ce seuil. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.10.4 Valeurs indicatives

L'importance des surtensions qui se manifestent lors de courts-circuits monophasés à la terre varie en fonction de l'endroit du défaut, de l'impédance du réseau et du régime de mise à la terre du neutre, comme suit :

- dans le cas des réseaux dont le neutre est effectivement mis à la terre, les surtensions phase-terre survenant sur les phases saines sont généralement inférieures à 140 % et ont une durée typique de quelques cycles à quelques secondes, suivant la rapidité des dispositifs de protection utilisés pour éliminer le défaut ;
- dans le cas des réseaux dont le neutre est isolé ou flottant, les surtensions phase-terre survenant sur les phases saines peuvent atteindre 180 %\*, et les réseaux de ce type sont conçus en fonction de ces contraintes.

---

Note: Des surtensions plus élevées peuvent se manifester en cas de défaut d'arc à la terre, quand la mise à la terre est de type capacitif, mais cette situation serait anormale.

## 5.11 VARIATIONS DE FRÉQUENCE

### 5.11.1 Description

La fréquence nominale de la tension alternative fournie par le réseau d'Hydro-Québec est de 60 Hz. Cette valeur est déterminée par la vitesse des alternateurs des centrales.

### 5.11.2 Causes de variations

Le maintien de la fréquence d'un réseau dépend de l'équilibre établi entre la charge et la puissance des centrales. Comme cet équilibre évolue dans le temps, il en résulte de petites variations de fréquence dont la valeur et la durée dépendent des caractéristiques de la charge et de la réponse de la production. Par ailleurs, le réseau peut être soumis à des variations plus importantes dues à des défauts ou des variations de charge ou de production qui causent des variations de fréquence temporaires dont l'amplitude et la durée dépendent de la sévérité de la perturbation<sup>‡‡</sup>.

### 5.11.3 Méthode d'évaluation

L'évaluation est fondée sur la mesure de la valeur moyenne de la fréquence fondamentale de la tension en réseau évaluée sur des échantillons de 12 cycles consécutifs. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.11.4 Valeur cible

La valeur suivante est basée sur la norme CENELEC-EN50160 [1]. Dans les conditions normales d'exploitation, la fréquence du réseau principal est maintenue dans une plage inférieure à plus ou moins 1% ou 0,6 Hz (soit de 59,4 Hz à 60,6 Hz), pendant au moins 99 % du temps sur une période de mesure d'une semaine.

---

<sup>‡‡</sup> L'annexe B présente, à titre informatif, des statistiques de variations maximales de fréquence en régime perturbé relevées sur le réseau de transport principal d'Hydro-Québec entre Février 1991 et décembre 1998. Aussi, on peut constater que les variations de fréquence en conditions normales, sont inférieures aux valeurs cibles.

Remarque : Des variations de fréquence plus élevées, par exemple, de plus ou moins 4 Hz par rapport à la fréquence fondamentale de 60 Hz (56 Hz à 64 Hz), peuvent se produire temporairement sur des parties de réseau qui se retrouveraient îlotées à la suite de perturbations majeures ou de pannes.

## **5.12 VARIATIONS RAPIDES DE TENSION**

### **5.12.1 Description**

Les variations rapides de tension sont des variations soudaines, mais relativement faibles, de la tension se produisant à l'intérieur des plages définies pour l'amplitude de la tension en régime permanent.

Les variations rapides de tension occasionnelles n'ont pas nécessairement beaucoup d'effet sur le papillotement, mais elles peuvent perturber certains équipements et doivent par conséquent être limitées en amplitude.

### **5.12.2 Causes**

La plupart du temps, elles résultent de variations de la charge des clients ou de manœuvres sur le réseau. Elles peuvent être occasionnelles ou répétitives.

### **5.12.3 Méthode d'évaluation**

Il s'agit d'établir la différence maximale des tensions efficaces entre deux intervalles, choisis parmi trois intervalles consécutifs de trois secondes. La valeur efficace de la tension est évaluée sur des intervalles de temps d'intégration de trois secondes. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### **5.12.4 Valeurs indicatives**

Dans les conditions habituelles d'exploitation l'amplitude des variations rapides de tension ne devrait pas, de façon générale, excéder 8 % de la tension nominale. Dans certains environnements particuliers (un parc industriel par exemple), elles peuvent atteindre 10 % de la tension nominale.

