

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Champ d'application

Groupe(s) concerné(s) <b>Exploitation et infrastructures</b> <b>Planification énergétique et expérience client</b>
Processus concernés <b>Raccordement d'un producteur d'électricité au réseau de distribution d'Hydro-Québec</b> <b>Raccordement d'un autoproducteur au réseau de distribution d'Hydro-Québec</b>
Précisions sur le champ d'application <b>La présente norme définit les exigences et les spécifications techniques minimales de la production décentralisée raccordée au réseau de distribution basse tension (BT) d'Hydro-Québec.</b>  <b>Elle s'adresse aux clients autoproducteurs et aux producteurs d'électricité.</b>

## Table des matières

Champ d'application.....	1
Table des matières.....	1
Définitions .....	5
Acronymes et abréviations.....	6
1 Objet et domaine d'application.....	7
2 Portée .....	7
3 Encadrements connexes .....	8
4 Caractéristiques du réseau de distribution.....	9
4.1 Renseignements généraux.....	9
4.2 Régime du neutre .....	9
4.3 Réseau aérien BT.....	9
4.4 Réseau souterrain BT.....	10
4.5 Point de raccordement .....	10
5 Exigences générales .....	10
5.1 Puissance nominale totale maximale .....	10
5.2 Exigences complémentaires pour une IPE de 250 kW et plus .....	11
5.3 Conception .....	11
5.4 Autorisations municipales et gouvernementales.....	12
5.5 Informations à transmettre à Hydro-Québec.....	12
5.6 Étude d'intégration.....	12
5.7 Étude de raccordement .....	13
5.8 Schémas types de raccordement .....	13

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

5.9	Modèles de simulation .....	14
5.10	Construction et raccordement au réseau d'Hydro-Québec .....	14
5.11	Modification à l'installation .....	14
5.12	Inspection et essai de vérification .....	15
5.13	Scellement des réglages électriques de l'IPE .....	15
5.14	Exploitation .....	15
5.15	Maintenance .....	16
5.16	Démantèlement .....	16
5.17	Cadenassage .....	16
5.18	Affichage d'avertissements de sécurité .....	17
6	Exigences relatives à la tension et à la fréquence .....	18
6.1	Fluctuations de tension .....	18
6.2	Distorsions harmoniques .....	18
6.3	Injection de courant continu .....	18
6.4	Immunité aux variations de tension .....	19
6.4.1	Passage à travers les sous-tensions et les surtensions .....	19
6.5	Immunité à la tension de séquence inverse .....	20
6.6	Immunité à la tension de séquence homopolaire .....	21
6.7	Immunité aux variations de fréquence .....	21
6.7.1	Vitesse de variation de la fréquence .....	21
6.7.2	Passage à travers les variations de fréquence .....	21
6.8	Immunité aux changements d'angle de phase .....	23
7	Exigences relatives au comportement de l'IPE .....	23
7.1	Démarrage de l'IPE .....	23
7.1.1	Conditions de mise en marche .....	23
7.1.2	Tolérances de synchronisation .....	24
7.1.3	Synchronisation des alternateurs synchrones .....	24
7.1.4	Synchronisation des alternateurs asynchrones .....	24
7.2	Régime permanent .....	24
7.2.1	Facteur de puissance de conception .....	25
7.2.2	Taux maximaux de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance .....	26
7.2.3	Reprise après panne d'un système de stockage d'énergie .....	26
7.2.4	Arrêt de l'IPE en prévision de conditions climatiques sévères .....	26
7.2.5	Régulation de la puissance active (Watts) .....	26
7.2.6	Régulation de la puissance réactive (Vars) .....	27
7.3	Régime perturbé .....	27
7.3.1	Contribution au courant de court-circuit .....	28

Titre de l'encadrement	Numéro de l'encadrement	En vigueur le AAAA-MM-JJ
<b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	<b>E.12-05</b>	<b>2024-11-18</b>

7.3.2	Contribution aux surtensions temporaires .....	29
8	Exigences relatives à l'appareillage de l'IPE .....	29
8.1	Choix de l'équipement de production d'électricité.....	29
8.2	Caractéristiques électriques des appareils basse tension .....	30
8.3	Régime du neutre .....	30
8.3.1	Source de courant homopolaire .....	31
8.3.2	Impédance ou résistance de MALT .....	34
8.4	Câblage de puissance .....	35
8.5	Services auxiliaires .....	35
8.6	Point de sectionnement .....	35
8.7	Condensateurs .....	36
8.8	Dispositif de protection contre les surtensions.....	36
8.9	Disjoncteur principal de l'IPE .....	37
8.10	Transformateurs de puissance .....	38
8.10.1	Caractéristiques .....	38
8.10.2	Types de raccordement.....	39
8.10.3	Courant d'appel des transformateurs de puissance .....	40
8.10.4	Raccordement sans transformateur .....	41
8.11	SERMO .....	41
8.11.1	Certification .....	41
8.11.2	Raccordement du fil de neutre à l'onduleur.....	41
8.11.3	Exception pour les procédés industriels nouveaux et les bancs d'essai.....	41
8.11.4	Fonctions de protection d'un onduleur.....	42
8.11.5	Raccordement à l'UTAPP.....	42
8.12	Protection électrique de l'IPE.....	42
9	Exigences relatives à la protection du réseau d'Hydro-Québec .....	43
9.1	Types de protections .....	43
9.1.1	Protection primaire ou protection contre les courts-circuits .....	43
9.1.2	Protection de réserve ou protection contre l'îlotage .....	43
9.1.3	Protections supplémentaires à l'IPE.....	44
9.2	Relais multifonctions.....	44
9.3	Alimentations utilisées pour la protection.....	45
9.3.1	Relais multifonctions.....	45
9.3.2	UTAPP .....	45
9.3.3	Circuits utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec .....	45
9.3.4	Perte d'alimentation.....	45
9.4	Conditionnement de la fermeture du disjoncteur principal de l'IPE.....	46

Titre de l'encadrement	Numéro de l'encadrement	En vigueur le AAAA-MM-JJ
<b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	<b>E.12-05</b>	<b>2024-11-18</b>

9.5 Filerie du circuit de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE .....	46
9.6 Transformateurs d'instrumentation pour la protection .....	46
9.7 Coordination et réglages des protections .....	47
9.7.1 Règles de protection.....	47
9.7.2 Coordination des protections de groupes .....	48
9.7.3 Réglages des protections de tension.....	48
9.7.4 Réglages des protections de fréquence .....	49
10 Exigences relatives à la télésurveillance et au contrôle à distance.....	50
10.1 Protocole de communication .....	50
10.2 Commande de limitation de la production d'électricité.....	50
10.3 Commande d'arrêt de la production d'électricité.....	50
10.4 Installation de l'UTAPP.....	50
11 Production d'électricité en mode îloté .....	50
12 Alimentation de secours .....	51
Historique des révisions .....	52
Références.....	52
Suivi et authentification du document.....	53
Annexe A .....	55
Annexe B .....	56
Annexe C .....	70
Annexe D .....	73
Annexe E .....	77
Annexe F.....	81
Annexe G .....	82

