

# ***Limites d'émission de perturbations dans le réseau de transport d'Hydro-Québec***

**Version finale à la suite de la décision D-2022-088**





# **Limites d'émission de perturbations dans le réseau de transport d'Hydro-Québec**

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Définitions</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Objet</b>	<b>6</b>
2.1	Domaine d'application	6
2.2	Généralités	6
<b>3</b>	<b>Limites d'émission</b>	<b>7</b>
3.1	Niveau d'émission	7
3.2	Respect des limites d'émission	7
3.2.1	Évaluation simplifiée	7
3.2.2	Évaluation détaillée	7
3.3	Paramètres du <i>réseau de transport</i>	8
3.3.1	Point d'évaluation	8
3.3.2	Puissance de court-circuit du <i>réseau</i> ( $S_{cc}$ )	8
3.3.3	Puissance de référence ( $S_r$ ) et courant de référence ( $I_r$ )	8
3.4	Conditions de fonctionnement de l' <i>installation</i>	9
3.4.1	Conditions générales de fonctionnement de l' <i>installation</i>	9
3.4.2	Conditions occasionnelles de fonctionnement de l' <i>installation</i>	9
3.5	Étude d'émission	9
3.6	Mesure du niveau d'émission	10
3.7	Informations requises	10
<b>4</b>	<b>Variations rapides de tension (VRT)</b>	<b>11</b>
4.1	Évaluation simplifiée	11
4.2	Limites d'émission des VRT	11
4.3	Niveau d'émission des VRT	12
4.4	Étude d'émission des VRT	12
<b>5</b>	<b>Papillotement</b>	<b>14</b>
5.1	Évaluation simplifiée	14
5.2	Limite d'émission de papillotement	15
5.3	Niveau d'émission de papillotement	15
5.4	Étude d'émission de papillotement	16
<b>6</b>	<b>Déséquilibre de charge ou de courant</b>	<b>17</b>
6.1	Évaluation simplifiée	17
6.2	Limites d'émission de déséquilibre de charge ou de courant	17
6.2.1	Limites d'émission de déséquilibre de courant – <i>installation</i>	18
6.2.2	Limite d'émission de déséquilibre de tension – trains électriques	19
6.3	Niveau d'émission de déséquilibre de charge ou de courant	19
6.4	Étude d'émission de déséquilibre de charge ou de courant	20
<b>7</b>	<b>Harmoniques</b>	<b>21</b>
7.1	Évaluation simplifiée	21
7.2	Limites d'émission d'harmoniques	22
7.2.1	Limites d'émission des courants harmoniques	22
7.2.2	Limite du facteur d'amplification harmonique	24
7.3	Limite d'émission d'influence téléphonique	24
7.3.1	Limite spécifique	26

7.3.2	Exemption.....	26
7.4	Niveau d'émission d'harmoniques.....	26
7.4.1	Lieux d'impédance harmonique.....	27
7.4.2	Émission des harmoniques non caractéristiques.....	28
7.4.3	Harmoniques fluctuants et interharmoniques.....	28
7.5	Niveau d'émission d'influence téléphonique.....	28
7.6	Étude d'émission d'harmoniques.....	29
<b>8</b>	<b>Interharmoniques.....</b>	<b>31</b>
8.1	Évaluation simplifiée.....	31
8.2	Limites d'émission d'interharmoniques.....	31
8.2.1	Limites d'émission des courants interharmoniques.....	31
8.2.2	Limite du facteur d'amplification harmonique (ou interharmonique).....	33
8.3	Niveau d'émission d'interharmoniques.....	33
8.4	Étude d'émission d'interharmoniques.....	34
	<b>Liste des documents de référence obligatoires.....</b>	<b>40</b>

## Liste des annexes

Annexe A	Informations techniques requises et procédure générale pour l'évaluation du respect des limites d'émission.....	36
Annexe B	Indications générales sur la mesure des perturbations de l'onde électrique.....	37

## Liste des tableaux

Tableau 1	: Limites d'émission des VRT.....	11
Tableau 2	: Limites d'émission des variations relatives de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) pouvant causer du papillotement.....	14
Tableau 3	: Limite d'émission de papillotement ( $P_{st}$ ).....	15
Tableau 4	: Limite du taux de composante inverse de courant ( $I_2/I_r$ ).....	18
Tableau 5	: Limite d'émission de déséquilibre de tension ( $U_2/U_1$ ) relatif aux trains électriques.....	19
Tableau 6	: Puissance triphasée totale maximale des équipements générateurs d'harmoniques.....	21
Tableau 7	: Limites des taux de courants harmoniques individuels impairs $I_{h,n}/I_r$ (%), en conditions générales.....	22
Tableau 8	: Limites des taux de courants harmoniques individuels pairs $I_{h,n}/I_r$ (%), en conditions générales.....	22
Tableau 9	: Limite du taux de distorsion harmonique de courant (THD <sub>I</sub> ), en conditions générales.....	23
Tableau 10	: Limite du facteur d'amplification harmonique (FA <sub>n</sub> ) en conditions générales et en conditions occasionnelles.....	24
Tableau 11	: Facteurs de pondération $W_n$ pour l'influence téléphonique.....	25
Tableau 12	: Limite d'émission d'influence téléphonique (produit $I \cdot T_{\text{équilibré}}$ ).....	25
Tableau 13	: Taux de déséquilibre de tension ( $U_2/U_1$ ) dans le <i>réseau de transport</i> en fonction de la <i>tension nominale</i> au point d'évaluation, spécifiés pour l'évaluation des niveaux d'émission d'harmoniques non caractéristiques.....	28
Tableau 14	: Limites des taux de courants interharmoniques individuels $I_{ih,n}/I_r$ (%), en conditions générales.....	32

# 1 Définitions

Les mots ou expressions en caractères italiques dans le texte sont définis ci-après.

## ***alternateur synchrone***

L'*alternateur synchrone* au sens des *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*, telles qu'elles sont approuvées de temps à autre par la Régie de l'énergie.

## ***génératrice asynchrone***

La *génératrice asynchrone* au sens des *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*, telles qu'elles sont approuvées de temps à autre par la Régie de l'énergie.

## ***haute tension***

Au sens des *Conditions de service d'électricité*, telles qu'elles sont approuvées de temps à autre par la Régie de l'énergie, toute *tension nominale* entre phases de 44 kV et plus.

## ***installation***

Dans le présent document, l'expression *installation* vise l'*installation* de client au sens des *Exigences techniques de raccordement d'installations de client au réseau de transport d'Hydro-Québec*, telles qu'elles sont approuvées de temps à autre par la Régie de l'énergie, et la centrale au sens des *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*, telles qu'elles sont approuvées de temps à autre par la Régie de l'énergie, sauf l'*installation* raccordée à 735 kV. Les limites d'émission de *perturbations* sont établies au cas par cas par le *Transporteur* pour toute *installation* raccordée ou à raccorder à 735 kV. Dans ce dernier cas, les limites d'émission de *perturbations* établies, au cas par cas, au niveau de tension à 735 kV feront l'objet d'une approbation spécifique de la part de la Régie de l'énergie, et ce en vertu de l'article 73.1 de la *Loi sur la Régie de l'énergie*.

## ***perturbation***

Dans le présent document, l'expression *perturbation* fait référence à la *perturbation* de l'onde électrique.

La *perturbation* de l'onde électrique correspond à tout phénomène causant une variation sur l'onde de tension ou de courant pour ce qui est de son amplitude, sa fréquence, sa forme ou la symétrie du système triphasé.

## ***réseau***

Le *réseau* au sens du *Glossaire des termes et des acronymes relatifs aux normes de fiabilité* et ses modifications telles qu'elles sont adoptées de temps à autre par la Régie de l'énergie.

Aux fins de calcul des valeurs d'impédance harmonique du *réseau* (à la section 7.4.1), ce dernier inclut également la charge et toutes les installations raccordées au *réseau*, à l'exclusion de l'*installation*.

## ***réseau de transport***

Le *réseau de transport* au sens de l'article 1.49 des *Tarifs et conditions des services de transport d'Hydro-Québec* tels qu'ils sont approuvés de temps à autre par la Régie de l'énergie.

***tension nominale***

La *tension nominale* d'un *réseau* est une tension efficace entre phases servant à désigner un *réseau*.

Les *tensions nominales* ( $U_{nom}$ ) du *réseau de transport en haute tension* s'établissent généralement comme suit : 44 kV, 49 kV, 69 kV, 120 kV, 161 kV, 230 kV, 315 kV et 345 kV.

***Transporteur***

Hydro-Québec dans ses activités de transport d'électricité.

## 2 Objet

Le présent document établit les limites d'émission de *perturbations* de l'onde électrique dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec et les méthodes d'évaluation du niveau d'émission de ces *perturbations*.

### 2.1 Domaine d'application

Les limites d'émission de *perturbations* et les méthodes d'évaluation du niveau d'émission de ces *perturbations* s'appliquent à toute *installation* à raccorder au *réseau de transport* d'Hydro-Québec, y compris la remise en service d'une *installation* totalement ou partiellement fermée.

Elles s'appliquent également à l'*installation* raccordée au *réseau de transport* lors de toute modification de celle-ci pouvant changer ses niveaux maxima d'émission de *perturbations* comme par exemple une modification d'équipement, de mode d'exploitation ou de fonctionnement de l'*installation*.

Les limites d'émission applicables à une *installation* existante, sans modification pouvant changer ses niveaux maxima d'émission de *perturbations* depuis son raccordement, sont celles spécifiées initialement lors de la conception de l'*installation* et présentées dans son étude d'émission. Cependant, si les limites d'émission et méthodes d'évaluation définies dans le présent document sont plus permissives, celles-ci peuvent s'appliquer à l'*installation*.

### 2.2 Généralités

Les limites d'émission visent à assurer et maintenir la qualité de la tension d'alimentation fournie par le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Les limites d'émission sont définies pour les *perturbations* les plus usuelles : les variations rapides de tension, le papillotement, le déséquilibre de charge ou de courant ainsi que les harmoniques et interharmoniques.

Des limites d'émission sont établies au cas par cas pour les autres *perturbations* comme par exemple les sous-harmoniques, les harmoniques supérieures à 3 kHz ou les salves répétitives de courants harmoniques.

### 3 Limites d'émission

Les limites d'émission sont les valeurs maximales autorisées, au point d'évaluation, du niveau de *perturbations* émises par l'*installation* dans le *réseau de transport*.