## 5.13 SURTENSIONS TRANSITOIRES - BASSE TENSION

### 5.13.1 Description

On classe généralement dans cette catégorie les perturbations de très courte durée, qui durent typiquement moins d'un demi-cycle, c'est-à-dire de quelques microsecondes ( $\mu\text{s}$ ) à plusieurs millisecondes (ms). Les surtensions transitoires peuvent être unidirectionnelles ou oscillatoires et elles peuvent endommager les isolants de l'appareillage ou des composants électroniques.

### 5.13.2 Causes

Les surtensions peuvent être reliées à :

- des manœuvres sur les lignes et les équipements en réseau, notamment des commutations de batteries de condensateurs qui se traduisent par une onde oscillatoire amortie superposée à l'onde fondamentale et présentent une fréquence généralement comprise entre 100 Hz et 9 kHz, et d'une durée de crête inférieure à  $\frac{1}{2}$  cycle ;
- des commutations de charges inductives qui se traduisent par des transitoires à front raide dont le temps de montée typique varie entre 0,5  $\mu\text{s}$  à 5  $\mu\text{s}$ ;
- la foudre qui se traduit à l'extérieur des bâtiments par une impulsion unidirectionnelle présentant, dans les cas les plus rapides, un temps de montée de l'ordre de la microseconde et une valeur crête pouvant atteindre 10 kV, voire 20 kV;
- la foudre qui se traduit à l'intérieur des bâtiments par une onde oscillatoire amortie caractérisée par une fréquence de 5 kHz à 500 kHz, un temps de montée inférieur à une microseconde et une valeur crête typiquement limitée à 6 kV,.

Les surtensions transitoires diminuent rapidement à mesure que la distance entre la source de perturbation et la charge réceptrice augmente. Pour certains équipements à éléments inductifs, le facteur  $dU/dt$  peut être important.

### 5.13.3 Méthode d'évaluation

L'évaluation consiste à mesurer la forme d'onde de tension et sa valeur crête instantanée avec une chaîne de mesure dont la bande passante est suffisante par rapport à la fréquence des phénomènes considérés. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.13.4 Valeurs indicatives

Les valeurs crêtes des surtensions transitoires en circuit ouvert (pire cas) se limitent généralement à 6kV à l'intérieur des bâtiments et à 10kV ou 20 kV à l'extérieur. Ces valeurs ont été établies en fonction des tensions d'isolement des installations basses tension. En pratique ces valeurs seront réduites considérablement par la présence des charges raccordées et de leurs dispositifs de protection.

Dans le cas de la mise sous tension de batteries de condensateurs shunt, manœuvre fréquente sur le réseau, l'amplitude de la surtension transitoire est typiquement inférieure à 2 fois la tension ligne-terre crête du réseau. Cette valeur peut être plus élevée en présence de réflexion d'onde ou de résonance entre les équipements du client et le réseau d'alimentation.

## 5.14 SURTENSIONS TRANSITOIRES - MOYENNE TENSION

### 5.14.1 Description

On classe généralement dans cette catégorie les perturbations de très courte durée, qui durent typiquement moins d'un demi-cycle, c'est-à-dire de quelques microsecondes ( $\mu\text{s}$ ) à plusieurs millisecondes (ms). Les surtensions transitoires peuvent être unidirectionnelles ou oscillatoires et elles peuvent endommager les isolants de l'appareillage ou des composantes électroniques.

### 5.14.2 Causes

Les surtensions peuvent être reliées à :

- des manœuvres sur les lignes et les équipements en réseau, notamment des commutations de batteries de condensateurs qui se traduisent par une onde oscillatoire amortie superposée à l'onde fondamentale et présentent une fréquence généralement comprise entre 100 Hz et 9 kHz, et d'une durée de crête inférieure à  $\frac{1}{2}$  cycle ;
- la foudre qui se traduit généralement par une impulsion unidirectionnelle présentant, dans les cas les plus rapides, un temps de montée de l'ordre de la microseconde. Ces surtensions transitoires font l'objet d'une attention particulière pour la coordination de l'isolement des équipements raccordés au réseau moyenne tension ; divers documents en traitent dont les normes ACNOR CAN3-C308 [4] et CEI 71 [6].