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Définitions

<b>Autoprodacteur</b>	Client ou cliente qui produit de l'électricité à partir d'une installation qu'il ou elle possède et exploite pour combler une partie ou la totalité de ses besoins.
<b>Basse tension</b>	Tension de raccordement 120/240 volts monophasé ou 347/600 volts triphasé.
<b>Bloquer</b>	Dans le contexte de l'opération d'une source d'énergie raccordée au moyen d'onduleurs. Action d'un onduleur qui cesse d'injecter du courant tout en demeurant en service. L'onduleur doit pouvoir reprendre la production d'électricité dès que la tension et la fréquence reviennent dans les plages d'opération définies.
<b>Centrale</b>	Ensemble d'installations constituant une usine génératrice d'énergie électrique par conversion d'autres formes d'énergie. La fonction première d'une centrale électrique est de produire de l'énergie électrique.
<b>Déclencher</b>	Dans le contexte de l'opération d'une source d'énergie raccordée au moyen d'onduleurs. Action d'un onduleur qui cesse d'injecter du courant et entre en mode d'arrêt. Ce mode prévient la reconnexion de l'onduleur tant que toutes les conditions de mise en marche ne sont pas remplies.
<b>Groupe</b>	Unité de production d'électricité. Généralement un ensemble turbine-alternateur synchrone (groupe synchrone) ou ensemble turbine génératrice asynchrone (groupe asynchrone), ou encore, dans le cas des installations de production d'électricité utilisant des sources d'énergies raccordées au moyen d'onduleurs, l'ensemble formé par chaque source d'énergie individuelle et son onduleur associé.
<b>Îlotage</b>	Séparation d'un réseau électrique en sous-réseaux comprenant de la charge et de la production ou encore de la production et des installations d'Hydro-Québec (avec ou sans charge), survenant à la suite d'une perturbation ou d'une manœuvre.
<b>Ingénieur</b>	Personne qui détient un permis d'exercice de la profession d'ingénieur émis par l'Ordre des ingénieurs du Québec, conformément à la Loi sur les ingénieurs (LRQ, c. I-9).
<b>Installation de production d'électricité</b>	Installation destinée à la production d'énergie électrique dans le réseau d'Hydro-Québec. Comprends les équipements de production d'électricité, les services auxiliaires ainsi que les équipements d'instrumentation et de protection.
<b>Moyenne tension</b>	Tension nominale entre phases de plus de 750 volts et de moins de 44 000 volts.
<b>Onduleur</b>	Appareil ou installation permettant de convertir du courant continu en courant alternatif.
<b>Opération continue</b>	État pendant lequel une installation de production d'électricité est raccordée au réseau électrique et injecte du courant dans celui-ci ou est disponible à le faire, tant que la tension et la fréquence se situent dans la plage des conditions normales ou marginales d'opération.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

<b>Passage à travers</b>	Habilitété d'une installation de production d'électricité à résister à des événements de variation de tension ou de fréquence à l'intérieur de plages définies et de continuer à produire de l'électricité de la manière prévue. Le terme utilisé en anglais est « ride-through ».
<b>Poste satellite</b>	Installation de grande dimension, extérieure ou intérieure, située au confluent de plusieurs lignes électriques et qui contient l'appareillage nécessaire à la transformation de la haute tension en moyenne tension. Synonyme : poste de distribution.
<b>Producteur</b>	Personne physique ou morale, société, corporation ou organisme, incluant Hydro-Québec, propriétaire ou locataire d'une installation dont la fonction principale est de produire de l'électricité.
<b>Propriétaire de l'IPE</b>	Personne physique ou morale, société, corporation ou organisme, incluant Hydro-Québec, propriétaire ou locataire d'une installation de production d'électricité.
<b>Rester en opération</b>	Dans le contexte de l'opération d'une source d'énergie raccordée au moyen d'onduleurs. Action d'un onduleur qui continue d'injecter du courant dans le réseau électrique, conformément au comportement attendu de celui-ci, pendant le passage à travers une perturbation.
<b>Source d'énergie raccordée au moyen d'onduleurs</b>	Toute source primaire d'énergie ou issue d'un système de stockage apte à fournir de la puissance active et utilisant la technologie des convertisseurs courant continu-courant alternatif pour se raccorder au réseau (p. ex. : énergie éolienne, irradiation solaire, énergie stockée dans une batterie, etc.).

### Acronymes et abréviations

<b>BT</b>	Basse tension
<b>CA</b>	Courant alternatif
<b>CC</b>	Courant continu
<b>CED</b>	Centre d'exploitation de distribution
<b>FP</b>	Facteur de puissance
<b>IPE</b>	Installation de production d'électricité
<b>MALT</b>	Mise à la terre
<b>OIQ</b>	Ordre des ingénieurs du Québec
<b>RMS</b>	Tension efficace « Root-mean-square voltage »
<b>SERMO</b>	Source d'énergie raccordée au moyen d'onduleurs
<b>SGRED</b>	Système de gestion des ressources de production décentralisée « Distributed energy resource management system (DERMS) »

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

<b>UTAPP</b>	Unité de télécommande et d'acquisition des producteurs privés
<b>XFO</b>	Transformateur

## 1 Objet et domaine d'application

La présente norme définit les exigences et les spécifications techniques minimales de raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution basse tension (BT) d'Hydro-Québec. Elle s'applique également lorsqu'une installation de production d'électricité (IPE) existante fait l'objet d'une modification matérielle, d'une modification logicielle ou d'une réfection.

Elle vise toute installation permettant de produire de l'énergie électrique dans le réseau BT d'Hydro-Québec ou dans l'installation d'un client raccordé au réseau BT d'Hydro-Québec, indépendamment du mode de production d'énergie électrique utilisé ou de la charge présente dans l'installation du client le cas échéant. Elle vise donc aussi les systèmes de stockages stationnaires ou mobiles ainsi que les installations comprenant des véhicules électriques ayant la capacité de produire de l'énergie électrique.

Une IPE raccordée au réseau BT, comportant uniquement des sources d'énergie raccordées au moyen d'onduleurs (SERMO) certifiés, ayant une puissance totale cumulative de 100 kW et moins et qui n'est pas équipée d'un transformateur entre le point de raccordement du client et l'onduleur, peut se prémunir des exigences simplifiées énoncées dans la norme E.12-07.

Les exigences relatives au raccordement au réseau d'Hydro-Québec des IPE utilisées comme alimentation de secours, qui ne sont pas dotées d'un appareil de commutation muni d'un dispositif mécanique d'interverrouillage rendant impossible le couplage des groupes et du réseau (transition ouverte), se retrouvent dans la norme E.12-08.

Dans le but de simplifier le texte, le terme onduleur est utilisé au singulier dans tout le document. Cependant, les exigences de la norme s'appliquent à toute installation composée d'un seul onduleur ou de plusieurs onduleurs. Le cas échéant, le lecteur doit remplacer le terme onduleur au singulier par sa forme plurielle.

Compte tenu de la diversité des moyens de production, des modes de raccordement et des contraintes de réseau qui peuvent se présenter, Hydro-Québec peut définir certaines exigences spécifiques au moment de l'étude de chaque cas.

Les réseaux autonomes d'Hydro-Québec sont détachés en permanence du réseau principal. L'alimentation électrique de ces localités éloignées est produite localement, le plus souvent au moyen d'une centrale diesel. Pour cette raison, bien que la présente norme doive être respectée lors du raccordement d'une IPE à un réseau autonome d'Hydro-Québec, des exigences spécifiques doivent être émises pour chaque projet.

## 2 Portée

La présente norme s'adresse aux clients autoproducteurs et aux producteurs d'électricité dont l'IPE est raccordée au réseau de distribution BT d'Hydro-Québec. Ils ont l'obligation de s'y conformer.

Elle s'adresse également au personnel d'Hydro-Québec responsable de l'intégration de la production décentralisée au réseau de distribution.

Titre de l'encadrement	Numéro de l'encadrement	En vigueur le AAAA-MM-JJ
<b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	<b>E.12-05</b>	<b>2024-11-18</b>

### 3 Encadrements connexes

Cette norme fait partie d'une série d'encadrements régissant les exigences techniques relatives au raccordement des IPE au réseau de distribution d'Hydro-Québec, dont :

- C.22-03, Exigences techniques relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec;
- C.25-01, Exigences techniques relatives à l'émission d'harmoniques par les installations de clients raccordés au réseau de distribution d'Hydro-Québec;
- C.42-01, Modalités d'exploitation entre Hydro-Québec et l'exploitant d'une installation de production d'électricité raccordée au réseau de distribution;
- D.24-20 *Critères de vérification des dispositifs d'isolement des sources d'énergie*;
- D-2022-088, Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec;
- D-5580, Code de sécurité des travaux d'Hydro-Québec – Chapitre Distribution;
- E.12-01 Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec;
- E.12-02 Planification du réseau de distribution d'Hydro-Québec pour l'intégration de la production décentralisée (encadrement disponible pour les employés d'Hydro-Québec seulement);
- E.12-03, Maintenance des équipements de protection des installations de production décentralisée se raccordant au réseau moyenne tension d'Hydro-Québec;
- E.12-07, Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée de 100 kW et moins utilisant des onduleurs certifiés au réseau de distribution basse tension d'Hydro-Québec;
- E.12-08, Exigences relatives au raccordement de groupes de production de secours au réseau de distribution d'Hydro-Québec à l'aide d'un système de commutation sans coupure;
- E.12-09, Exigences relatives à la qualification des équipements de protection utilisés pour le raccordement de la production décentralisée sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec;
- E.12-12, Exigences pour l'installation et le raccordement de l'unité de télécommande et de télésignalisation des installations des producteurs indépendants et des autoproducteurs raccordés au réseau moyenne tension d'Hydro-Québec;
- E.21-10, Service d'électricité en basse tension;
- E.21-11, Service d'électricité en basse tension à partir des postes distributeurs;
- F.22-05, Mesurage de la production décentralisée de 250 kW et plus raccordée au réseau basse tension d'Hydro-Québec;
- ISBN 978-2-550-97120-7, Tarifs d'électricité en vigueur le 1<sup>er</sup> avril 2024;
- ISBN 978-2-550-88671-6, Conditions de service;
- 0332-18-006-B *Raccordement des transformateurs pour les clients moyenne tension (CMT) et les installations de production d'électricité (IPE)* (encadrement disponible pour les employés d'Hydro-Québec seulement)