Les limites d'émission et les méthodes d'évaluation du niveau d'émission des variations rapides de tension, de papillotement, de déséquilibre de charge ou de courant, d'harmoniques et d'interharmoniques sont présentées respectivement aux chapitres 4, 5, 6, 7 et 8.

#### 3.1 Niveau d'émission

Le niveau d'émission est la contribution de l'*installation* au niveau des *perturbations* susceptible d'être transmise dans le *réseau de transport* par l'*installation*.

Le niveau d'émission est évalué selon les méthodes définies dans le présent document. Ce niveau d'émission doit être inférieur aux limites d'émission au point d'évaluation.

La mesure du niveau des *perturbations* du présent document s'effectue selon les indications générales de l'annexe B. Celles-ci sont complétées par un protocole accepté par Hydro-Québec pour évaluer le niveau d'émission.

#### 3.2 Respect des limites d'émission

Une évaluation simplifiée ou le cas échéant une évaluation détaillée, montrant que l'*installation* respecte les limites d'émission, doit être fournie à Hydro-Québec pour chaque *perturbation*. L'annexe A présente les informations techniques requises et la procédure générale pour l'évaluation du respect des limites d'émission.

##### 3.2.1 Évaluation simplifiée

Pour chaque *perturbation*, si l'*installation* satisfait aux conditions d'évaluation simplifiée, Hydro-Québec doit en recevoir une confirmation écrite indiquant les valeurs des données demandées.

##### 3.2.2 Évaluation détaillée

Pour chaque *perturbation* si l'*installation* ne satisfait pas aux conditions d'évaluation simplifiée, Hydro-Québec doit recevoir une étude d'émission et lorsque spécifié par Hydro-Québec, un rapport de mesures réalisées selon un protocole accepté par Hydro-Québec.

### 3.3 Paramètres du *réseau de transport*

Les principaux paramètres suivants du *réseau de transport* servent d'intrants aux évaluations.

#### 3.3.1 Point d'évaluation

Le point d'évaluation est un point situé du côté du *réseau de transport* à *haute tension* où doit être évalué le niveau d'émission de l'*installation*. Ce point correspond généralement au point de raccordement.

Si une *installation* comporte plusieurs points de raccordement au *réseau de transport*, le niveau d'émission doit être évalué à tous ces points de raccordement.

Un autre point d'évaluation peut être spécifié par le *Transporteur* selon les caractéristiques spécifiques du *réseau de transport* et les autres *installations* raccordées à proximité.

#### 3.3.2 Puissance de court-circuit du *réseau* ( $S_{cc}$ )

La puissance de court-circuit triphasée du *réseau* ( $S_{cc}$ ) en MVA correspond au courant de court-circuit en provenance du *réseau* pour un défaut triphasé au point d'évaluation de l'*installation*.

Les valeurs théoriques de  $S_{cc}$  et du rapport  $X/R$  correspondant sont fournies par le *Transporteur* au point d'évaluation, exclusivement pour les évaluations du respect des limites d'émission, en :

- Conditions générales d'exploitation du *réseau* :  $S_{cc}$ générales et  $X/R$ générales ;
- Conditions occasionnelles d'exploitation du *réseau* :  $S_{cc}$ occasionnelles et  $X/R$ occasionnelles.

Le courant de court-circuit triphasé ( $I_{cc}$ ) du *réseau* est calculé à partir de la puissance de court-circuit triphasée ( $S_{cc}$ ) et de la *tension nominale* du *réseau* ( $U_{nom}$ ) au point d'évaluation de l'*installation* comme suit :  
$$I_{cc} = S_{cc} / (\sqrt{3} \cdot U_{nom}).$$

#### 3.3.3 Puissance de référence ( $S_r$ ) et courant de référence ( $I_r$ )

La puissance de référence ( $S_r$ ) correspond à la puissance prévue en MVA de l'*installation*. Cette puissance  $S_r$  est utilisée pour déterminer les limites d'émission applicables à l'*installation* et pour évaluer certains niveaux d'émission de l'*installation*.

Le courant de référence, aussi utilisé à cette fin, est défini par  $\{I_r = S_r / (\sqrt{3} \cdot U_{nom})\}$  où  $U_{nom}$  est la *tension nominale* du *réseau* au point d'évaluation.

Pour les *installations* autres que triphasées, le courant de référence est équivalent à celui d'une *installation* triphasée de même puissance.

### **3.4 Conditions de fonctionnement de l'*installation***

Les conditions de fonctionnement de l'*installation* suivantes servent également d'intrants à l'évaluation détaillée du respect des limites d'émission.

Certaines conditions générales ou occasionnelles de fonctionnement de l'*installation* spécifiques peuvent être indiquées par Hydro-Québec.

#### **3.4.1 Conditions générales de fonctionnement de l'*installation***

Les conditions générales de fonctionnement de l'*installation* comprennent les conditions de fonctionnement (ou d'exploitation) de l'*installation* les plus défavorables et fréquentes ou prolongées, généralement en mode simple contingence (n-1) qui, dans leur ensemble, sont susceptibles statistiquement de se produire plus de 5 % du temps annuellement.

#### **3.4.2 Conditions occasionnelles de fonctionnement de l'*installation***

Les conditions occasionnelles de fonctionnement de l'*installation* comprennent les conditions de fonctionnement (ou d'exploitation) de l'*installation* qui, dans leur ensemble, ne peuvent se produire qu'occasionnellement jusqu'à 5 % du temps annuellement. Elles correspondent notamment aux conditions avec les indisponibilités d'équipements en mode dégradé pouvant se produire de façon occasionnelle et donner lieu à un niveau d'émission accru.

### **3.5 Étude d'émission**

Une étude d'émission est réalisée, pour chaque *perturbation*, afin de démontrer que le niveau d'émission maximal prévu de l'*installation* ne dépasse pas les limites d'émission au point d'évaluation.

L'étude d'émission détermine les équipements correcteurs et les moyens de mitigation requis, le cas échéant, pour respecter les limites d'émission et en tient compte.

L'étude d'émission doit être réalisée par un ingénieur (le titre et l'exercice de la profession d'ingénieur sont assujettis aux lois, codes ou règlements applicables au Québec).

L'étude d'émission inclut les informations requises et les résultats pour chaque *perturbation*.

Le niveau d'émission est évalué selon les méthodes incluant les paramètres du *réseau de transport* ainsi que les conditions de fonctionnement de l'*installation*.

### 3.6 Mesure du niveau d'émission

Lorsqu'Hydro-Québec exige de recevoir un rapport de mesures, ces mesures doivent être réalisées selon un protocole de mesure accepté par Hydro-Québec.

Le protocole de mesure spécifie notamment les méthodes de mesure et d'analyse des résultats ainsi que les essais à effectuer, le cas échéant.

À la suite de mesures réalisées par le *Transporteur*, Hydro-Québec peut demander une nouvelle évaluation du respect des limites d'émission ainsi que l'ajout de moyens de mitigation ou restrictions de fonctionnement de l'*installation*, en cas de non-respect des limites d'émission par l'*installation*.

### 3.7 Informations requises

L'évaluation détaillée doit contenir au minimum les informations suivantes :

- Le schéma unifilaire de l'*installation* et les caractéristiques électriques principales de l'appareillage principal de l'*installation* ;
- La puissance de référence ( $S_r$ ) de l'*installation* ;
- Les puissances de court-circuit du *réseau* ( $S_{cc}$ ) en conditions générales et en conditions occasionnelles, telles que fournies par Hydro-Québec ;
- Les caractéristiques électriques générales et les modes de fonctionnement des équipements perturbateurs (p. ex., puissances et types de convertisseur, indices de pulsation, impédances, puissance de court-circuit, puissances et types de moteurs, courants d'appel, cycles de charge) ;
- L'identification et la justification des hypothèses ayant servi le cas échéant, à évaluer les niveaux d'émission maxima de *perturbations* ;
- Les caractéristiques électriques générales des équipements correcteurs, le cas échéant (p. ex., filtres harmoniques, démarreurs de moteurs, inductances série de limitation, compensateurs de puissance réactive) ;
- La description des conditions générales de fonctionnement et des conditions occasionnelles de fonctionnement considérées de l'*installation*.

## 4 Variations rapides de tension (VRT)

Les variations rapides de tension (VRT) sont des variations soudaines aléatoires ou cycliques de la valeur efficace de la tension entre deux niveaux consécutifs de tension, à l'intérieur de la plage de tension délimitée par les seuils du creux de tension et de la surtension temporaire définis dans les *Caractéristiques de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec*<sup>1</sup>. Les *perturbations* transitoires non répétitives d'une durée inférieure à 2 périodes de 60 Hz (ou 33,3 ms) ne sont généralement pas prises en considération dans l'évaluation du niveau de VRT.

Les VRT sont attribuables notamment à la manœuvre d'équipements (p. ex., batteries de condensateurs) provoquant des variations rapides de puissance réactive, au démarrage et à l'arrêt d'équipements de puissance (p. ex., les moteurs de 500 hp et plus) et aux démarrages ou variations rapides de puissance de génératrices ou d'éoliennes ainsi qu'à la mise sous tension de transformateurs de puissance.

Les limites d'émission des VRT s'appliquent aux variations de tension pouvant se répéter 10 fois par heure ou moins.

### 4.1 Évaluation simplifiée

Pour se prévaloir de l'évaluation simplifiée :

- L'*installation* ne doit pas comporter d'équipements dont les appels ou fluctuations de puissance peuvent causer des VRT, incluant les transformateurs de puissance lorsque l'*installation* a un rapport  $S_{ccgénérales}/S_r < 20$  ;
- Un schéma de l'*installation* montrant tous les équipements électriques (p. ex., moteurs et fours) de l'*installation* et une confirmation écrite que leur mode d'utilisation ne cause pas de VRT, doivent être transmis à Hydro-Québec.

### 4.2 Limites d'émission des VRT

Tableau 1 : Limites d'émission des VRT

Taux de répétition $f_{VRT}$ (variations par heure)	$\Delta U_{3s}/U$ (%)	$\Delta U_{3s}/U$ (%)
	En conditions générales	En conditions occasionnelles
$f_{VRT} \leq 2$	3	6
$2 < f_{VRT} \leq 10$	2,5	5

Note : Une baisse de tension suivie d'une montée, ou vice-versa, constitue deux variations de tension.