### 5.14.3 Méthode d'évaluation

L'évaluation consiste à mesurer la forme d'onde de tension et sa valeur crête instantanée avec une chaîne de mesure dont la bande passante est suffisante par rapport à la fréquence des phénomènes considérés. La méthode de mesure est décrite à la référence [2].

### 5.14.4 Valeurs indicatives

Dans le cas de la mise sous tension de batteries de condensateurs shunt, manœuvre fréquente sur le réseau, l'amplitude de la surtension transitoire est typiquement inférieure à 2 fois la tension ligne-terre crête du réseau. Cette valeur peut être plus élevée en présence de réflexion d'onde ou de résonance entre les équipements du client et le réseau d'alimentation.

## 6. Références :

Ce document est basé sur les travaux du Groupe de travail inter-unités sur les caractéristiques des tensions d'alimentation et sur les références suivantes :

- [1] Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution, Norme CENELEC EN50160 :1994.
- [2] Méthodes de mesures des caractéristiques et cibles de qualité de tension fournie par le réseau d'Hydro-Québec. IREQ, 1<sup>er</sup> Décembre 2000
- [3] Tensions recommandées pour les réseaux à courant alternatifs de 0 à 50 000V , Norme ACNOR CAN3-C235-83.
- [4] Techniques d'essai et de mesure – Section 15 : Flickermètre – Spécifications fonctionnelles et de conception. Norme CEI 61000-4-15 :1997
- [5] The Principle and Practice of Insulation Coordination - Electric Power Systems and Equipment. Norme ACNOR CAN3-C308-M85.
- [6] Coordination de l'isolement, Parties I et 2. Normes CEI 71-1 et 71-2.

## ANNEXE A (informative)

### STATISTIQUES : CREUX DE TENSION ET COUPURES BRÈVES SUR LE RÉSEAU MOYENNE TENSION

Les données qui suivent proviennent d'une campagne de mesure menée en milieu industriel pendant la période 1995-1996.

Les deux tableaux suivants positionnent les phénomènes dans la grille des creux de tension qui sont normalement générés sur le réseau d'alimentation. Le premier identifie les événements qui génèrent les creux de tension typiquement attribuables aux clients.

#### Creux générés par le client

AMPL/DURÉE->	<0,1s	0,1s<t<0,5s	0,5s<t<1 s	1s<t<3s	3s<t<20s	20s<t<60 s	>60s
10% ... <15%	Variation de charge		Démarrage de charge motrice				
15% ... <30%							
30% ... <60%						Défaut au client	
60% ... <100%							
100%	Défaut intempestif au client						

Le second positionne les creux de tension générés typiquement par les événements attribuables au réseau Hydro-Québec. Ces événements sont principalement causés par le circuit de protection du réseau. Celui-ci est réglé de façon à donner la meilleure qualité de service à l'ensemble des clients. Par exemple, sur le réseau aérien, Hydro-Québec utilise du réenclenchement qui permet de rétablir le service sur des défauts temporaires (animaux, branche d'arbre, etc...) à l'intérieur de quelques secondes. Le nombre de défauts temporaires est trois fois plus élevé que les défauts permanents.

## Creux provenant du réseau

AMPL/DURÉE->	<0,1s	0,1s<t<0,5s	0,5s<t<1s	1s<t<3s	3s<t<20s	20s<t<60s	>60s		
10% ... <15%	Élément instantané de la protection			Court-circuit distant ou charge de d'autre client			Baisse de tension		
15% ... <30%				Élément temporisé					
30% ... <60%									
60% ... <100%									
100%				Réenclenchement sur la même artère			Perte d'Alim.		