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 4 Caractéristiques du réseau de distribution

### 4.1 Renseignements généraux

Le raccordement d'une IPE au réseau de distribution basse tension peut être monophasé à une tension de 120/240 volts ou triphasé à une tension de 347/600 volts. Dans la présente norme, une IPE doit être conçue de façon à être raccordée à l'une des tensions présentées dans le Tableau 1, conformément au Tableau 2 de la norme CSA C235-R2019 *Preferred voltage levels for AC systems up to 50 000 V*.

**Tableau 1 : Limites des plages de tension nominales au point de raccordement**

Tensions nominales	Limites de variations de tension applicables au point de raccordement			
	Conditions marginales d'exploitation			
	Conditions normales d'exploitation			
Monophasé 120/240	106/212	110/220	125/250	127/254
Triphasé 347/600	306/530	318/550	360/625	367/635

En condition normale d'exploitation, la fréquence du réseau intégré d'Hydro-Québec est maintenue dans la plage définie entre 59,4 Hz et 60,6 Hz, tel que défini dans les [Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec](#).

### 4.2 Régime du neutre

Le réseau basse tension d'Hydro-Québec possède un régime de neutre effectivement mis à la terre et satisfait aux deux conditions suivantes :

$$\frac{X_0}{X_1} \leq 3 \text{ et } \frac{R_0}{X_1} < 1$$

$X_0$  : réactance de séquence homopolaire

$X_1$  : réactance de séquence positive

$R_0$  : résistance de séquence homopolaire

**Équation 1 : Conditions d'un régime du neutre effectivement mis à la terre**

### 4.3 Réseau aérien BT

Le réseau aérien BT est composé de torsades triples de deux conducteurs isolés et un conducteur nu pour le réseau à 120/240 V et de trois conducteurs isolés et un conducteur nu pour le réseau à 347/600 V. Il se prolonge jusqu'au point de raccordement du dernier client à raccorder. Dans certains cas, pour des clients de puissance importante, le point de raccordement est situé sur le transformateur de distribution.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

#### 4.4 Réseau souterrain BT

Le réseau BT souterrain est composé de trois conducteurs isolés, deux de phase et un de neutre, pour le réseau à 120/240 V et de quatre conducteurs isolés, trois de phase et un de neutre, pour le réseau à 347/600 V.

#### 4.5 Point de raccordement

Le point de raccordement sert de point de démarcation pour définir la limite entre le réseau d'Hydro-Québec et celui de l'IPE.

Dans le cadre de cette norme, pour une installation de 600A et moins<sup>1</sup>, le point de raccordement est tel qu'illustré par la norme E.21-10 *Service d'électricité en basse tension* communément appelée «livre bleu» en remplaçant le terme «client» par «producteur» ou « autoproducteur ».

Pour une installation de plus de 600A, le point de raccordement est tel qu'illustré par la norme E.21-11 *Service d'électricité en basse tension à partir des postes distributeurs* communément appelée «livre vert» en remplaçant le terme «client» par «producteur» ou « autoproducteur ».

Dans le cas où une IPE serait la propriété d'un client raccordé selon la norme E.21-11 *Service d'électricité en basse tension à partir des postes distributeurs* et qu'un contrat d'approvisionnement d'électricité nécessiterait l'installation d'un compteur distinct pour l'IPE de celui utilisé par le client, la deuxième installation de mesurage serait alors raccordée au point de raccordement du client (Annexe B Figure 2).

### 5 Exigences générales

#### 5.1 Puissance nominale totale maximale

Dans le cadre de cette norme, la puissance nominale totale maximale d'une IPE raccordée au réseau basse tension est fixée à 5 MW pour une installation triphasée. Cette puissance limite correspond à la somme de la puissance nominale de chaque groupe de l'IPE.

Dans le cas d'une IPE ayant un point de raccordement monophasé au réseau d'Hydro-Québec, il est recommandé que la puissance nominale totale maximale de l'IPE soit limitée à 40 kW. Une puissance supplémentaire pourrait être raccordée dans le cadre d'une demande particulière à la suite d'une étude d'intégration (section 5.6) par Hydro-Québec.

La puissance produite sur chacune des phases doit être équilibrée lorsque le point de raccordement d'une IPE au réseau d'Hydro-Québec est triphasé.

La puissance maximale d'une IPE pouvant être intégrée à une ligne de distribution pourrait être limitée à une valeur inférieure par les facteurs suivants :

- profil de tension sur la ligne suite à l'intégration de l'IPE (section 5.6) ;
- capacité des éléments du réseau d'Hydro-Québec ;
- stabilité des groupes de l'IPE lors de perturbations ou de variations de charge sur le réseau d'Hydro-Québec ;

<sup>1</sup> Une installation de 600A à 347/600 V correspond à une puissance nominale de l'IPE de 593 kW considérant l'exigence d'un facteur de puissance de conception de 0,95 (section 7.2.1).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

- fluctuations de tension lors du démarrage et de l'arrêt de l'IPE ;
- coordination de la protection et qualité du service.

Lors de l'étude d'intégration (section 5.6), le représentant d'Hydro-Québec procédera à l'analyse de la demande de raccordement et déterminera si l'IPE excède la puissance limite pouvant être raccordée au réseau de distribution concerné<sup>2</sup>.

Il arrive parfois qu'un raccordement au réseau BT ne soit pas acceptable. Dans ce cas, le représentant d'Hydro-Québec informera le propriétaire de l'IPE et des solutions alternatives (telles qu'un raccordement à moyenne tension ou un raccordement à basse tension sur une ligne dédiée) pourront être évaluées à la demande du propriétaire de l'IPE.

## 5.2 Exigences complémentaires pour une IPE de 250 kW et plus

Les exigences complémentaires suivantes visent spécifiquement les IPE de 250 kW et plus :

- les groupes doivent être triphasés ;
- elle doit être conforme à la norme IEC 62786-1 *Distributed energy resources connection with the grid – Part 1: General requirements*. Les valeurs des variables numériques requises pour l'application de la norme sont consignées dans l'Annexe E ;
- elle est soumise à des seuils d'immunité aux variations de tension et de fréquence élargies (sections 6.4 et 6.7) ;
- elle doit permettre la configuration de taux maximaux de rampe lors des montées ou des baisses de volontaires de la puissance (section 7.2.2) ;
- l'installation d'une unité de télécommande et d'acquisition des producteurs privés (UTAPP) pourrait être requise (section 10.4) ;
- des modèles numériques permettant la modélisation de l'IPE dans le réseau d'Hydro-Québec doivent être soumis (section 5.9).

Les IPE de 1,0 MW et plus sont aussi soumises aux *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*.

Compte tenu de l'impact accru des IPE de 250 kW et plus sur le réseau d'Hydro-Québec, ces exigences ont pour but d'assurer la fiabilité de ces installations de manière à maintenir la qualité de la tension, la continuité de service des clients et d'assurer la sécurité des travailleurs d'Hydro-Québec et du public.

## 5.3 Conception

Le propriétaire de l'IPE doit se conformer aux conditions de service d'Hydro-Québec conformément à la Loi sur Hydro-Québec. L'IPE doit être conçue de manière à demeurer sécuritaire pour le personnel d'Hydro-Québec et pour le public en toute circonstance.