Ces limites sont définies selon le nombre de VRT pouvant se produire dans une heure ( $f_{VRT}$ ) et sont exprimées en pourcentage par le rapport de la variation de tension efficace (moyenne sur une période de 3 secondes) sur le niveau de la tension du *réseau de transport* ( $\Delta U_{3s}/U$ ).

1 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

Ces limites d'émission s'appliquent à chacune des trois phases et le niveau d'émission le plus élevé doit respecter ces limites.

Les limites d'émission en conditions générales et en conditions occasionnelles s'appliquent à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{ccgénérales}/S_r$ .

### 4.3 Niveau d'émission des VRT

Le niveau maximal d'émission des VRT doit être évalué sur chacune des trois phases.

Le niveau d'émission est évalué en conditions générales et en conditions occasionnelles.

Le niveau d'émission en conditions générales correspond au niveau d'émission lorsque le *réseau de transport* est en conditions générales d'exploitation ( $S_{ccgénérales}$ ).

Le niveau d'émission en conditions occasionnelles correspond au niveau d'émission lorsque le *réseau de transport* est en conditions occasionnelles d'exploitation ( $S_{ccoccasionnelles}$ ).

Le niveau d'émission des VRT peut être approximé par la valeur relative de variation de tension  $d$  ( $\Delta U/U_{nom}$ ). Des indications sur l'évaluation de cette valeur relative sont fournies dans la norme CAN/CSA-C61000-3-7<sup>2</sup> (paragraphe E.1.2 : « Simplified calculation of the relative voltage change  $d$  »).

Les paramètres d'évaluation de la VRT sont plus précisément définis à l'annexe B.

Dans le cas de la mise sous tension initiale du transformateur de puissance, l'évaluation du niveau d'émission tient compte des principaux paramètres d'influence selon l'état de l'art de l'industrie, par exemple : les conditions initiales telles que le flux résiduel et le moment d'enclenchement du transformateur, sa courbe de magnétisation et son impédance de fuite, les paramètres de court-circuit du *réseau* et l'effet sympathisant d'autres transformateurs de puissance. Des indications sur cette évaluation sont fournies dans la brochure CIGRE n° 568 « Transformer energization in power systems : A study guide »<sup>3</sup>.

### 4.4 Étude d'émission des VRT

L'étude d'émission des VRT, lorsqu'elle est exigée par Hydro-Québec, doit être réalisée en conditions générales et en conditions occasionnelles pour toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{ccgénérales}/S_r$ .

L'étude d'émission des VRT doit contenir les résultats suivants :

- Pour chaque équipement ou ensemble d'équipements : ses caractéristiques, ses fluctuations de puissances active ( $\Delta P$ ) et réactive ( $\Delta Q$ ) et leur taux de répétition ( $f_{VRT}$ ) ;
- La description des moyens de mitigation, y compris les restrictions de fonctionnement prévues, et de leur effet sur le niveau d'émission, s'il y a lieu ;
- Le tableau des niveaux d'émission des VRT ( $\Delta U_{3s}/U$ ) et de leurs taux de répétition ( $f_{VRT}$ ), y compris les moyens de mitigation le cas échéant ;

---

2 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

3 Voir note 2.

- Si le rapport  $S_{cc\text{générales}}/S_r < 20$  :
  - Le niveau d'émission maximal de la VRT causée par la mise sous tension des transformateurs de puissance de l'*installation* ;
  - Un graphique illustrant la valeur efficace de la tension (intégrée sur la période de 1/60 s) pendant au moins les 3 premières secondes, les hypothèses et paramètres d'influence considérés dans l'évaluation ;
  - Les caractéristiques du moyen de mitigation requis le cas échéant.

## 5 Papillotement

Le papillotement est une impression d'instabilité de la sensation visuelle due à un stimulus lumineux dont la luminance ou la répartition spectrale fluctue dans le temps. Le papillotement est l'effet sur l'éclairage résultant de variations répétitives de tension auxquelles l'œil humain est particulièrement sensible à certaines fréquences, notamment celles comprises entre 0,1 Hz et 25 Hz.

Ces variations répétitives de tension sont attribuables notamment à des équipements comme les fours à arc ou à induction, les soudeuses électriques, les génératrices ou éoliennes produisant des variations rapides de puissance, à des procédés à puissance variable (p. ex., presses, treuils, laminoirs) et à des démarrages fréquents de moteurs.

Le papillotement considéré concerne les variations de tension pouvant se répéter plus de 10 fois par heure.

### 5.1 Évaluation simplifiée

Pour se prévaloir de l'évaluation simplifiée :

- Les valeurs relatives des variations de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) doivent être au plus égales aux limites du tableau 2, dans les conditions générales (c.-à-d. en tenant compte de  $S_{cc}$  générales et des conditions générales de fonctionnement de l'*installation*) ;

**Tableau 2 : Limites d'émission des variations relatives de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) pouvant causer du papillotement**

Taux de répétition $f_d$ (variations par minute)	$\Delta U/U_{nom}$ (%)
$0,17 < f_d \leq 0,5$	1,5
$0,5 < f_d \leq 1$	0,8
$1 < f_d \leq 10$	0,4
$10 < f_d \leq 200$	0,2
$200 < f_d$	0,1

Note : Une baisse de tension suivie d'une montée, ou vice-versa, constitue deux variations de tension.

Ces limites sont définies selon le nombre de variations par minute ( $f_d$ ) des variations de tension pouvant causer du papillotement et sont exprimées en pourcentage par le rapport de la variation de tension efficace (d'une période de 1/60 seconde) sur la *tension nominale* du *réseau de transport* ( $\Delta U/U_{nom}$ ). Des indications sur l'évaluation de cette variation relative de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) sont fournies dans la norme CAN/CSA-C61000-3-7<sup>4</sup> (paragraphe E.1.2 : « Simplified calculation of the relative voltage change d »).

4 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

Si plusieurs équipements ou ensembles d'équipements produisent simultanément des variations de tension ( $\Delta U$ ) à des taux de répétition ( $f_d$ ) donnés au tableau 2, la limite de variation relative de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) correspondante à chaque équipement ou ensemble d'équipements doit être réduite (divisée) par un facteur  $\sqrt[3]{x}$ , où  $x$  est le nombre total d'équipements ou d'ensembles d'équipements.

- Une confirmation écrite doit être transmise à Hydro-Québec incluant les résultats suivants :
  - pour chaque équipement ou ensemble d'équipements : ses caractéristiques, ses fluctuations de puissances active ( $\Delta P$ ) et réactive ( $\Delta Q$ ) et leur taux de répétition ( $f_d$ ) ;
  - le tableau des niveaux de variations relatives de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) résultants et de leurs taux de répétition respectifs ( $f_d$ ).

## 5.2 Limite d'émission de papillotement

**Tableau 3 : Limite d'émission de papillotement ( $P_{st}$ )**

En conditions	Limite de l'indice de sévérité $P_{st}$ (papillotement de courte durée)
générales	0,3
occasionnelles	0,45

En cas de dépassement de la limite, le *Transporteur* détermine si celle-ci peut être remplacée par une limite d'émission plus élevée sur la base des caractéristiques du *réseau* considéré et des indications fournies dans la norme CAN/CSA-C61000-3-7<sup>5</sup>.

Cette limite d'émission s'applique à chacune des trois phases et le niveau d'émission le plus élevé doit respecter cette limite.

La limite d'émission en conditions générales et en conditions occasionnelles s'applique à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{ccgénérales}/S_r$ .

## 5.3 Niveau d'émission de papillotement

Le niveau maximal d'émission de papillotement doit être évalué sur chacune des trois phases.

Le niveau d'émission est évalué en conditions générales et en conditions occasionnelles.

Le niveau d'émission en conditions générales correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions générales de fonctionnement et lorsque le *réseau de transport* est en conditions générales d'exploitation ( $S_{ccgénérales}$ ).

Le niveau d'émission en conditions occasionnelles correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions occasionnelles de fonctionnement ou lorsque le *réseau de transport* est en conditions occasionnelles d'exploitation ( $S_{ccoccasionnelles}$ ).

5 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

Des indications pour évaluer le niveau d'émission de papillotement ( $P_{st}$ ), incluant les méthodes de sommation de l'effet combiné des équipements produisant du papillotement, sont fournies à l'annexe E de la norme CAN/CSA-C61000-3-7<sup>6</sup>.

## 5.4 Étude d'émission de papillotement

L'étude d'émission de papillotement, lorsqu'elle est exigée par Hydro-Québec, doit être réalisée :

- en conditions générales, si  $S_{ccgénérales}/S_r \geq 30$  ;
- en conditions générales et en conditions occasionnelles, si  $S_{ccgénérales}/S_r < 30$ .

L'étude d'émission de papillotement doit contenir les résultats suivants :

- La description des caractéristiques électriques et de fonctionnement des équipements perturbateurs, par exemple :
  - fours à arc : puissances de court-circuit et impédances, type de procédé, type de matière première utilisée dans le four, cycles de fonctionnement ;
  - moteurs : types et puissance des moteurs, courants d'appels, fréquences de démarrage et cycles de charge.
- Pour chaque équipement ou ensemble d'équipements : ses caractéristiques, ses fluctuations de puissances active ( $\Delta P$ ) et réactive ( $\Delta Q$ ) et leur taux de répétition ( $f_d$ ) ;
- Un tableau des niveaux de variations relatives de tension ( $\Delta U/U_{nom}$ ) résultants et de leurs taux de répétition respectifs ( $f_d$ ) ;
- Les méthodes de sommation de l'effet combiné des équipements perturbateurs produisant du papillotement avec justification selon leurs modes de fonctionnement ;
- Le niveau d'émission de papillotement ( $P_{st}$ ) résultant au point d'évaluation et la limite d'émission applicable.

---

6 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

## 6 Déséquilibre de charge ou de courant

Le déséquilibre de charge ou de courant résulte de la conception ou de l'exploitation de l'*installation* ou d'équipements (p. ex., fours à arc, fours à induction, charges ou génératrices monophasées ou biphasées, systèmes d'alimentation de trains électriques en courant alternatif) dont les déséquilibres de courant (ou de puissance consommée ou produite) peuvent causer du déséquilibre de tension dans le *réseau*.

Le déséquilibre de courant (ou de tension) est la situation où les trois courants (ou tensions) du système triphasé ne sont pas égaux en amplitude ou ne sont pas déphasés de 120° les uns par rapport aux autres.