Les mesures ont été prises en phase-neutre durant la campagne de mesure. Lorsque les équipements sont connectés phase à phase, l'amplitude vue des creux de tension est moindre. Selon les statistiques de l'étude, près de 60% des creux de tension sont monophasés.

À titre indicatif, le tableau suivant fournit les résultats des mesures de creux de tension recensés sur le réseau d'Hydro-Québec à 17 sites au Québec. Il représente la valeur moyenne du nombre de creux de tension par année basée sur les mesures effectuées.

Moyenne des occurrences des 17 sites (sur une base annuelle).

## Creux provenant du réseau

AMPL/DURÉE->	<0,1s	0,1s<t<0,5s	0,5s<t<1s	1s<t<3s	3s<t<20s	20s<t<60s	>60s	Total
10% ... <15%	174.3	23.0	6.9	3.2	2.8	1.2	1.8	213.2
15% ... <30%	32.1	10.7	3.5	0.0	0.0	0.4	0.8	47.5
30% ... <60%	11.8	3.9	1.5	1.1	0.0	0.0	0.3	18.6
60% ... <100%	2.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	3.3
100%	0.6	0.0	0.0	2.7	4.2	0.2	4.6	12.3
<b>total =</b>								295.0

En ce qui concerne les résultats des creux de tension provenant des opérations normales des clients, ils dépendent beaucoup des installations de chaque client. Dans le cadre de cette campagne de mesure, les appareils ont été installés chez des clients fortement perturbateurs (fours à arc, démarrage de moteurs de fortes puissance...). Les résultats ne sont donc pas représentatifs des creux de tension typiques. C'est pourquoi ils ne sont pas inclus au présent document.

## ANNEXE B (informative)

### STATISTIQUES DE VARIATIONS DE FRÉQUENCE

Les statistiques suivantes sont fondées sur la mesure des valeurs maximales de variations de fréquence en régime perturbé relevées sur le réseau principal d'Hydro-Québec entre Février 1991 et décembre 1998. L'occurrence moyenne est évaluée sur une base annuelle d'après les statistiques compilées sur les événements survenus pendant cette période.

VARIATIONS DE FRÉQUENCE (DF)	CONDITIONS DU RÉSEAU	OCCURRENCE MOYENNE	DURÉE TYPIQUE
+ 0,5 Hz à + 1 Hz	Régimes perturbés rares	Une fois l'an	-
+ 0,20 Hz à + 0,5 Hz	Régimes perturbés fréquents	24 fois l'an	Typiquement moins de 10 s, mais peut exceptionnellement durer plusieurs minutes.
<b>± 0,20 Hz</b>	<b>Conditions normales sans perturbations</b>		<b>Régime permanent</b>
- 0,20 Hz à - 0,5 Hz	Régimes perturbés fréquents	49 fois l'an	Typiquement moins de 10 s, mais peut exceptionnellement durer plusieurs minutes.
- 0,5 Hz à - 1 Hz	Régimes perturbés fréquents	20 fois l'an	
- 1 Hz à - 1,5 Hz	Régimes perturbés rares	Moins d'une fois l'an	-
Remarque : Des variations de fréquence plus élevées, par exemple, de plus ou moins 4 Hz par rapport à la fréquence fondamentale de 60 Hz (56 Hz à 64 Hz), peuvent se produire temporairement sur des parties de réseau îlotées à la suite de perturbations majeures ou de pannes.			

## **ANNEXE C**

### **EXTRAITS DU RÈGLEMENT NUMÉRO 634**

### **SUR LES CONDITIONS DE FOURNITURE DE L'ÉLECTRICITÉ**

**Loi sur Hydro-Québec, (L.R.Q., c.H-5, a.22.0.1)**

### **EXTRAITS DU RÈGLEMENT NUMÉRO 634**

### **SUR LES CONDITIONS DE FOURNITURE DE L'ÉLECTRICITÉ**

**Loi sur Hydro-Québec, (L.R.Q., c.H-5, a.22.0.1)**

La mention de certaines dispositions du règlement 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité n'a pas pour effet de rendre inapplicables l'ensemble des dispositions dudit règlement.