Les équipements et les installations de l'IPE doivent être conformes aux codes, normes et règles applicables au Québec ainsi qu'aux pratiques usuelles des services publics.

<sup>2</sup> Pour les employés d'Hydro-Québec, la norme E.12-02 *Planification du réseau de distribution d'Hydro-Québec pour l'intégration de la production décentralisée* fournit plus de précisions sur ce point.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

L'IPE doit être conçue de manière à ne pas causer de déclenchement de l'IPE à l'intérieur des zones d'immunité aux perturbations (sections 6.4 à 6.8) et de manière à causer un déclenchement dans les zones de déclenchement obligatoire (sections 9.7.3 et 9.7.4).

#### 5.4 Autorisations municipales et gouvernementales

Le propriétaire de l'IPE est responsable d'obtenir, au préalable, toutes les autorisations nécessaires au niveau municipal, provincial et fédéral.

Par exemple, un permis de construction peut être requis au niveau municipal pour l'installation de panneaux solaires ou d'une éolienne. Un permis du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec peut être requis pour l'installation d'une turbine hydraulique de petite puissance.

#### 5.5 Informations à transmettre à Hydro-Québec

L'intégration d'une IPE au réseau de distribution peut nécessiter des modifications aux installations existantes d'Hydro-Québec.

Des informations doivent donc être transmises à Hydro-Québec lors de la demande de raccordement dans le but d'assurer le respect des exigences techniques, des conditions de raccordement de l'installation, de réaliser l'étude d'intégration (section 5.6) qui permettra d'identifier les modifications à apporter au réseau et d'établir les conditions de raccordement de l'IPE au réseau de distribution :

- a) le formulaire de Demande de raccordement d'équipements de production d'électricité au réseau d'Hydro-Québec (Annexe A) ;
- b) un schéma de raccordement des installations (Annexe B) signé par un ingénieur ;
- c) pour les SERMO, le certificat qui démontre la conformité de l'onduleur à la norme UL1741-SB, incluant les résultats des essais de la section SB4.3.5.17 de la norme UL1741-SB ;
- d) le certificat de conformité à la norme IEEE 2030.5 / Sunspec Common Smart Inverter Profile (CSIP) version 2.1 ou plus récent ;
- e) pour les SERMO de 250 kW et plus, le ou les certificats qui démontrent la conformité de l'onduleur à la norme IEC 62786-1 :2023 ou plus récent.

#### 5.6 Étude d'intégration

L'étude d'intégration est un document qui vise à déterminer un scénario optimal du point de vue technique, économique et environnemental, parmi plusieurs variantes, pour l'intégration d'une IPE au réseau d'Hydro-Québec. Cette étude est spécifique à une demande de raccordement d'une nouvelle ressource en particulier. L'étude fournit la liste des équipements et des modifications requises au réseau s'il y a lieu, pour l'intégration d'une IPE au réseau d'Hydro-Québec.

L'étude d'intégration est réalisée par Hydro-Québec à l'aide des informations fournies lors de la demande de raccordement.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Hydro-Québec réalise une étude d'intégration dans l'une des situations suivantes :

- lors d'une demande de raccordement de centrale, conformément à la section 1.28 des *Tarifs et conditions des services de transport d'Hydro-Québec* ;
- lors d'une demande de raccordement d'un autoproduiteur, lorsque la capacité d'accueil du réseau est excédée au point de raccordement demandé.

## 5.7 Étude de raccordement

L'étude de raccordement est un document qui vise à faciliter la communication entre le propriétaire d'une IPE et Hydro-Québec pendant les phases de conception, de mise en service et d'essais de la réalisation d'une IPE. Elle atteint cet objectif en consignait en un seul document toutes les informations techniques requises par Hydro-Québec et par le propriétaire de l'IPE au sujet du raccordement.

Cette étude doit être réalisée et signée par un ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE aux frais de celui-ci.

Afin de guider la réalisation de l'étude de raccordement, Hydro-Québec fournit un gabarit d'étude ainsi que les informations nécessaires au propriétaire de l'IPE (Annexe C). Au fur et à mesure de l'avancement du projet d'IPE, l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE doit transmettre à Hydro-Québec différents livrables techniques réunis à l'intérieur de cette étude.

Si les résultats de l'étude de raccordement font en sorte que certaines modifications doivent être apportées au réseau de distribution, des frais pourraient alors devoir être assumés par le propriétaire de l'IPE, conformément aux *Conditions de service*. Ces modifications pourraient retarder l'autorisation de la mise en service.

L'étude de raccordement doit débuter au moins 18 mois avant la date de mise en service prévue de l'installation. La version finale, signée, incluant les réglages définitifs, doit être remise à Hydro-Québec deux mois avant la mise en service prévue. Le document doit être en format PDF et les signatures doivent être numériques et avoir été émises par le Centre de certification du Québec<sup>3</sup>. Le document doit être transmis par voie électronique.

L'acceptation finale de l'installation ne peut être autorisée tant qu'Hydro-Québec n'est pas satisfaite de cette étude et en aura accepté le contenu par écrit.

Les différents rapports d'essais doivent être consignés à l'intérieur de l'étude de raccordement. Afin de vérifier la conformité de l'IPE, Hydro-Québec fournit une liste d'essais minimaux.

L'étude de raccordement finale signée doit être conservée par le propriétaire de l'IPE pendant toute la durée de vie de l'installation et mise à la disposition d'Hydro-Québec sur demande.

## 5.8 Schémas types de raccordement

Des exemples de schémas unifilaires types de raccordement respectant les exigences de la présente norme sont présentés à l'Annexe B. Le Tableau 2 en présente le sommaire. D'autres configurations de raccordement peuvent être acceptables si elles respectent les exigences de la présente norme.

---

<sup>3</sup> Pour plus d'informations sur la signature électronique des documents d'ingénierie, consultez l'entreprise Notarius au <https://www.notarius.com/>

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 2 : Sommaire des schémas de raccordements de l'Annexe B**

	Onduleur certifié UL1741-SB				Onduleur <b>NON</b> certifié	Alternateur
	AVEC fil de neutre		SANS fil de neutre			
	SANS XFO de puissance	AVEC XFO de puissance	SANS XFO de puissance	AVEC XFO de puissance		
<b>SANS</b> Système de MALT	Figure 1	Figure 4	Figure 5 et Figure 6	Figure 7	Figure 8	Figure 3
<b>AVEC</b> Système de MALT	Annexe B Figure 9	Figure 2 et Figure 9	Annexe B Figure 10	Figure 10 et Figure 11	Figure 12	

## 5.9 Modèles de simulation

Le propriétaire d'une IPE de 250 kW et plus devra fournir un modèle numérique de l'IPE, pouvant être utilisé avec la version courante du progiciel PSS/E de la firme Siemens PTI. Les modèles dynamiques représentant le comportement des groupes doivent être inclus à la bibliothèque de PSS/E.

## 5.10 Construction et raccordement au réseau d'Hydro-Québec

Le propriétaire de l'IPE doit obtenir l'autorisation écrite d'Hydro-Québec pour procéder au raccordement de l'IPE au réseau d'Hydro-Québec.

Les équipements de production d'électricité doivent être installés du côté IPE du coffret de branchement de l'installation électrique ainsi que du côté IPE de tout équipement de sectionnement ou de mesurage utilisé par Hydro-Québec, le cas échéant.

Une fois la construction de l'IPE complétée, si l'autorisation de raccordement n'a pas été émise par Hydro-Québec, un ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE doit cadenasser ouvert le disjoncteur principal de l'IPE (section 5.17). L'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE devra alors envoyer à Hydro-Québec une confirmation écrite du cadennassage du disjoncteur principal de l'IPE.

Une fois l'autorisation de raccordement reçue, le propriétaire de l'IPE est autorisé à synchroniser ses groupes au réseau d'Hydro-Québec uniquement afin de réaliser les essais de mise en service.

## 5.11 Modification à l'installation

Le propriétaire de l'IPE doit obtenir l'autorisation écrite d'Hydro-Québec avant d'effectuer des modifications matérielles et/ou logicielles, de réglages des équipements utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec et/ou d'autres paramètres de l'onduleur d'un SERMO ou encore une réfection de l'IPE.