Le déséquilibre considéré concerne la composante inverse des courants ou des tensions à 60 Hz, calculée par la méthode des composantes symétriques (transformation de Fortescue).

### 6.1 Évaluation simplifiée

Pour se prévaloir de l'évaluation simplifiée :

- $I_2/I_{cc}$  (ou  $S_{\text{monophasée}}/S_{\text{ccgénérales}}$ )  $\leq 0,2$  % où :
  - $I_2$  = Composante inverse du courant de l'*installation* ;
  - $I_{cc}$  = Courant de court-circuit triphasé du *réseau* calculé à partir du  $S_{\text{ccgénérales}}$  ;
  - $S_{\text{monophasée}}$  = Charge (ou puissance) monophasée équivalente au déséquilibre de l'*installation*.
- Une confirmation écrite de la valeur de la puissance monophasée ( $S_{\text{monophasée}}$ ) équivalente au déséquilibre de charge ou de courant de l'*installation* doit être transmise à Hydro-Québec.

### 6.2 Limites d'émission de déséquilibre de charge ou de courant

Les limites d'émission de déséquilibre de courant s'appliquent à l'*installation*, à l'exception d'une *installation* comportant des systèmes d'alimentation de trains électriques à laquelle s'appliquent des limites d'émission de déséquilibre de charge en tension.

Les limites d'émission en conditions générales et en conditions occasionnelles s'appliquent à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{\text{ccgénérales}}/S_r$ .

## 6.2.1 Limites d'émission de déséquilibre de courant – *installation*

Tableau 4 : Limite du taux de composante inverse de courant ( $I_2/I_r$ )

$S_{cc}générales/S_r$	$I_2/I_r$ (%)	$I_2/I_r$ (%)
	En conditions générales	En conditions occasionnelles
5	4	6
20	7	10,5
50	13	19,5
100	20	30
200	30	45

Ces limites d'émission s'appliquent au taux de déséquilibre de courant ( $I_2/I_r$ ) exprimé en pourcentage où :

- $I_2$  = Composante inverse du courant dû au déséquilibre des puissances de l'*installation* ( $A_{eff.}$ ) ;
- $I_r$  = Courant de référence de l'*installation* ( $A_{eff.}$ ).

Les limites d'émission applicables à l'*installation* dépendent de son rapport  $S_{cc}générales/S_r$  et sont déterminées comme suit :

- a) Lorsque  $5 \leq S_{cc}générales/S_r < 200$ , la limite d'émission est calculée par l'équation 1, c.-à-d. l'interpolation linéaire entre deux limites consécutives définies au tableau 4.

$$\text{Limite applicable à l'installation} = \left[ \frac{(\text{LIMITE})_B - (\text{LIMITE})_A}{\left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_B - \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_A} \right] \cdot \left[ \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_i - \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_A \right] + (\text{LIMITE})_A \quad (1)$$

où :

- $i$  = Désigne l'*installation*.
- A = Ligne du tableau 4 sur laquelle figure le rapport  $S_{cc}générales/S_r$  immédiatement inférieur à celui de l'*installation*.
- B = Ligne du tableau 4 sur laquelle figure le rapport  $S_{cc}générales/S_r$  immédiatement supérieur à celui de l'*installation*.
- LIMITE = Limite tirée du tableau 4.
- $S_{cc} = S_{cc}générales$

- b) Lorsque  $S_{cc}générales/S_r \geq 200$ , la limite d'émission en conditions générales est 30 % et la limite en conditions occasionnelles est 45 %.
- c) Lorsque  $S_{cc}générales/S_r < 5$ , le *Transporteur* détermine la limite d'émission spécifique et les conditions particulières applicables à l'*installation* selon les caractéristiques du *réseau* considéré et les indications fournies dans la norme CAN/CSA-C61000-3-13<sup>7</sup>.

7 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

## 6.2.2 Limite d'émission de déséquilibre de tension – trains électriques

**Tableau 5 : Limite d'émission de déséquilibre de tension ( $U_2/U_1$ ) relatif aux trains électriques**

En conditions	$U_2/U_1$ (%)
générales	0,2
occasionnelles	0,3

Il s'agit de la limite d'émission de déséquilibre de tension de composante inverse, exprimée en pourcentage par le rapport de la tension de composante symétrique inverse sur la tension de composante symétrique directe ( $U_2/U_1$ ) de l'*installation*.

En cas de dépassement de la limite, le *Transporteur* détermine si celle-ci peut être remplacée par une limite d'émission plus élevée sur la base des caractéristiques du *réseau* considéré et des indications fournies dans la norme CAN/CSA C61000 3 13<sup>8</sup>.

## 6.3 Niveau d'émission de déséquilibre de charge ou de courant

Le niveau maximal d'émission de déséquilibre de charge ou de courant doit être évalué.

Le niveau d'émission est évalué en conditions générales et en conditions occasionnelles.

Le niveau d'émission en conditions générales correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions générales de fonctionnement et lorsque le *réseau de transport* est en conditions générales d'exploitation ( $S_{cc}$ générales).

Le niveau d'émission en conditions occasionnelles correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions occasionnelles de fonctionnement ou lorsque le *réseau de transport* est en conditions occasionnelles d'exploitation ( $S_{cc}$ occasionnelles).

Un système triphasé déséquilibré est évalué au moyen de la méthode des composantes symétriques (transformation de Fortescue). De façon générale, il s'agit de calculer le courant de ligne de composante inverse ( $I_2$ ) au point d'évaluation.

Dans les cas complexes, l'évaluation du niveau d'émission du déséquilibre nécessite l'utilisation de modèles et d'outils informatiques appropriés.

Le niveau d'émission prévu de l'*installation* exclut les courants de composante inverse résultant du déséquilibre de tension du *réseau de transport* qui ne sont pas dus aux puissances déséquilibrées de l'*installation*.

8 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

## 6.4 Étude d'émission de déséquilibre de charge ou de courant

L'étude d'émission de déséquilibre de charge ou de courant, lorsqu'elle est exigée par Hydro-Québec, doit être réalisée :

- en conditions générales, si  $S_{ccgénérales}/S_r \geq 30$  ;
- en conditions générales et en conditions occasionnelles, si  $S_{ccgénérales}/S_r < 30$ .

L'étude d'émission de déséquilibre de charge ou de courant doit contenir les résultats suivants :

- La liste des puissances des équipements causant du déséquilibre de charge ou de courant, de leurs modes de fonctionnement et de raccordement ;
- La description des moyens de mitigation, s'il y a lieu ;
- Le tableau du niveau d'émission des courants de déséquilibre maximal (composante inverse) pour les différents modes de fonctionnement.

S'il y a lieu, Hydro-Québec peut déterminer les phases sur lesquelles les puissances déséquilibrées doivent être réparties de façon à réduire le niveau de déséquilibre de tension résultant dans le *réseau de transport*.

## 7 Harmoniques

Les harmoniques sont des tensions ou des courants sinusoïdaux dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale du *réseau* (60 Hz).

Les limites d'émission d'harmoniques comprennent les limites d'émission des courants harmoniques et les limites d'émission d'influence téléphonique ainsi que la limite sur l'amplification harmonique.

Les harmoniques sont attribuables principalement aux équipements générateurs d'harmoniques comme par exemple les fours à arc ou à induction, redresseurs pour l'électrolyse, entraînements de moteurs, convertisseurs de fréquence et contrôleurs de charge en courant alternatif. Les harmoniques peuvent également être amplifiés notamment par les batteries de condensateurs, les câbles et une faible présence de charge.

### 7.1 Évaluation simplifiée

Pour se prévaloir de l'évaluation simplifiée :

- La puissance triphasée totale des équipements générateurs d'harmoniques<sup>9</sup> de l'*installation* doit :
  - être au plus égale à la puissance du tableau 6 ;

**Tableau 6 : Puissance triphasée totale maximale des équipements générateurs d'harmoniques**

Niveau de tension (kV)	Puissance triphasée totale maximale des équipements générateurs d'harmoniques (MVA)
44, 49	1
69	1,5
120	2,7
161	3,6
230	5
315, 345	7

- doit être inférieure à 0,25 % de la puissance de court-circuit dans les conditions générales d'exploitation du *réseau de transport* ( $S_{cc}$ générales) ;
- Une confirmation écrite de la puissance triphasée totale des équipements générateurs d'harmoniques doit être transmise à Hydro-Québec.

9 Les équipements générateurs d'harmoniques n'incluent pas les alternateurs synchrones et les génératrices asynchrones si, en matière d'harmoniques et d'interférence téléphonique, ceux-ci sont conformes aux normes IEC (Commission électrotechnique internationale) - série 60034 ou aux normes ANSI (American National Standards Institute) - série C50. Ces références sont fournies uniquement à titre explicatif et informatif.

## 7.2 Limites d'émission d'harmoniques

Les limites d'émission d'harmoniques incluent les limites d'émission des courants harmoniques et la limite du facteur d'amplification harmonique.

### 7.2.1 Limites d'émission des courants harmoniques

Les limites d'émission s'appliquent à chacune des trois phases et le niveau d'émission le plus élevé des courants harmoniques individuels ( $I_{h,n}/I_r$ ) pour chaque rang  $n$  de 2 à 50, ainsi que de la distorsion harmonique du courant ( $THD_I$ ), doit respecter ces limites.

Les limites d'émission en conditions générales et en conditions occasionnelles s'appliquent à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{cc\text{générales}}/S_r$ .

Les tableaux 7 et 8 présentent respectivement les limites applicables aux taux de courants harmoniques individuels ( $I_{h,n}/I_r$ ) impairs et pairs exprimés en pourcentage, en conditions générales, où :

$I_{h,n}$  = Courants harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50 ( $A_{\text{eff}}$ ).

$I_r$  = Courant de référence de l'*installation* ( $A_{\text{eff}}$ ).

**Tableau 7 : Limites des taux de courants harmoniques individuels impairs  $I_{h,n}/I_r$  (%), en conditions générales**

$S_{cc\text{générales}}/S_r$	n=3	n=5	n=7	n=9	n=11, 13	15≤n<23	23≤n<35	35≤n<50
5	1	1,2	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2
20	1,5	2	1,5	0,75	1	0,65	0,45	0,3
50	2	3	2	1	1,5	1	0,7	0,5
200	4	6	4	2	3	2	1	0,7

Note : En conditions occasionnelles, les limites d'émission des taux de courants harmoniques individuels impairs correspondent à 1,5 fois ces limites d'émission.