**64.** L'installation électrique du client doit correspondre aux renseignements que celui-ci a fournis à Hydro-Québec en vertu de l'article 76 et elle doit permettre le raccordement à la tension fournie par Hydro-Québec.

Cette installation doit être approuvée ou autorisée par une autorité ayant juridiction en la matière en vertu de toute disposition législative ou réglementaire applicable et elle doit être construite, branchée, protégée, utilisée et entretenue de façon à ne pas causer de perturbation au réseau, à ne pas nuire à la qualité de la fourniture de l'électricité aux installations des autres clients et à ne pas mettre en danger la sécurité des représentants d'Hydro-Québec.

**66.** Le client doit assurer la protection des biens et la sécurité des personnes qui se trouvent aux endroits où l'électricité est fournie ou livrée et il est responsable de se prémunir contre les conséquences de toute interruption de la fourniture et de la livraison de l'électricité et il doit protéger son installation électrique et ses appareils contre les variations ou pertes de tension, les variations de fréquence et les mises à la terre accidentelles.

**67.** Le type, les caractéristiques et le réglage des appareils de protection du client doivent permettre la coordination entre la protection du client et celle d'Hydro-Québec.

**68.** Lorsque l'électricité est fournie en moyenne ou en haute tension par plusieurs lignes, le client doit l'utiliser par les lignes qu'Hydro-Québec lui désigne.

Si l'une des lignes désignées fait défaut ou requiert une mise hors tension, le client doit utiliser, à la suite d'une autorisation ou d'une demande d'Hydro-Québec, l'électricité par une autre ligne que lui désigne Hydro-Québec et ce, uniquement pour la durée des travaux, à moins qu'Hydro-Québec ne lui indique une période d'utilisation plus longue.

**69.** Le client ne peut utiliser un appareillage de production d'électricité en parallèle au réseau d'Hydro-Québec à moins d'obtenir une autorisation écrite d'Hydro-Québec.

**70.** Lorsque le client installe un groupe électrogène d'urgence, celui-ci doit être doté d'un appareil de communication à commande manuelle ou automatique autorisé par Hydro-Québec.

**71.** Le client doit informer immédiatement Hydro-Québec de toute défektivité électrique ou mécanique de son installation électrique susceptible de perturber le réseau d'Hydro-Québec, de nuire à l'alimentation des autres clients ou de mettre en danger la sécurité des biens ou des personnes.

**72.** Lorsque l'électricité est fournie en moyenne ou en haute tension, Hydro-Québec doit pouvoir, pour assurer la gestion de son réseau, communiquer en tout temps avec des personnes autorisées selon la Loi sur les maîtres électriciens (L.R.Q., c. M-3), que lui désigne le client.

Le client doit informer immédiatement Hydro-Québec du remplacement de ces personnes.

**74.** Le client doit utiliser l'électricité selon la limite de puissance disponible, de façon à ne pas causer de perturbation au réseau d'Hydro-Québec, à ne pas nuire à la fourniture de l'électricité aux autres clients et à ne pas mettre en danger la sécurité des représentants d'Hydro-Québec.

**76.** Le client fournit à Hydro-Québec les renseignements relatifs à son utilisation de l'électricité et aux caractéristiques de ses installations électriques, nécessaires à la gestion du réseau ou pour en assurer la sécurité. Il doit avertir immédiatement Hydro-Québec de tout changement dans les renseignements fournis.

**94.** Hydro-Québec livre et fournit l'électricité sous réserve des interruptions pouvant résulter d'une situation d'urgence, d'un accident, d'un bris d'équipement ou du déclenchement de l'appareillage de protection du réseau.

**95.** Hydro-Québec peut interrompre, en tout temps, la fourniture ou la livraison de l'électricité aux fins de l'entretien, de la réparation, de la modification ou de la gestion du réseau ou pour des fins d'utilité publique ou de sécurité publique.