Le propriétaire de l'IPE doit transmettre une demande écrite à Hydro-Québec et joindre à celle-ci tous les documents pertinents à la demande. La section 5.5 présente une liste des documents requis. Le représentant d'Hydro-Québec informera le propriétaire de l'IPE lors de l'analyse du dossier si une mise à jour de l'étude de raccordement est exigée (section 5.7).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

À la suite d'une modification de l'installation, une inspection et des essais pourraient être requis d'un ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE (section 5.12).

### 5.12 Inspection et essai de vérification

Une fois le raccordement autorisé, au moment de la mise en service des groupes ou à la suite de modifications de l'IPE, des essais doivent être réalisés sous la supervision d'un ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE. La liste des essais est consignée dans l'étude de raccordement (Annexe C).

Si une UTAPP a été exigée par Hydro-Québec (sections 5.2 et 10.4), un technicien d'Hydro-Québec viendra mettre en service l'UTAPP et établir la communication avec le CED. Des essais d'ouverture et de verrouillage à distance du disjoncteur principal de l'IPE seront effectués à ce moment.

Un représentant d'Hydro-Québec assistera aux essais si Hydro-Québec juge que c'est nécessaire. Celui-ci pourra entre autres :

- valider les informations transmises par le propriétaire de l'IPE, notamment la version du microcode de l'onduleur dans le cas d'une SERMO ;
- valider la conformité des installations au schéma de raccordement, notamment que les équipements de production d'électricité sont raccordés du côté IPE du coffret de branchement (section 5.10) ;
- valider le raccordement du fil de neutre sur la borne du neutre de l'onduleur d'une SERMO le cas échéant ;
- vérifier que les avertissements de sécurité ont été apposés aux endroits requis ;
- vérifier que les commandes manuelles du disjoncteur principal de l'IPE ont été condamnées de manière appropriée, le cas échéant ;
- vérifier que les réglages assurant la protection du réseau d'Hydro-Québec, le comportement de l'IPE en régime permanent et le comportement de l'IPE en régime perturbé ne peuvent être modifiés par du personnel non autorisé.

Une fois les essais complétés, l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE doit remplir et signer le rapport d'essais, puis envoyer le rapport à Hydro-Québec.

Hydro-Québec prendra connaissance du rapport d'essais et si elle s'en déclare satisfaite, émettra l'autorisation de production continue. À partir de ce moment, l'IPE peut produire de l'électricité de façon continue.

### 5.13 Scellement des réglages électriques de l'IPE

Les réglages assurant la protection du réseau d'Hydro-Québec (sections 9.7.3 et 9.7.4), le comportement de l'IPE en régime permanent (section 7.1) et le comportement de l'IPE en régime perturbé (section 7.3) ne doivent pas être modifiés sans l'autorisation d'Hydro-Québec. Le scellement par mot de passe est accepté par Hydro-Québec. L'accès aux réglages doit être limité au personnel compétent.

### 5.14 Exploitation

Une IPE de 250 kW et plus équipée d'une UTAPP doit être exploitée par le propriétaire de l'IPE en conformité avec le Code de sécurité des travaux d'Hydro-Québec – Chapitre Distribution.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

À cette fin, une entente d'exploitation doit être conclue entre Hydro-Québec et le propriétaire de l'IPE. Les exploitants de l'IPE doivent aussi suivre une formation obligatoire sur l'application du Code de sécurité des travaux d'Hydro-Québec – Chapitre Distribution.

### 5.15 Maintenance

Le propriétaire de l'IPE doit assurer la maintenance et la vérification périodique des équipements utilisés pour l'intégration au réseau d'Hydro-Québec conformément à la norme E.12-03.

Toute défaillance des systèmes relatifs à la protection du réseau d'Hydro-Québec doit être rapportée immédiatement à Hydro-Québec et corrigée dans les plus brefs délais.

### 5.16 Démantèlement

Une IPE qui est raccordée au réseau d'Hydro-Québec, mais qui a cessé de produire de l'électricité depuis plus de 12 mois, doit être démantelée. Exceptionnellement, une entente pourrait être prise avec Hydro-Québec pour prolonger ce délai en cas de force majeure.

Lorsqu'une IPE est démantelée, le propriétaire de l'IPE doit :

- Aviser Hydro-Québec de son intention de démanteler la centrale si la période de 12 mois n'est pas écoulée ;
- Exécuter les travaux nécessaires pour retirer l'installation du réseau d'Hydro-Québec. À cette fin, le propriétaire de l'IPE doit faire retirer une ou plusieurs pièces mécaniques, telles que des barres omnibus, des équipements électriques ou des conducteurs, afin de rompre le lien électrique de l'énergie principale<sup>4</sup> de l'IPE avec le réseau d'Hydro-Québec ;
- Faire inspecter l'IPE par un ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE afin d'obtenir une confirmation écrite signée que celle-ci n'est plus raccordée au réseau d'Hydro-Québec. Un représentant d'Hydro-Québec assistera à l'inspection si Hydro-Québec juge que c'est nécessaire. ;
- Envoyer une copie de la lettre de confirmation de l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE ayant effectué l'inspection à Hydro-Québec.

Une fois la lettre de confirmation reçue par Hydro-Québec, l'IPE sera retirée du schéma d'exploitation du réseau et un représentant d'Hydro-Québec viendra retirer l'UTAPP le cas échéant.

### 5.17 Cadenassage

Les accessoires et les cadenas utilisés pour la condamnation des équipements de l'IPE doivent être spécifiquement destinés pour le cadenasage et conformes aux normes CSA Z462 section 4.2.3 *Appareillage de cadenasage* et CSA Z460 section 7.3.2 *Exigences générales en matière de cadenasage*.

Lorsqu'un cadenas est apposé sur un appareil à la demande d'Hydro-Québec, une étiquette informative doit être apposée au cadenas. Un exemple de cette étiquette est présenté à la Figure 1 de l'Annexe G.

<sup>4</sup> On entend par énergie principale d'une IPE, le chemin électrique par lequel transite l'énergie entre les groupes et le réseau d'Hydro-Québec. En général, l'alimentation des services auxiliaires ne fait pas partie de l'énergie principale d'une IPE.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Lorsqu'un cadenas est apposé sur le bouton-poussoir présent sur la façade du disjoncteur principal de l'IPE, une étiquette informative doit être apposée au cadenas. Un exemple de cette étiquette est présenté à la Figure 2 de l'Annexe G.

### 5.18 Affichage d'avertissements de sécurité

La présence d'une IPE dans un bâtiment requiert l'affichage des avertissements de sécurité suivants :

- un avertissement signalant la présence d'une IPE doit être apposé soit sur le cabinet de l'embase du compteur, soit sur le cabinet de mesure d'Hydro-Québec. Le même avertissement doit aussi être installé sur le panneau de distribution dans lequel est installé le disjoncteur principal de la centrale, lorsqu'applicable. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 3 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE de moins de 250 kW qui ne nécessite pas de circuit télécommande ou de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE, un avertissement doit être apposé sur le point de sectionnement utilisé pour le cadenasage de l'IPE. Il peut s'agir d'un sectionneur cadenasable, d'un interrupteur cadenasable ou d'un disjoncteur cadenasable. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 4 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE de 250 kW et plus ou dans le cas d'une IPE qui nécessite un circuit de télécommande ou de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE, un avertissement doit être apposé sur le disjoncteur principal de l'IPE. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 5 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE dotée d'un disjoncteur principal ayant nécessité la condamnation d'un bouton-poussoir présent sur la façade du disjoncteur, un avertissement doit être apposé sur le disjoncteur principal de l'IPE, le plus près possible du bouton-poussoir. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 6 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE dotée de relais servant à assurer la protection du réseau d'Hydro-Québec, un avertissement doit être apposé sur le cabinet des relais. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 7 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE dotée d'une UTAPP, un avertissement doit être apposé sur le cabinet de l'UTAPP. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 8 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE dotée d'autres types de systèmes nécessaires à la protection du réseau d'Hydro-Québec tel que, par exemple, des transformateurs de mesure, des systèmes d'alimentations, des relais d'interposition ou des appareils de télécommunication, un avertissement doit être apposé sur chacun des cabinets dans lesquels ces systèmes sont présents. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 9 de l'Annexe G ;
- dans le cas d'une IPE dotée d'un transformateur de MALT, un avertissement doit être apposé sur le transformateur. Un exemple de cet avertissement est présenté à la Figure 10 de l'Annexe G.