**Tableau 8 : Limites des taux de courants harmoniques individuels pairs  $I_{h,n}/I_r$  (%), en conditions générales**

$S_{cc\text{générales}}/S_r$	n=2	n=4	n=6	n=8	10≤n≤50
5	0,75	0,5	0,3	0,2	0,15
20	1,1	0,75	0,45	0,3	0,25
50	1,5	1	0,6	0,4	0,3
200	2,2	1,5	1	0,6	0,4

Note : En conditions occasionnelles, les limites d'émission des taux de courants harmoniques individuels pairs correspondent à 1,5 fois ces limites d'émission.

Le tableau 9 présente les limites applicables au taux de distorsion harmonique de courant (THD<sub>I</sub>) définis par l'équation 2.

$$\text{THD}_I = \frac{1}{I_r} \sqrt{\sum_{n=2}^{50} I_{h,n}^2} \times 100 \% \quad (2)$$

**Tableau 9 : Limite du taux de distorsion harmonique de courant (THD<sub>I</sub>), en conditions générales**

$S_{cc}\text{générales}/S_r$	THD <sub>I</sub> (%)
5	1,7
20	3
50	4,5
200	6

Note : En conditions occasionnelles, les limites d'émission des taux de distorsion harmonique de courant correspondent à 1,5 fois ces limites d'émission.

Les limites d'émission applicables à l'*installation* dépendent de son rapport  $S_{cc}\text{générales}/S_r$  et sont déterminées comme suit.

- a) Lorsque  $5 \leq S_{cc}\text{générales}/S_r < 200$ , la limite d'émission est calculée par l'équation 3, c.-à-d. l'interpolation linéaire entre deux limites consécutives définies aux tableaux 7, 8 et 9.

$$\text{Limite applicable à l'installation} = \left[ \frac{(\text{LIMITE})_B - (\text{LIMITE})_A}{\left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_B - \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_A} \right] \cdot \left[ \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_i - \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_A \right] + (\text{LIMITE})_A \quad (3)$$

où :

- i = Désigne l'*installation*.
- A = Ligne des tableaux 7, 8 ou 9 sur laquelle figure le rapport  $S_{cc}\text{générales}/S_r$  immédiatement inférieur à celui de l'*installation*.
- B = Ligne des tableaux 7, 8 ou 9 sur laquelle figure le rapport  $S_{cc}\text{générales}/S_r$  immédiatement supérieur à celui de l'*installation*.
- LIMITE = Limite tirée des tableaux 7, 8 ou 9.
- $S_{cc}$  =  $S_{cc}\text{générales}$

- b) Lorsque  $S_{cc}\text{générales}/S_r \geq 200$ , la limite d'émission est calculée par l'équation 4, c.-à-d. la proportionnalité entre la limite et le rapport  $S_{cc}\text{générales}/S_r$  de l'*installation*.

$$\text{Limite applicable à l'installation} = \left[ \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_i \div 200 \right] \cdot (\text{LIMITE})_{200} \quad (4)$$

Lorsque  $S_{ccgénérales}/S_r < 5$ , le *Transporteur* détermine la limite d'émission spécifique et les conditions particulières applicables à l'*installation* selon les caractéristiques du *réseau* considéré et les indications fournies dans la norme CAN/CSA-C61000-3-6<sup>10</sup>.

## 7.2.2 Limite du facteur d'amplification harmonique

Une limite s'applique sur l'amplification de l'harmonique de tension préexistant dans le *réseau de transport* au point d'évaluation.

Le facteur d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) le plus élevé pour chaque rang  $n$  de 2 à 50 doit respecter la limite.

La limite du facteur d'amplification harmonique s'applique en conditions générales et en conditions occasionnelles et à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{ccgénérales}/S_r$ .

Le Tableau 10 présente la limite applicable sur le facteur d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) défini par l'équation 5.

$$FA_n = \frac{Z_{n,installation}}{Z_{n,installation} + Z_{n,réseau}} \quad (5)$$

où :

$Z_{n,installation}$  = Impédance complexe (en ohm) de l'*installation* au rang harmonique  $n$  vue du point de raccordement au *réseau de transport*.

$Z_{n,réseau}$  = Impédance complexe (en ohm) du lieu d'impédance harmonique du *réseau* (voir 7.4.1) au rang harmonique  $n$ , qui maximise le facteur d'amplification ( $FA_n$ ).

**Tableau 10 : Limite du facteur d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) en conditions générales et en conditions occasionnelles**

Rang harmonique $n$	$FA_n$
$2 \leq n \leq 50$	1,5

En cas de dépassement, le *Transporteur* détermine si celle-ci peut être remplacée par une limite plus élevée sur la base des caractéristiques du *réseau* considéré et du rang harmonique  $n$  concerné.

## 7.3 Limite d'émission d'influence téléphonique

La limite d'émission d'influence téléphonique est applicable au produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$  défini par l'équation 6.

$$I \cdot T_{\text{équilibré}} = \sqrt{\sum_{n=2}^{50} (I_{h,n} \cdot W_n)^2} \quad (A \text{ pondérés}) \quad (6)$$

où :

$I_{h,n}$  = Courants harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50 ( $A_{\text{eff}}$ ).

$W_n$  = Facteur de pondération selon le tableau 11.

<sup>10</sup> Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

**Tableau 11 : Facteurs de pondération  $W_n$  pour l'influence téléphonique**

n	F(Hz)	$W_n$	n	F(Hz)	$W_n$
-	-	-	26	1560	6790
2	120	10	27	1620	6970
3	180	30	28	1680	7060
4	240	105	29	1740	7320
5	300	225	30	1800	7570
6	360	400	31	1860	7820
7	420	650	32	1920	8070
8	480	950	33	1980	8330
9	540	1320	34	2040	8580
10	600	1790	35	2100	8830
11	660	2260	36	2160	9080
12	720	2760	37	2220	9330
13	780	3360	38	2280	9590
14	840	3830	39	2340	9840
15	900	4350	40	2400	10090
16	960	4690	41	2460	10340
17	1020	5100	42	2520	10480
18	1080	5400	43	2580	10600
19	1140	5630	44	2640	10610
20	1200	5860	45	2700	10480
21	1260	6050	46	2760	10350
22	1320	6230	47	2820	10210
23	1380	6370	48	2880	9960
24	1440	6650	49	2940	9820
25	1500	6680	50	3000	9670

**Tableau 12 : Limite d'émission d'influence téléphonique (produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$ )**

En conditions	Limite du produit $I \cdot T_{\text{équilibré}}$ (A pondérés)
générales	20 000
occasionnelles	30 000

Cette limite d'émission s'applique à chacune des trois phases et le niveau d'émission le plus élevé doit respecter cette limite.

La limite d'émission en conditions générales et la limite en conditions occasionnelles s'appliquent à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{cc\text{générales}}/S_r$ .

### 7.3.1 Limite spécifique

Lorsque le produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$  dépasse la limite applicable du tableau 12, le *Transporteur* peut accorder une limite spécifique plus élevée dépendant de l'un ou l'autre des éléments suivants dont les calculs détaillés doivent être présentés à Hydro-Québec :

- la distance entre les lignes électriques touchées et les circuits téléphoniques ; ou
- la résistivité équivalente du sol le long des lignes électriques touchées ; ou
- la longueur équivalente totale de parallélisme des circuits téléphoniques individuels avec les lignes électriques touchées.

Le *Transporteur* détermine aussi les conditions particulières applicables et doit notamment recevoir les plans montrant la situation géographique des circuits téléphoniques au voisinage (<10 km) des lignes électriques touchées.

Lorsque le produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$  dépasse la limite applicable du tableau 12, le *Transporteur* indique les lignes de transport touchées sur demande.

### 7.3.2 Exemption

Le *Transporteur* peut accorder une exemption s'il reçoit une attestation qu'il n'y a aucun circuit téléphonique analogique à fréquence vocale existant ou planifié à moins de 10 km des lignes de transport touchées.

Lorsque le produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$  dépasse la limite applicable du tableau 12, le *Transporteur* indique les lignes de transport touchées sur demande.

## 7.4 Niveau d'émission d'harmoniques

Le niveau d'émission d'harmoniques fait référence au niveau d'émission des courants harmoniques de l'*installation* ainsi qu'à l'amplification harmonique de la tension préexistante dans le *réseau de transport* causée par l'interaction entre l'*installation* et le *réseau*.

Le niveau maximal d'émission de chaque courant harmonique individuel impair et pair ( $I_{h,n}/I_r$ ) ainsi que de la distorsion harmonique du courant ( $THD_I$ ), doit être évalué sur chacune des trois phases en considérant tous les harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50. Un courant harmonique est un courant harmonique de ligne circulant au point d'évaluation.

Le facteur maximal d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) doit être évalué en considérant tous les harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50.

Le niveau d'émission est évalué en conditions générales et en conditions occasionnelles.

Le niveau d'émission en conditions générales correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions générales de fonctionnement.

Le niveau d'émission en conditions occasionnelles correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions occasionnelles de fonctionnement.

Le niveau d'émission est évalué en tenant compte des lieux d'impédance harmonique, de l'émission des harmoniques non caractéristiques et des harmoniques fluctuants et interharmoniques présentés respectivement aux sections 7.4.1, 7.4.2 et 7.4.3.

Des indications sur l'évaluation des niveaux d'émission des courants harmoniques sont fournies à la section 6.3 de la norme CAN/CSA-C61000-3-6<sup>11</sup>.

En complément à ces indications, le document *Caractéristiques de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec*<sup>12</sup> donne des informations relatives aux niveaux de *perturbations* susceptibles d'être présents dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Pour évaluer les niveaux d'émission des courants harmoniques de l'*installation*, la variation de la fréquence dans le *réseau de transport* à considérer à l'égard de la performance des filtres harmoniques est de  $\pm 0,2$  Hz. Les dissymétries produites par les équipements de l'*installation* doivent s'y ajouter.

### 7.4.1 Lieux d'impédance harmonique

Le *Transporteur* fournit les données sur les lieux d'impédance harmonique du *réseau* sur demande.

Ces données correspondent aux paramètres définissant une plage des valeurs possibles de l'impédance vue en regardant vers le *réseau* à partir du point d'évaluation, pour les rangs harmoniques  $n$  de 2 à 50.

Les lieux d'impédance servent d'intrants à l'évaluation des niveaux d'émission d'harmoniques de l'*installation*, incluant le facteur d'amplification harmonique ( $FA_n$ ).