**102.** Hydro-Québec ne garantit pas le maintien à un niveau stable de la tension et de la fréquence, ni la continuité de la fourniture et de la livraison de l'électricité. Elle ne peut en aucun cas, tant du point de vue contractuel qu'extra contractuel, être tenue responsable des préjudices causés aux biens résultant de la fourniture ou de la livraison de l'électricité ou du défaut de fournir ou de livrer l'électricité, ou résultant d'une mise à la terre accidentelle, d'une défaillance mécanique sur son réseau, de toute interruption de service visée à la section V du chapitre VI, de variations de fréquence ou de variations de la tension de fourniture.

Hydro-Québec ne peut être tenue responsable des préjudices résultant d'une tension de fourniture en régime permanent qui n'excède pas les limites suivantes:

1° si l'électricité est fournie en basse et moyenne tension, selon la norme prévue à l'article 18;

2° si l'électricité est fournie en haute tension, un écart jusqu'à plus ou moins 10% par rapport à la tension nominale de fourniture.

Hydro-Québec ne peut être tenue responsable des préjudices résultant de cas de force majeure, y compris lorsque ceux-ci causent des variations de la tension de fourniture qui excèdent les limites de variations de tension mentionnées au deuxième alinéa.

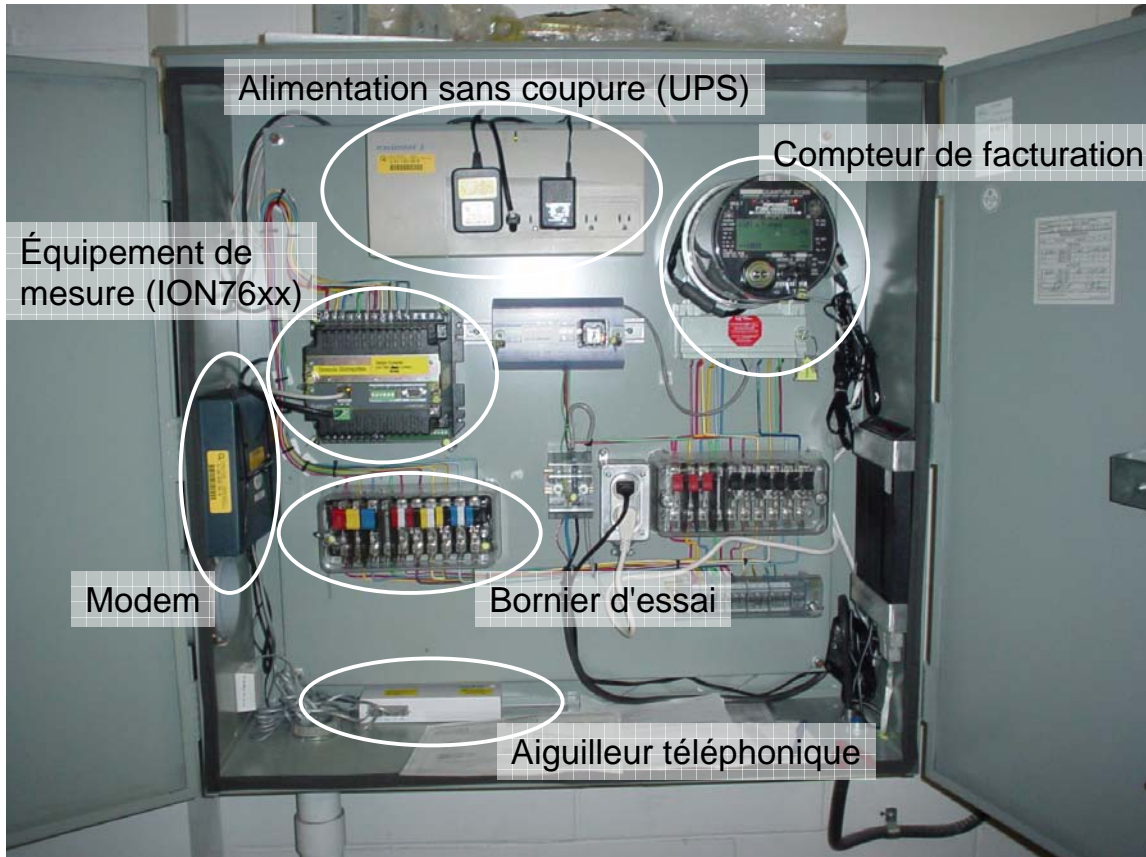
**104.** Tout abonnement et toute entente conclus en vertu du présent règlement, toute installation effectuée par Hydro-Québec et tout raccordement du réseau à l'installation électrique du client, toute autorisation donnée par Hydro-Québec, toute inspection ou vérification effectuée par elle et la fourniture ou la livraison de l'électricité par elle ne constituent pas et ne doivent pas être interprétés comme constituant une évaluation ni une garantie par Hydro-Québec de la valeur fonctionnelle, du rendement ou de la sécurité des installations du client, dont son installation électrique et ses appareils de protection, ni de leur conformité à toute disposition législative ou réglementaire applicable.