Les avertissements de sécurité doivent :

- être imprimés ou fabriqués à l'aide de matières durables ;
- résister à l'environnement dans lequel ils sont installés ;
- rester lisibles pour la durée de vie utile planifiée de l'IPE ;
- être apposés à l'aide d'un adhésif permanent ou à l'aide de fixations permanentes.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Hydro-Québec recommande l'utilisation de plaques gravées de type lamicoïde fixées aux cabinets à l'aide de vis.

## 6 Exigences relatives à la tension et à la fréquence

### 6.1 Fluctuations de tension

Le niveau de papillotement au point de raccordement, causé par l'IPE, doit respecter les limites définies par la norme C.22-03 *Exigences techniques relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec*. Les fluctuations de tension devant être considérées lors du calcul du papillotement excluent les phénomènes transitoires d'une durée inférieure à 2 périodes de 60 Hz. Ces fluctuations peuvent être notamment causées par la manœuvre de batteries de condensateurs et par le démarrage et l'arrêt de moteurs ou de génératrices.

Les limites de papillotement de tension admissibles sont définies en fonction de la fréquence des fluctuations.

Dans le cas où l'IPE a plus d'un équipement pouvant provoquer des fluctuations de tension, par exemple au niveau des équipements des services auxiliaires, leurs effets cumulatifs doivent être évalués conformément aux dispositions de la norme C.22-03 *Exigences techniques relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec*.

L'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE doit effectuer les calculs relatifs aux fluctuations de tension à l'aide des données du réseau d'Hydro-Québec au point de raccordement, lorsque ses installations comportent des équipements susceptibles de produire des fluctuations de tension. Pour ce faire, Hydro-Québec lui fournit le niveau minimal de court-circuit ainsi que l'emplacement du point de raccordement à utiliser pour effectuer les calculs.

### 6.2 Distorsions harmoniques

L'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE doit effectuer les calculs relatifs aux perturbations harmoniques à l'aide des données du réseau d'Hydro-Québec au point de raccordement, lorsque ses installations comportent des équipements susceptibles de produire des harmoniques. Les indications précises sur la méthode de calcul à utiliser sont définies dans la norme C.25-01, *Exigences techniques relatives à l'émission d'harmoniques par les installations de clients raccordées au réseau de distribution d'Hydro-Québec*.

Lorsque l'une ou l'autre des limites de perturbation harmonique est dépassée, l'IPE doit être modifiée ou munie de filtres pour limiter l'injection de courants harmoniques dans le réseau d'Hydro-Québec. Lorsque de tels filtres sont requis, l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE doit réévaluer les indices précédents pour démontrer que l'IPE respecte ainsi les limites prescrites avec l'ajout de filtres. Hydro-Québec peut exiger que des mesures soient effectuées en réseau pour s'assurer que l'IPE respecte les limites prévues.

### 6.3 Injection de courant continu

Aucune IPE ne devra, sous aucune considération, produire un courant continu d'amplitude supérieure à 0,5 % de son courant nominal. Bien que cette exigence soit générale, elle s'applique plus particulièrement aux SERMO.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 6.4 Immunité aux variations de tension

L'IPE doit être conçue de façon à pouvoir générer sa pleine puissance d'exploitation lorsque la tension au point de raccordement est maintenue à l'intérieur de +10 % / -12 % de la tension nominale du réseau de distribution BT.

### 6.4.1 Passage à travers les sous-tensions et les surtensions

Les Tableau 3 et Tableau 4 présentent les exigences de passage à travers les sous-tensions et les surtensions<sup>5</sup>.

L'annexe D présente les graphiques illustrant de manière superposée les exigences de passage à travers les sous-tensions et les surtensions et les seuils de protection.

**Tableau 3 : Durée minimale de passage à travers les sous-tensions et les surtensions d'une IPE**

Tension (% de la tension nominale) <sup>1</sup>	Durée de passage à travers <sup>2</sup>	Mode d'opération <sup>3</sup>
137 % < V	0.033 seconde	Doit rester en opération
125 % < V ≤ 137 %	0,1 seconde	Doit rester en opération
120 % < V ≤ 125 %	2 secondes	Doit rester en opération
110 % < V ≤ 120 %	12 secondes	Doit rester en opération
88 % ≤ V ≤ 110 %	Déclenchement prohibé	Opération continue
70 % ≤ V < 88 %	20 secondes	Doit rester en opération
50 % ≤ V < 70 %	10 secondes	Doit rester en opération
V < 50 %	1 seconde	Doit rester en opération

1. Tension (RMS) à la fréquence fondamentale pour une IPE monophasée. Tension (RMS) phase-terre, phase-neutre et phase-phase pour chacune des phases pour une IPE triphasée. Si l'une des phases atteint le seuil de déclenchement, l'IPE doit déclencher sur les trois phases.
2. Durée minimale pendant laquelle l'IPE doit demeurer en service sans déclenchement (déclenchement prohibé) à la suite d'une perturbation
3. Comportement attendu de l'IPE pendant la durée de passage à travers une perturbation

<sup>5</sup> Ces exigences sont basées à la fois sur les valeurs des Tableaux 8 et 9 de la section 12.2 du document *Exigences techniques de raccordement des centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec* et sur la section 6.4 de la norme IEEE 1547-2018.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 4 : Durée minimale de passage à travers les sous-tensions et les surtensions d'une IPE de moins de 250 kW équipée de SERMO et d'un onduleur certifié UL1741-SB**

Tension (% de la tension nominale) <sup>1</sup>	Durée de passage à travers <sup>2</sup>	Mode d'opération <sup>3</sup>
137 % < V	instantané	Peut bloquer ou déclencher
125 % < V ≤ 137 %	instantané	Peut bloquer ou déclencher
120 % < V ≤ 125 %	instantané	Peut bloquer ou déclencher
110 % < V ≤ 120 %	12 secondes	Doit bloquer
88 % ≤ V ≤ 110 %	Déclenchement prohibé	Opération continue
70 % ≤ V < 88 %	20 secondes	Doit rester en opération
50 % ≤ V < 70 %	10 secondes	Doit rester en opération
V < 50%	1 seconde	Doit bloquer

1. Tension (RMS) à la fréquence fondamentale pour une IPE monophasée. Tension (RMS) phase-terre, phase-neutre et phase-phase pour chacune des phases pour une IPE triphasée. Si l'une des phases atteint le seuil de déclenchement, l'IPE doit déclencher sur les trois phases.
2. Durées minimales pendant lesquelles l'IPE doit demeurer en service sans déclenchement (déclenchement prohibé) à la suite d'une perturbation.
3. Comportement attendu de l'IPE pendant la durée de passage à travers une perturbation.
4. Un onduleur certifié UL1741-SB est considéré comme conforme.

## 6.5 Immunité à la tension de séquence inverse

L'IPE doit être conçue de façon à pouvoir générer sa pleine puissance et être exploitée en continu en présence de la tension de séquence inverse au point de raccordement qui est habituelle sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec, en plus de continuer à opérer pendant des événements exceptionnels.

Hydro-Québec vise à livrer une tension sur son réseau qui comporte<sup>6</sup> :

- moins de 2 % de tension de séquence ( $V_2/V_1$ ) inverse en conditions normales d'exploitation ;
- moins de 3 % de tension de séquence inverse ( $V_2/V_1$ ) pour un réseau comportant de longs embranchements biphasés ou monophasés ;

et ce, 95 % du temps sur une période d'une semaine.

En ce qui concerne les événements exceptionnels, l'IPE doit continuer à opérer sans interruption en présence des conditions suivantes<sup>7</sup> :

- 6 % de tension de séquence inverse pour une durée de 30 secondes ;
- 13 % de tension de séquence inverse pour une durée de 15 secondes ;
- 25 % de tension de séquence inverse pour une durée de 0,1 seconde.

<sup>6</sup> Extrait du document *Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec*.