Les lieux d'impédance du *réseau* n'incluent pas l'effet de l'installation. Cet effet doit être pris en compte dans l'évaluation des niveaux d'émission. L'interaction entre l'*installation* et le *réseau*, notamment celle entre les condensateurs ou les filtres de l'*installation* et le *réseau*, peut créer des résonances. Ces résonances peuvent causer une amplification des niveaux d'harmoniques dans le *réseau de transport*. Les facteurs d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) doivent demeurer inférieurs à la limite. Les niveaux d'émission des courants harmoniques doivent tenir compte des résonances possibles et doivent être inférieurs aux limites d'émission.

Après avoir évalué toutes les sources d'harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50 des équipements de l'*installation* (incluant le cas échéant, les harmoniques non caractéristiques et les harmoniques fluctuants et interharmoniques), les niveaux maxima d'émission des courants harmoniques individuels ( $I_{h,n}/I_r$ ) et de la distorsion harmonique du courant ( $THD_I$ ) doivent être évalués en déterminant les combinaisons d'impédance du *réseau* (lieux d'impédance) et d'impédance de l'*installation* (différentes conditions de fonctionnement de l'*installation*) qui maximisent les niveaux d'émission. Pour ce faire, des itérations successives ou un algorithme d'optimisation approprié peuvent être nécessaires.

Les facteurs d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) doivent être évalués en déterminant les combinaisons d'impédance du *réseau* (lieux d'impédance) et d'impédance de l'*installation* (différentes conditions de fonctionnement de l'*installation*) qui maximisent l'amplification, indépendamment des niveaux d'émission des courants harmoniques résultants.

---

11 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

12 Voir la note 9.

## 7.4.2 Émission des harmoniques non caractéristiques

Les harmoniques dits non caractéristiques sont produits par l'*installation* à cause d'un certain degré de dissymétrie dans le *réseau de transport* et dans l'*installation*.

Des indications sur l'évaluation des sources d'harmoniques non caractéristiques de l'*installation* sont fournies à la section 6.3.2 de la norme CAN/CSA-C61000-3-6<sup>13</sup>.

En complément à ces indications, le tableau 13 spécifie le taux de déséquilibre de tension correspondant au degré de dissymétrie à considérer dans le *réseau de transport* pour l'évaluation des niveaux d'émission d'harmoniques non caractéristiques. Les dissymétries produites par les équipements de l'*installation* doivent s'y ajouter.

**Tableau 13 : Taux de déséquilibre de tension ( $U_2/U_1$ ) dans le *réseau de transport* en fonction de la *tension nominale* au point d'évaluation, spécifiés pour l'évaluation des niveaux d'émission d'harmoniques non caractéristiques**

<i>Tension nominale du réseau</i>	$U_2/U_1$
230 kV, 315 kV et 345 kV	1,5 %
69 kV, 120 kV et 161 kV	2 %
44 kV et 49 kV	2 %

## 7.4.3 Harmoniques fluctuants et interharmoniques

Lorsque les harmoniques fluctuent rapidement et constamment, le niveau d'émission des courants harmoniques est évalué par la méthode des sous-groupes ou groupes harmoniques tel que l'explique la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1]<sup>14</sup>. Des exemples sont notamment donnés à l'annexe C.3 *Harmoniques fluctuants* de cette norme.

Lorsque des interharmoniques sont émis par l'*installation* (voir I), le niveau d'émission des courants harmoniques est évalué par la valeur efficace du groupe harmonique tel que défini dans la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1].

## 7.5 Niveau d'émission d'influence téléphonique

Le niveau d'émission d'influence téléphonique (produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$ ) est calculé par l'équation 6 à partir des niveaux d'émission des courants harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50, définis précédemment.

Le niveau maximal d'émission doit être évalué sur chacune des trois phases.

Le produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$  peut être évalué en considérant la simultanéité possible du niveau d'émission de tous les harmoniques selon les différentes conditions générales ou occasionnelles de fonctionnement de l'*installation* et les différentes valeurs d'impédance harmonique (lieux d'impédance) du *réseau*. Le niveau d'émission le plus élevé obtenu doit respecter la limite d'émission d'influence téléphonique.

<sup>13</sup> Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

<sup>14</sup> Dans le présent document, un numéro entre crochets fait référence au document numéroté dans la liste des documents de référence obligatoires.

## 7.6 Étude d'émission d'harmoniques

L'étude d'émission d'harmoniques, lorsqu'elle est exigée par Hydro-Québec, doit être réalisée :

- en conditions générales, si  $S_{ccgénérales}/S_r \geq 30$  ;
- en conditions générales et en conditions occasionnelles, si  $S_{ccgénérales}/S_r < 30$ .

L'étude d'émission d'harmoniques doit présenter les niveaux d'émission qui tiennent compte :

- des lieux d'impédance harmonique tels que fournis par Hydro-Québec, si  $S_{ccgénérales}/S_r < 100$  ;
- de l'émission des harmoniques non caractéristiques, si  $S_{ccgénérales}/S_r < 30$  ;
- des harmoniques fluctuants et interharmoniques, le cas échéant.

L'étude d'émission d'harmoniques doit contenir les résultats suivants :

- Les données pertinentes de l'*installation*, notamment en ce qui a trait aux caractéristiques des batteries de condensateurs et des filtres ainsi que les hypothèses concernant le désaccord des filtres et les décalages angulaires entre les groupes de convertisseurs ;
- Les données du modèle harmonique des convertisseurs (sous forme de circuit Thévenin/Norton) le cas échéant et des caractéristiques (p. ex., filtres) du circuit modélisant chaque source et ce, pour les harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50 et toutes les conditions de fonctionnement ;
- Les résonances possibles notamment entre des condensateurs, des filtres ou des câbles de l'*installation* et le *réseau* ;
- Les tableaux de résultats, pour les harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50, en conditions générales et le cas échéant, en conditions occasionnelles, donnant :
  - le facteur d'amplification harmonique ( $FA_n$ ) maximal pour chaque rang ;
  - les valeurs d'impédance harmonique du *réseau* qui maximisent chaque facteur d'amplification harmonique déterminées à partir des lieux d'impédance harmonique du *réseau* le cas échéant ;
  - les courants harmoniques maxima générés par les équipements perturbateurs de l'*installation* et les angles de décalage respectifs dans le cas de convertisseurs à indice de pulsation élevé représentés par plusieurs sources équivalentes de courants harmoniques ;
  - les valeurs d'impédance harmonique de l'*installation* (amplitudes et angles), incluant notamment les condensateurs et les filtres en tenant compte du désaccord, des manœuvres possibles, etc. ;
  - les valeurs d'impédance harmonique du *réseau* qui maximisent chaque niveau d'émission des courants harmoniques déterminées à partir des lieux d'impédance harmonique du *réseau*, le cas échéant ;
  - le niveau maximal d'émission des courants harmoniques individuels ( $I_{h,n}/I_r$ ) pour chaque rang harmonique ;
  - le niveau maximal d'émission de la distorsion harmonique ( $THD_1$ ) de courant pour les différentes conditions de fonctionnement de l'*installation*.
- Pour les niveaux d'émission d'influence téléphonique en conditions générales et le cas échéant, en conditions occasionnelles :
  - le tableau des calculs pour chaque rang harmonique du produit  $I \cdot T_{\text{équilibré}}$  pour les différentes conditions de fonctionnement de l'*installation* ;

- le cas échéant, pour l'application d'une limite spécifique établie par le *Transporteur*, les plans montrant la situation géographique des circuits téléphoniques par rapport aux lignes électriques touchées et les détails de calculs des éléments demandés ;
- le cas échéant, pour l'exemption de la limite d'émission d'influence téléphonique, une attestation qu'il n'y a aucun circuit téléphonique analogique à fréquence vocale existant ou planifié à moins de 10 km des lignes de transport touchées.

## 8 Interharmoniques

Les interharmoniques sont des tensions ou des courants sinusoïdaux dont les fréquences sont comprises entre deux fréquences harmoniques consécutives. Les fréquences des interharmoniques ne correspondent donc pas à des multiples entiers de la fréquence fondamentale du réseau (60 Hz).

Les limites d'émission d'interharmoniques comprennent les limites d'émission des courants interharmoniques et la limite sur l'amplification harmonique (ou interharmonique).

Les interharmoniques sont attribuables principalement aux équipements générateurs d'interharmoniques comme par exemple les équipements utilisant les convertisseurs de sources de tension « VSC » (p. ex., éoliennes, panneaux photovoltaïques), les convertisseurs de fréquence et les fours à arc. Les interharmoniques peuvent également être amplifiés notamment par les batteries de condensateurs, les câbles et une faible présence de charge.

### 8.1 Évaluation simplifiée

Pour se prévaloir de l'évaluation simplifiée :

- La puissance triphasée totale des équipements générateurs d'interharmoniques de l'*installation* doit être inférieure à 2 % de la puissance de court-circuit dans les conditions générales d'exploitation du réseau de transport ( $S_{cc}^{\text{générales}}$ ).
- Une confirmation écrite de la puissance triphasée totale des équipements générateurs d'interharmoniques doit être transmise à Hydro-Québec.

### 8.2 Limites d'émission d'interharmoniques

Les limites d'émission d'interharmoniques incluent les limites d'émission des courants interharmoniques et la limite du facteur d'amplification interharmonique.

#### 8.2.1 Limites d'émission des courants interharmoniques

Les limites d'émission s'appliquent à chacune des trois phases et le niveau d'émission le plus élevé des courants interharmoniques individuels ( $I_{ih,n}/I_r$ ) pour chaque rang interharmonique  $n$  de 1 à 49 doit respecter ces limites<sup>15</sup>.

Les limites d'émission en conditions générales et en conditions occasionnelles s'appliquent à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{cc}^{\text{générales}}/S_r$ .

Le Tableau 14 présente les limites applicables aux taux de courants interharmoniques individuels ( $I_{ih,n}/I_r$ ) exprimés en pourcentage, en conditions générales, où :

---

<sup>15</sup> La numérotation des rangs interharmoniques est conforme à la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1]. Par exemple, le sous-groupe interharmonique centré de fréquence moyenne 150 Hz correspond au rang interharmonique 2, et ainsi de suite.

$I_{ih,n}$  = Courants interharmoniques de rangs interharmoniques n de 1 à 49 ( $A_{eff}$ ).

$I_r$  = Courant de référence de l'installation ( $A_{eff}$ ).