Lorsque le client n'utilise pas l'électricité conformément à l'article 74, il est responsable de tout préjudice causé à d'autres clients ou à Hydro-Québec



**ANNEXE 3**  
**PHOTO D'UNE INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS DU**  
***SERVICE SIGNATURE***







**ANNEXE 4**  
**TEXTE DES TARIFS ET CONDITIONS DU**  
**DISTRIBUTEUR - *SERVICE SIGNATURE***



1 **La présente section 3 s'ajoute au chapitre 11 du texte des tarifs et**  
2 **conditions du Distributeur et entre en vigueur le 1<sup>er</sup> avril 2008. Le titre du**  
3 **chapitre 11 est modifié et remplacé par Tarifs des services.**

4 **Section 3 Service Signature**

5 11.16 Domaine d'application

6 La présente section décrit les tarifs et les conditions qui s'appliquent au service  
7 Signature, offert par le Distributeur aux abonnés des tarifs généraux de grande  
8 puissance.

9 11.17 Description du service

10 Le service Signature comporte un service de base et deux options  
11 complémentaires.

12 Le service de base comprend les prestations suivantes :

- 13 - la transmission automatique d'un avis chaque fois qu'un événement  
14 électrique entraîne une perte de charge chez le client. L'avis est transmis au  
15 responsable du client par courriel ou par cellulaire, peu importe l'heure ou le  
16 jour ;
- 17 - un rapport hebdomadaire décrivant la qualité de l'électricité livrée ainsi qu'un  
18 relevé et un balisage des creux de tension ;
- 19 - un bilan annuel des indicateurs de la qualité de l'électricité et un balisage du  
20 comportement des charges ;
- 21 - une mesure en continu de la qualité de l'électricité, effectuée au moyen  
22 d'appareils fournis par le Distributeur ;
- 23 - le recours aux experts du Distributeur et d'Hydro-Québec TransÉnergie ;
- 24 - une formation d'une demi-journée.

1 Le client peut aussi se prévaloir des options suivantes :

- 2 - un suivi en continu des harmoniques ;
- 3 - un tableau de bord local qui comprend les principaux paramètres mesurés.

4 11.18 Tarif du service de base

5 Des frais annuels de 15 000 \$ s'appliquent au premier point de livraison. Des  
6 frais annuels de 10 000 \$ s'appliquent à chaque point de livraison additionnel.

7 11.19 Tarifs des options

8 Des frais annuels de 5 000 \$ s'appliquent au suivi des harmoniques, et des frais  
9 annuels de 500 \$ s'appliquent au tableau de bord local.

10 11.20 Conditions d'admissibilité

11 Pour être admissible, le client doit satisfaire aux conditions suivantes :

- 12 a) il doit permettre l'accès à son site à des fins d'installation et d'entretien des  
13 appareils de mesure ;
- 14 b) il doit disposer des équipements informatiques appropriés et d'une connexion  
15 Internet.

16 11.21 Modalités d'adhésion

17 Pour adhérer au service Signature, le client doit en faire la demande au  
18 Distributeur.

19 De plus, le client doit signer avec le Distributeur une entente écrite dans laquelle  
20 il s'engage à adhérer au service pour une période initiale de 12 mois consécutifs.  
21 Si le client met fin à son engagement avant la fin de la période initiale de  
22 12 mois, il sera dans l'obligation d'acquitter le tarif pour toute la durée de la  
23 période initiale.