<sup>7</sup> Extrait du Tableau 1 de la norme CSA CEI/IEC 61000-4-27:01 (réaffirmée en 2024).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 6.6 Immunité à la tension de séquence homopolaire

En prenant en compte sa contribution au courant de séquence homopolaire liée aux caractéristiques du réseau d'Hydro-Québec, l'IPE doit être conçue de façon à pouvoir générer sa pleine puissance et être exploitée en continu en présence de la tension de séquence homopolaire qui est habituelle sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec, en plus de continuer à opérer pendant des événements exceptionnels.

En conditions habituelles d'exploitation, l'IPE doit être immunisée envers les déséquilibres de tension homopolaire ( $V_0/V_1$ ) allant jusqu'à 4 %.

En ce qui concerne les événements exceptionnels, l'IPE doit continuer à opérer sans interruption lors d'un court-circuit phase-terre sur une ligne adjacente<sup>8</sup>. À cette fin, la section coordination des protections de l'étude de raccordement (section 5.7) doit tenir compte de la contribution de l'IPE au courant de séquence homopolaire dans un court-circuit franc de type phase-terre sur une ligne adjacente.

## 6.7 Immunité aux variations de fréquence

L'IPE doit être conçue de façon à pouvoir générer sa pleine puissance d'exploitation lorsque la fréquence au point de raccordement est maintenue à l'intérieur de la plage de 59,4 Hz à 60,6 Hz.

### 6.7.1 Vitesse de variation de la fréquence

L'IPE doit être conçue de façon à demeurer en service lors d'une variation de la fréquence pour tout l'intervalle de -4 Hz / seconde à +4 Hz / seconde.

### 6.7.2 Passage à travers les variations de fréquence

Le Tableau 5 et le Tableau 6 présentent les exigences de passage à travers les variations de fréquences<sup>9</sup>.

L'annexe D présente les graphiques illustrant de manière superposée les exigences de passage à travers les variations de fréquence et les seuils de protection.

---

<sup>8</sup> Le court-circuit étudié doit être situé directement en aval du disjoncteur ayant le réglage le plus lent alimenté par la même barre du poste d'intégration que la ligne de l'IPE. La durée du court-circuit doit correspondre au temps d'ouverture du disjoncteur pour son réglage le plus lent.

<sup>9</sup> Ces exigences sont basées sur les valeurs du Tableau 4 de la section 6.6.3 et du Tableau 10 de la section 12.2.3 du document *Exigences techniques de raccordement des centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 5 : Durée minimale de passage à travers les variations de fréquence d'une IPE**

Fréquence (Hz)	Durée de passage à travers <sup>2</sup>	Mode d'opération <sup>4</sup>
$63,5 < f$	instantané	Peut rester en opération ou déclencher
$63 < f \leq 63,5$	5 secondes	Doit rester en opération
$61,5 < f \leq 63$ <sup>1</sup>	90 secondes	Doit rester en opération
$60,6 < f \leq 61,5$	660 secondes	Doit rester en opération
$59,4 \leq f \leq 60,6$	Déclenchement prohibé	Opération continue
$58,5 \leq f < 59,4$	660 secondes	Doit rester en opération
$57,5 \leq f < 58,5$	90 secondes	Doit rester en opération
$57,0 \leq f < 57,5$	10 secondes	Doit rester en opération
$56,5 \leq f < 57,0$	2 secondes	Doit rester en opération
$55,5 \leq f < 56,5$	0,35 seconde	Doit rester en opération
$f < 55,5$	instantané <sup>3</sup>	Peut rester en opération ou déclencher

- Un déclenchement instantané est permis à partir de 61,7 Hz pour les IPE suivantes :
  - munies d'alternateurs synchrones dont la capacité totale est inférieure ou égale à 250 kW ;
  - IPE thermiques et turbines à gaz ;
  - IPE munies d'alternateurs asynchrones ;
  - IPE équipe de SERMO.
- Durées minimales pendant lesquelles l'IPE doit demeurer en service sans déclenchement (déclenchement prohibé) à la suite d'une perturbation.
- Le terme « instantané » réfère à la permission de déclencher sans délai intentionnel.
- Comportement attendu de l'IPE pendant la durée de passage à travers une perturbation.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 6 : Durée minimale de passage à travers les variations de fréquence d'une IPE de moins de 250 kW équipée de SERMO et d'un onduleur certifié UL1741-SB**

Fréquence (Hz)	Durée de passage à travers <sup>1</sup>	Mode d'opération <sup>3</sup>
$61,7 \leq f$	instantané	Peut rester en opération ou déclencher
$61,5 < f < 61,7$	90 secondes	Doit rester en opération
$60,6 < f \leq 61,5$	660 secondes	Doit rester en opération
$59,4 \leq f \leq 60,6$	Déclenchement prohibé	Opération continue
$58,5 \leq f < 59,4$	660 secondes	Doit rester en opération
$57,5 \leq f < 58,5$	90 secondes	Doit rester en opération
$57,0 \leq f < 57,5$	10 secondes	Doit rester en opération
$56,5 \leq f < 57,0$	2 secondes	Doit rester en opération
$55,5 \leq f < 56,5$	0,35 seconde	Doit rester en opération
$f < 55,5$	instantané <sup>2</sup>	Peut rester en opération ou déclencher

1. Durées minimales pendant lesquelles l'IPE doit demeurer en service sans déclenchement (déclenchement prohibé) à la suite d'une perturbation.
2. Le terme « instantané » réfère à la permission de déclencher sans délai intentionnel.
3. Comportement attendu de l'IPE pendant la durée de passage à travers une perturbation.
4. Un onduleur certifié UL1741-SB est considéré comme conforme.

## 6.8 Immunité aux changements d'angle de phase

L'IPE doit être conçue de façon à pouvoir rester connectée lorsque l'angle de phase de la tension varie de manière instantanée de 60° lors d'un évènement monophasé et 20° lors d'un évènement triphasé. Une telle situation peut se produire lors d'évènements de passage à travers une sous-tension ou de passage à travers une surtension.

## 7 Exigences relatives au comportement de l'IPE

### 7.1 Démarrage de l'IPE

#### 7.1.1 Conditions de mise en marche

Pour qu'une IPE puisse lancer sa séquence de mise en marche et commencer à produire de la puissance, les deux critères ci-dessous doivent être remplis :

- la tension au point de raccordement devra être stabilisée à l'intérieur des limites des conditions marginales d'exploitation présentées au Tableau 1 pendant une durée minimale de 5 minutes ;
- la fréquence devra être stabilisée à l'intérieur des limites des conditions normales d'exploitation définies à la section 4.1.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Ce délai doit être appliqué au démarrage de l'IPE, à la suite d'un déclenchement de l'IPE ou d'une panne sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec<sup>10</sup>.

### 7.1.2 Tolérances de synchronisation

Une IPE qui produit une tension à la fréquence fondamentale du réseau d'Hydro-Québec avant d'être électriquement raccordée à celui-ci doit atteindre les tolérances de synchronisation du Tableau 7 avant de fermer le disjoncteur principal de l'IPE pour effectuer la mise en phase.

**Tableau 7 : Tolérances de synchronisation maximales lors de la mise en phase d'une IPE avec le réseau d'Hydro-Québec<sup>11</sup>**

Puissance totale de l'IPE (kVA)	Adéquation de la fréquence ( $\Delta f$ , Hz)	Adéquation de la tension ( $\Delta V$ , %)	Adéquation de l'angle de phase ( $\Delta \Phi$ , degré)
0–500	0,3	10	20
>500–1500	0,2	5	15
>1500	0,1	3	10

Le niveau de perturbation de la tension au point de raccordement, lors de la manœuvre de synchronisation, doit respecter les exigences de la norme C.22-03 (section 7.1). Si nécessaire, des tolérances de synchronisation plus serrées seront exigées.

### 7.1.3 Synchronisation des alternateurs synchrones

La synchronisation des alternateurs synchrones au réseau de distribution doit s'effectuer à l'aide d'un système de vérification de synchronisme d'alternateur (fonction 25) tout en respectant les exigences sur les fluctuations de tension (section 6.1).

### 7.1.4 Synchronisation des alternateurs asynchrones

La synchronisation des alternateurs asynchrones au réseau d'Hydro-Québec doit s'effectuer lorsque ceux-ci approchent de leur vitesse nominale afin de respecter les exigences sur les fluctuations de tension (section 6.1).