**Tableau 14 : Limites des taux de courants interharmoniques individuels  $I_{ih,n}/I_r$  (%), en conditions générales**

$S_{cc}générales/S_r$	$1 \leq n \leq 6$	$7 \leq n \leq 8$	$9 \leq n \leq 49$
5	0,3	0,2	0,15
20	0,45	0,3	0,25
50	0,6	0,4	0,3
200	1,0	0,6	0,4

Note : En conditions occasionnelles, les limites d'émission des taux de courants interharmoniques individuels correspondent à 1,5 fois ces limites d'émission.

Les limites d'émission applicables à l'installation dépendent de son rapport  $S_{cc}générales/S_r$  et sont déterminées comme suit :

- a) Lorsque  $5 \leq S_{cc}générales/S_r < 200$ , la limite d'émission est calculée par l'équation 5, c.-à-d. l'interpolation linéaire entre deux limites consécutives définies au Tableau 14.

$$\text{Limite applicable à l'installation} = \left[ \frac{(\text{LIMITE})_B - (\text{LIMITE})_A}{\left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_B - \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_A} \right] \cdot \left[ \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_i - \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_A \right] + (\text{LIMITE})_A \quad (5)$$

où :

i = Désigne l'installation.

A = Ligne du Tableau 14 sur laquelle figure le rapport  $S_{cc}générales/S_r$  immédiatement inférieur à celui de l'installation.

B = Ligne du Tableau 14 sur laquelle figure le rapport  $S_{cc}générales/S_r$  immédiatement supérieur à celui de l'installation.

LIMITE = Limite tirée du Tableau 14.

$S_{cc} = S_{cc}générales$ .

- b) Lorsque  $S_{cc}générales/S_r \geq 200$ , la limite d'émission est calculée par l'équation 8, c.-à-d. la proportionnalité entre la limite et le rapport  $S_{cc}générales/S_r$  de l'installation.

$$\text{Limite applicable à l'installation} = \left[ \left(\frac{S_{cc}}{S_r}\right)_i \div 200 \right] \cdot (\text{LIMITE})_{200} \quad (8)$$

- c) Lorsque  $S_{cc}générales/S_r < 5$ , le *Transporteur* détermine la limite d'émission spécifique et les conditions particulières applicables à l'installation selon les caractéristiques du réseau considéré et les indications fournies dans la norme CAN/CSA-C61000-3-6<sup>16</sup>.

16 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

## 8.2.2 Limite du facteur d'amplification harmonique (ou interharmonique)

Une limite s'applique sur l'amplification du niveau de l'harmonique (ou interharmonique) de tension préexistant dans le *réseau de transport* au point d'évaluation.

La limite du facteur d'amplification harmonique des rangs  $n$  de 2 à 50, définie au Tableau 10 de la section que, est généralement suffisante pour limiter l'amplification interharmonique des fréquences comprises entre 90 Hz et 2990 Hz. Cette limite s'applique effectivement au groupe harmonique défini dans la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1], regroupant l'harmonique avec les interharmoniques dans la plage de fréquences de  $\pm 30$  Hz de la fréquence de l'harmonique.

Pour les interharmoniques dont les fréquences sont comprises entre 70 Hz et 90 Hz, la limite de **1,0** s'applique sur le facteur d'amplification du sous-groupe interharmonique composé des fréquences comprises entre 70 et 90 Hz ( $FA_{1+}$ ).

Le facteur d'amplification  $FA_{1+}$  le plus élevé doit respecter la limite.

La limite d'amplification interharmonique s'applique en conditions générales et en conditions occasionnelles et à toute *installation*, indépendamment du rapport  $S_{cc\text{générales}}/S_r$ .

Le facteur d'amplification interharmonique  $FA_{1+}$  est défini par l'équation 9.

$$FA_{1+} = \frac{Z_{90\text{Hz},\text{installation}}}{Z_{90\text{Hz},\text{installation}} + Z_{90\text{Hz},\text{réseau}}} \quad (9)$$

où :

$Z_{90\text{Hz},\text{installation}}$  = Impédance complexe (en ohm) de l'*installation* à la fréquence de 90 Hz vue du point de raccordement au *réseau de transport*.

..... $Z_{90\text{Hz},\text{réseau}}$  = Impédance complexe (en ohm) calculée à partir de la puissance de court-circuit du *réseau* (voir section 3.3.2) et rapportée à la fréquence de 90 Hz.

## 8.3 Niveau d'émission d'interharmoniques

Le niveau d'émission d'interharmoniques fait référence au niveau d'émission des courants interharmoniques de l'*installation* ainsi qu'à l'amplification interharmonique de la tension préexistant dans le *réseau de transport* causée par l'interaction entre l'*installation* et le *réseau*.

Un interharmonique est évalué par la valeur efficace du sous-groupe interharmonique centré telle que définie dans la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1].

Le niveau maximal d'émission de chaque courant interharmonique individuel ( $I_{ih,n}/I_r$ ) doit être évalué sur chacune des trois phases en considérant tous les interharmoniques de rangs interharmoniques  $n$  de 1 à 49. Un courant interharmonique est un courant interharmonique de ligne circulant au point d'évaluation.

L'évaluation du facteur d'amplification interharmonique pour les fréquences comprises entre 90 Hz et 2990 Hz n'est pas nécessaire en raison de l'évaluation du facteur maximal d'amplification harmonique de rangs harmoniques  $n$  de 2 à 50 prévue à la section 7.4. En effet, le groupe harmonique défini dans la norme CAN/CSA IEC 61000-4-7 [1], regroupe l'harmonique avec les interharmoniques dans la plage de fréquences de  $\pm 30$  Hz de la fréquence de l'harmonique.

Pour les fréquences comprises entre 70 Hz et 90 Hz, le facteur maximal d'amplification interharmonique ( $FA_{1+}$ ) doit être évalué suivant l'équation 9 de la section 8.2.2.

Le niveau d'émission est évalué en conditions générales et en conditions occasionnelles.

Le niveau d'émission en conditions générales correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions générales de fonctionnement.

Le niveau d'émission en conditions occasionnelles correspond au niveau d'émission lorsque l'*installation* est en conditions occasionnelles de fonctionnement.

Le niveau d'émission est évalué en tenant compte des lieux d'impédance harmonique du *réseau* décrits à la section 7.4.1. En complément, chaque lieu d'impédance harmonique du *réseau* inclut une plus grande plage de fréquences pour l'évaluation du groupe harmonique et du sous-groupe interharmonique centré. Le *Transporteur* fournit une méthode d'utilisation du lieu d'impédance à cet effet.

Des indications sur l'évaluation des niveaux d'émission des courants harmoniques et interharmoniques sont fournies à la section 6.3 de la norme CAN/CSA-C61000-3-6<sup>17</sup>.

En complément à ces indications, le document *Caractéristiques de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec*<sup>18</sup> donne des informations relatives aux niveaux de *perturbations* susceptibles d'être présents dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Pour évaluer les niveaux d'émission des courants harmoniques et interharmoniques de l'*installation*, la variation de la fréquence dans le *réseau de transport* à considérer à l'égard de la performance des filtres harmoniques est de  $\pm 0,2$  Hz. Les dissymétries produites par les équipements de l'*installation* doivent s'y ajouter.

## 8.4 Étude d'émission d'interharmoniques

L'étude d'émission d'interharmoniques, lorsqu'elle est exigée par Hydro-Québec, doit être réalisée :

- en conditions générales, si  $S_{cc\text{générales}}/S_r > 30$  ;
- en conditions générales et en conditions occasionnelles, si  $S_{cc\text{générales}}/S_r < 30$ .

L'étude d'émission d'interharmoniques doit présenter les niveaux d'émission qui tiennent compte :

- des lieux d'impédance harmonique tels que fournis par Hydro-Québec.

En complément aux résultats à fournir dans l'étude d'émission d'harmoniques précisés à la section 7.6, l'étude d'émission d'interharmoniques doit contenir les résultats suivants :

- Les données du modèle harmonique ou interharmonique des convertisseurs (sous forme de circuit Thévenin/Norton) le cas échéant et des caractéristiques (p. ex., filtres) du circuit modélisant chaque source et ce, pour les interharmoniques de rangs interharmoniques  $n$  de 1 à 49 et toutes les conditions de fonctionnement ;