1 À la fin de l'engagement initial de 12 mois, l'entente continue de s'appliquer pour  
2 une durée minimale d'une période de consommation. L'entente est reconduite à  
3 chaque période de consommation, à moins que le client ou le Distributeur mette  
4 fin à l'entente.

5 Le client ou le Distributeur peut mettre fin à l'entente moyennant un préavis écrit  
6 d'au moins une période de consommation. À la fin de l'entente, le Distributeur  
7 récupère les appareils de mesure et de communication connexes installés dans  
8 l'armoire de mesurage.

9 **11.22 Date d'adhésion**

10 Le service est offert sous réserve de la signature de l'entente écrite entre le client  
11 et le Distributeur prévue à l'article 11.21. Les frais sont appliqués à compter de la  
12 première période de consommation complète suivant la date où le service est  
13 mis à la disposition du client.

14 **11.23 Responsabilité**

15 Le Distributeur ne peut être tenu responsable de la précision des informations,  
16 des données et des rapports fournis dans le cadre du service, de leur  
17 accessibilité ni des décisions que le client pourrait prendre à partir de ceux-ci.



**ANNEXE 5**  
**HYPOTHÈSES POUR LE CALCUL DES REVENUS,  
DES CHARGES ET DES INVESTISSEMENTS**



1 **Hypothèses de base à la prévision des revenus**

- 2       • 250 abonnements dont plus de 120 abonnements desservis par plus d'un  
3       point de mesure
- 4       • environ 30 % des clients au *Service Signature* avec deux points de  
5       mesure
- 6       • abonnements d'une année complète débutant au 1<sup>er</sup> janvier

7 Tableau résumant le nombre de clients par point de mesure :

	<u>2008</u>	<u>2009</u>	<u>2010</u>	<u>2011</u>	<u>2012</u>
<b>2 points de mesure</b>	5	5	7	8	9
<b>1 point de mesure</b>	9	12	15	19	21
<b>Revenus (k\$)</b>	260,0	305,0	400,0	485,0	540,0

8

9 **Hypothèses à la base de l'établissement du tarif du service de base**

10 Investissements :

- 11       • coût total des équipements (équipement de mesure, modem, UPS, etc.) :  
12       8 585 \$
- 13       • coût de l'installation initiale des équipements : 1 000 \$
- 14       • durée de vie utile de l'équipement de 10 ans
- 15       • amortissement à taux croissant à 3 %, conforme aux pratiques  
16       comptables en usage dans l'entreprise
- 17       • appareil de mesure supplémentaire par point de mesure additionnel :  
18       7 655 \$

1 Dépenses :

- 2 • taux reflétant une entente entre le Distributeur et Hydro-Québec
- 3 TransÉnergie
- 4 • exploitation de l'infrastructure de mesure :
  - 5 ○ 26 heures par an par point de mesure
  - 6 ○ 0,5 journée par semaine pour l'entretien du serveur informatique
- 7 • service d'expertise :
  - 8 ○ 10 heures par an par client
- 9 • démantèlement et réinstallation des équipements :
  - 10 ○ coût de démantèlement : 500 \$
  - 11 ○ coût de réinstallation: 1 000 \$
  - 12 ○ 30 % des sites de l'année précédente
- 13 • formation :
  - 14 ○ 0,5 jour de préparation
  - 15 ○ 0,5 jour de formation
- 16 • coûts de commercialisation :
  - 17 ○ 5 000 \$ par an

18 **Option « Suivi des harmoniques » :**

- 19 • 20 jours de développement pour la trame des rapports de suivi
- 20 • 2 jours par client pour adapter la programmation au cas spécifique
- 21 • potentiel de 4 clients prévus sur une période d'un an

1 **Option « Tableau de bord local » :**

- 2       • ajout d'une interface entre l'équipement de mesure et les équipements du  
3       client : 500 \$
- 4       • application maison fournie pour afficher les données

5 **Paramètres économiques et financiers approuvés pour l'année 2007 :**

- 6       • tels que décrits à la pièce HQD-1, document 2.1.