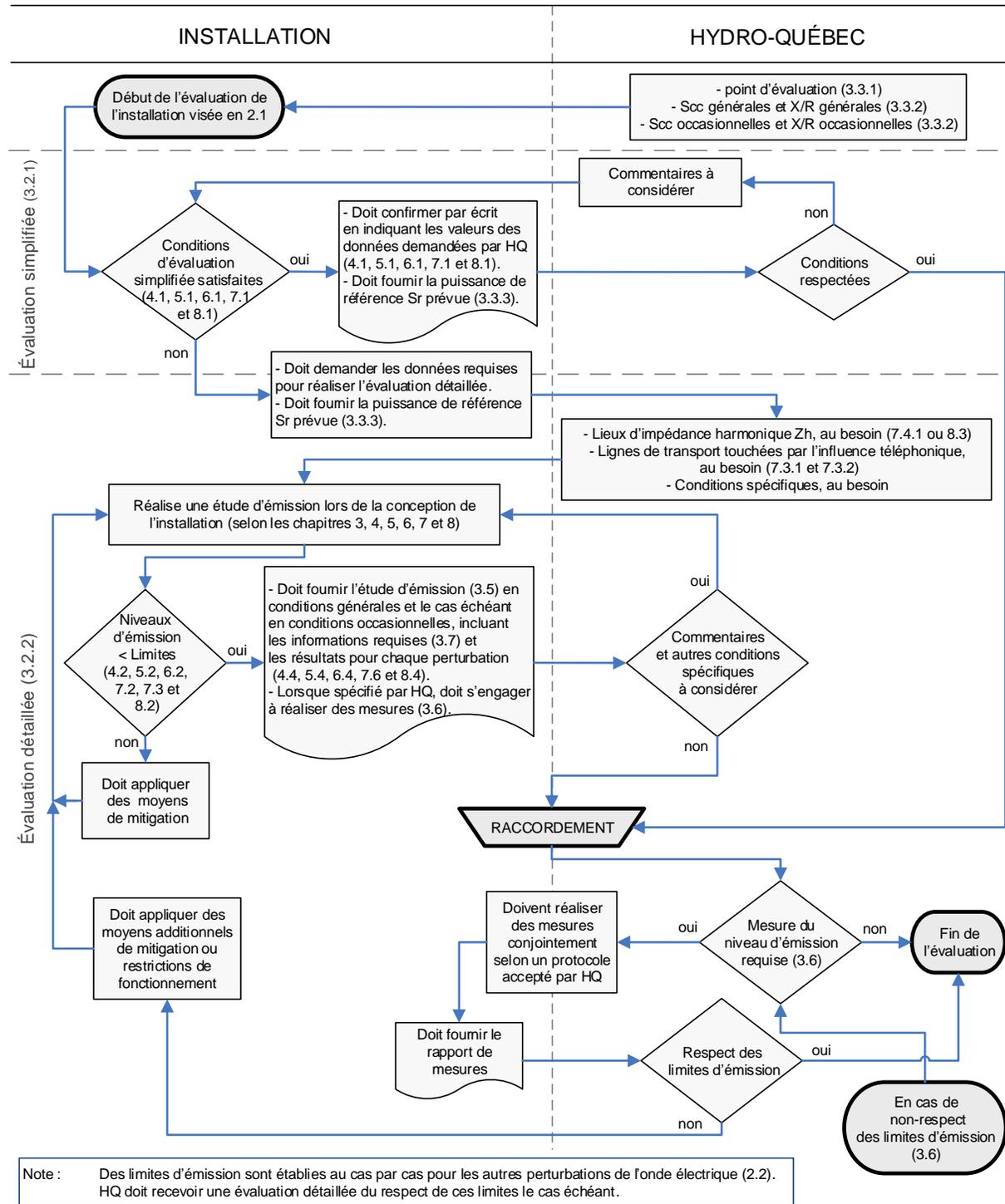
---

17 Référence fournie uniquement à titre explicatif et informatif.

18 Voir la note 17.

- Le facteur d'amplification interharmonique maximal du sous-groupe interharmonique des fréquences comprises entre 70 Hz et 90 Hz ( $FA_{1+}$ ) ainsi que les valeurs d'impédance interharmonique du *réseau* et de l'*installation* correspondantes (amplitudes et angles) ;
- Les tableaux de résultats, pour les interharmoniques de rangs interharmoniques  $n$  de 1 à 49, en conditions générales et le cas échéant en conditions occasionnelles, donnant :
  - les courants interharmoniques maxima générés par les équipements perturbateurs de l'*installation* et les angles de décalage respectifs en présence de plusieurs sources équivalentes de courants interharmoniques ;
  - les valeurs d'impédance harmonique (ou interharmonique) de l'*installation* (amplitudes et angles), incluant notamment les condensateurs et les filtres en tenant compte du désaccord, des manœuvres possibles, etc. ;
  - les valeurs d'impédance harmonique (ou interharmonique) du *réseau* qui maximisent chaque niveau d'émission des courants interharmoniques déterminées à partir des lieux d'impédance harmonique du *réseau* ;
  - le niveau maximal d'émission des courants interharmoniques individuels ( $I_{ih,n}/I_r$ ) pour chaque rang interharmonique.

## Annexe A Informations techniques requises et procédure générale pour l'évaluation du respect des limites d'émission



## Annexe B Indications générales sur la mesure des perturbations de l'onde électrique

Des indications de nature générale sont fournies sur la mesure des *perturbations* de l'onde électrique visées par les limites d'émission du présent document. Ces indications doivent être complétées au besoin par un protocole de mesure afin de déterminer les niveaux d'émission de l'*installation*.

### B.1 Variation rapide de tension (VRT)

La VRT repose sur des valeurs consécutives de tension efficace calculées à chaque seconde. Chaque valeur de tension efficace équivaut à la moyenne quadratique de la tension sur un intervalle d'agrégation de 1 seconde.

La VRT, exprimée en pourcentage, est calculée dans un intervalle donné de 9 secondes consécutives selon l'équation suivante

$$\text{VRT}(\%) = \left[ \frac{\max_{9s}(\text{ISV}_{\text{moy-3s}}) - \min_{9s}(\text{ISV}_{\text{moy-3s}})}{\text{moy}_{9s}(\text{ISV}_{\text{moy-3s}})} \right] \times 100$$

où :

- $\text{ISV}_{\text{moy-3s}}$  : Moyenne arithmétique de trois valeurs consécutives de tension efficace (chacune sur un intervalle d'agrégation de 1 seconde).
- $\max_{9s}(\text{ISV}_{\text{moy-3s}})$  : Valeur maximale parmi les 7 moyennes  $\text{ISV}_{\text{moy-3s}}$  possibles calculées dans l'intervalle de 9 secondes.
- $\min_{9s}(\text{ISV}_{\text{moy-3s}})$  : Valeur minimale parmi les 7 moyennes  $\text{ISV}_{\text{moy-3s}}$  possibles calculées dans l'intervalle de 9 secondes.
- $\text{moy}_{9s}(\text{ISV}_{\text{moy-3s}})$  : Moyenne arithmétique des 7 moyennes  $\text{ISV}_{\text{moy-3s}}$  possibles calculées dans l'intervalle des 9 secondes précédant la fin de l'intervalle de détection d'une VRT.

La VRT est une *perturbation* ponctuelle de l'onde électrique. L'évaluation du respect de la limite d'émission considère la valeur maximale prévisible et non un niveau d'émission statistique en fonction du temps.

Si la valeur efficace de la tension au cours d'une variation dépasse le seuil de creux de tension ou de surtension, l'événement est considéré comme un creux ou une surtension et non une VRT.

## B.2 Papillotement

L'indice de papillotement de courte durée ( $P_{st}$ ) est évalué sur des intervalles d'agrégation de 10 minutes conformément à la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-15 [2] et aux prescriptions de la classe A de la norme IEC 61000-4-30 [3] avec adaptation pour les lampes à 120 V.

Un protocole de mesure est généralement nécessaire pour déterminer les niveaux d'émission de papillotement.

Lors de mesures, un niveau statistique en fonction du temps est considéré dans l'évaluation du respect de la limite d'émission. La limite est respectée lorsque la valeur 95<sup>e</sup> centile<sup>19</sup> des niveaux d'émission enregistrés sur une base journalière est inférieure à la limite d'émission et lorsque la valeur 99<sup>e</sup> centile<sup>20</sup> est inférieure à 1,25 fois cette limite.

Ces indices statistiques sont évalués en excluant les données marquées (par les creux de tension, surtensions temporaires, coupures brèves ou interruptions pouvant survenir dans le *réseau*) selon les indications de la norme IEC 61000-4-30 [3].

## B.3 Déséquilibre de charge ou de courant

Le déséquilibre de courant (ou de tension) de composante inverse est évalué sur des intervalles d'agrégation de 10 minutes et conformément aux prescriptions de la classe A de la norme IEC 61000-4-30 [3].

Un protocole de mesure est généralement nécessaire pour déterminer les niveaux d'émission de déséquilibre de courant (ou de tension).

Lors de mesures, un niveau statistique en fonction du temps est considéré dans l'évaluation du respect de la limite d'émission. La limite est respectée lorsque la valeur 95<sup>e</sup> centile<sup>19</sup> des niveaux d'émission enregistrés sur une base journalière est inférieure à la limite d'émission et lorsque la valeur 99<sup>e</sup> centile<sup>20</sup> est inférieure à 1,5 fois cette limite.

Ces indices statistiques sont évalués en excluant les données marquées (par les creux de tension, surtensions temporaires, coupures brèves ou interruptions pouvant survenir dans le *réseau*) selon les indications de la norme IEC 61000-4-30 [3].

---

19 La valeur 95<sup>e</sup> centile des valeurs enregistrées sur une base journalière correspond à la valeur maximale obtenue en écartant 5 % des valeurs enregistrées pendant la journée, en commençant par les valeurs les plus élevées.

20 La valeur 99<sup>e</sup> centile des valeurs enregistrées sur une base journalière correspond à la valeur maximale obtenue en écartant 1 % des valeurs enregistrées pendant la journée en commençant par les valeurs les plus élevées.

## B.4 Harmoniques et interharmoniques

Les courants harmoniques de rangs  $n$  de 2 à 50 et les courants interharmoniques de rangs interharmoniques  $n$  de 1 à 49 sont évalués sur des intervalles d'agrégation de 10 minutes et conformément à la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1] et aux prescriptions de la classe A de la norme IEC 61000-4-30 [3].

Lorsque les harmoniques fluctuent rapidement et constamment, les harmoniques sont évalués par la méthode des groupes et sous-groupes tel que l'explique la norme CAN/CSA-IEC 61000-4-7 [1].

En présence d'interharmoniques, le niveau d'un harmonique est évalué par la valeur efficace du groupe harmonique telle que définie dans la norme CAN/CSA IEC 61000-4-7 [1].

Le niveau d'un interharmonique est évalué par la valeur efficace du sous-groupe interharmonique centré telle que définie dans la norme CAN/CSA IEC 61000-4-7 [1].

Un protocole de mesure est généralement nécessaire pour déterminer les niveaux d'émission des courants harmoniques et interharmoniques.

Lors de mesures, un niveau statistique en fonction du temps est considéré dans l'évaluation du respect de la limite d'émission. La limite est respectée lorsque la valeur 95<sup>e</sup> centile<sup>19</sup> des niveaux d'émission enregistrés sur une base journalière est inférieure à la limite d'émission et lorsque la valeur 99<sup>e</sup> centile<sup>20</sup> est inférieure à 1,5 fois cette limite.

Ces indices statistiques sont évalués en excluant les données marquées (par les creux de tension, sursensions temporaires, coupures brèves ou interruptions pouvant survenir dans le *réseau*) selon les indications de la norme IEC 61000-4-30 [3].

## Liste des documents de référence obligatoires

- [1] Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-7 : Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés. Norme nationale du Canada CAN/CSA IEC 61000 4 7:13 (C2017).
- [2] Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-15 : Techniques d'essai et de mesure – Flickermètre – Spécifications fonctionnelles et de conception. Norme nationale du Canada CAN/CSA-IEC 61000-4-15:12 (C2016).
- [3] Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-30 : Techniques d'essai et de mesure – Méthodes de mesure de la qualité de l'alimentation. Norme internationale IEC 61000-4-30:21.

Le *Transporteur* doit afficher sur son site Web un lien électronique vers les sites Web de l'Association canadienne de normalisation (groupe CSA) et de la Commission électrotechnique internationale, où l'on peut obtenir toute norme protégée par un droit d'auteur.