## 7.2 Régime permanent

Le régime permanent est défini comme la plage de tension entre 88 % et 110 % de la tension nominale et la plage de fréquence entre 59,4 et 60,6 Hz.

<sup>10</sup> En accord avec l'exigence de passage à travers les sous-tension (section 6.4.1) et celle des protections de tension (section 9.7.3), une panne est caractérisée par une tension de moins de 50 % de la tension nominale pour une durée de 2 secondes et plus.

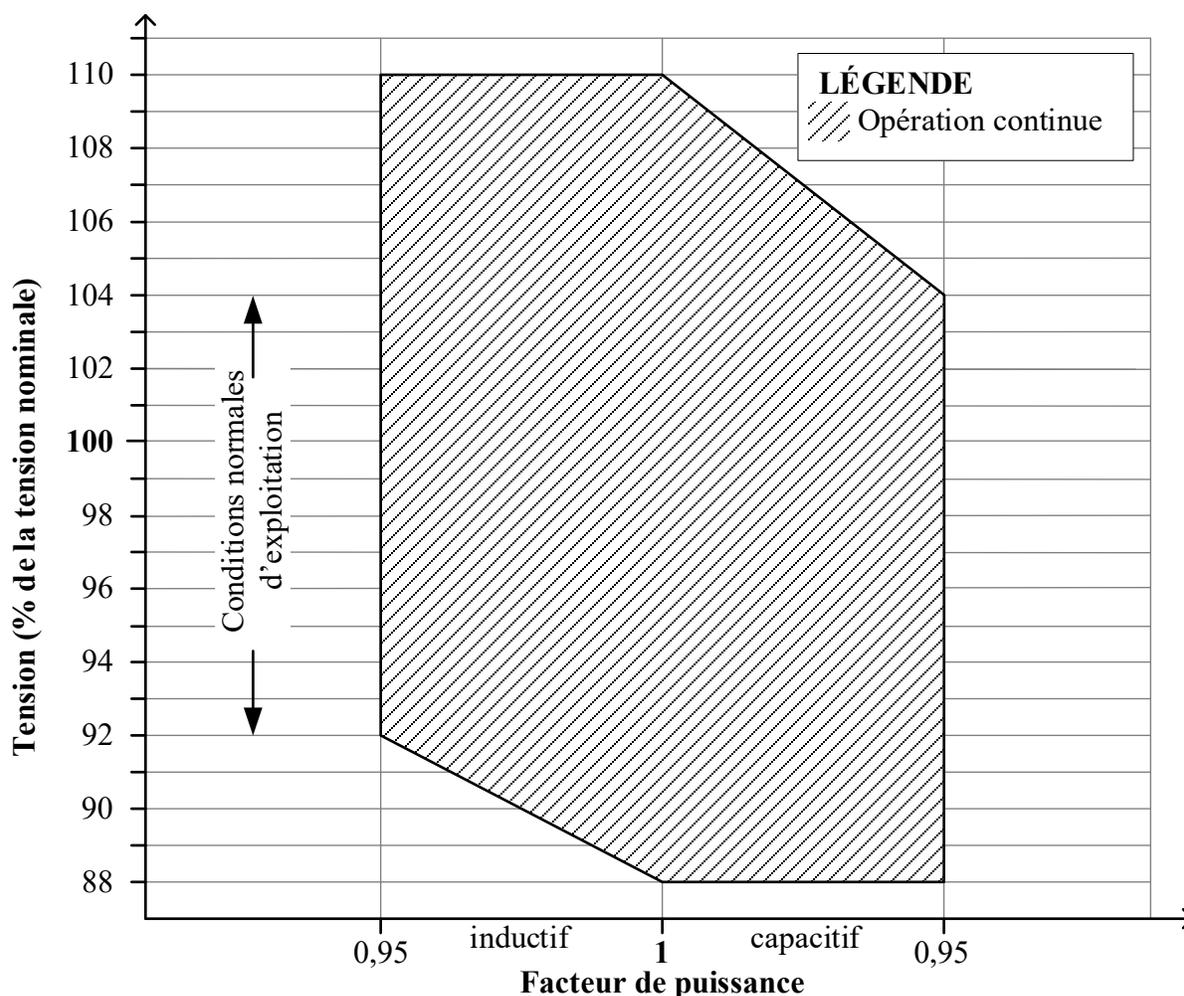
<sup>11</sup> Extrait du Tableau 5 de la norme IEEE 1547-2018.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

### 7.2.1 Facteur de puissance de conception

L'IPE doit pouvoir fournir et d'absorber la quantité de puissance réactive correspondant à un facteur de puissance capacitif et inductif égal ou supérieur à 0,95 au point de raccordement, en régime permanent, lorsque l'IPE opère à sa puissance nominale, autant dans la situation où l'IPE injecte de la puissance active au point de raccordement que la situation où elle en absorbe (IPE hybride ou système de stockage d'énergie) et ce, dans toute la plage de température d'opération prévue.

Toutefois, comme illustré à la figure 1, à une tension inférieure à 92 % de la tension nominale phase-neutre, l'IPE n'est pas tenue d'absorber la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance inductif de 0,95. Elle doit néanmoins pouvoir fournir la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance capacitif de 0,95. De même, à une tension supérieure à 104 % de la tension nominale phase-neutre, l'IPE n'est pas tenue de fournir la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance capacitif de 0,95, mais doit néanmoins pouvoir absorber la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance inductif de 0,95.



**Figure 1 : Puissance réactive disponible au point de raccordement en fonction de la tension phase-neutre**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

### 7.2.2 Taux maximaux de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance

Une IPE de 250 kW et plus doit être conçue de manière à pouvoir respecter les taux maximaux de rampe suivants, lors des montées ou des baisses volontaires de leur puissance active produite :

- rampe avec un temps minimal ajustable de 2 à 60 minutes pour une variation de production de 0 MW (départ à l'arrêt) à  $P_{max}$  (puissance maximale) de l'IPE ;
- rampe avec un temps minimal ajustable de 2 à 60 minutes pour une variation de production de  $P_{max}$  (puissance maximale) à 0 MW (arrêt) de l'IPE.

Lors des variations de la puissance active durant l'exploitation normale, l'IPE doit respecter les exigences en termes de fluctuations de tension décrites à la section 6.1.

### 7.2.3 Reprise après panne d'un système de stockage d'énergie

Une IPE qui comporte un système de stockage d'énergie doit être conçue de manière à pouvoir limiter la puissance de recharge du système de stockage pendant la période de reprise après panne à la suite d'une interruption de l'alimentation du réseau d'Hydro-Québec. Les paramètres suivants doivent pouvoir être configurés :

- un délai ajustable de 0 à 240 minutes, à partir de la fin de l'interruption de l'alimentation, avant la reprise de la recharge ( $T_{DélaiRAP-RechargeSSE}$ ). La valeur par défaut est de 60 minutes ;
- un délai ajustable de 0 à 720 minutes, suite à la reprise de la recharge, pendant lequel la puissance de la recharge sera limitée ( $T_{LimiteRAP-RechargeSSE}$ ). La valeur par défaut est de 240 minutes ;
- une limite de la puissance de recharge ( $P_{LimiteRAP-RechargeSSE}$ ) dans une plage de 0 MW jusqu'à la puissance de recharge maximale du système de stockage d'énergie ( $P_{max-RechargeSSE}$ ) pendant la période  $T_{LimiteRAP-RechargeSSE}$ . La valeur par défaut est de 25 pour cent de  $P_{max-RechargeSSE}$  ;

Les variables  $T_{DélaiRAP-RechargeSSE}$ ,  $T_{LimiteRAP-RechargeSSE}$  et  $P_{LimiteRAP-RechargeSSE}$  doivent pouvoir être configurées à distance (section 10).

### 7.2.4 Arrêt de l'IPE en prévision de conditions climatiques sévères

Une IPE doit être conçue et réalisée de manière à pouvoir réduire sa puissance graduellement sur une période variant entre 1 et 4 heures lorsqu'une prévision de grand froid, de forts vents, de verglas, d'ennuagement rapide, de fortes précipitations de neige, d'une éclipse solaire ou de tout autre phénomène naturel ou condition climatique sévère oblige son arrêt graduel.

### 7.2.5 Régulation de la puissance active (Watts)

Une IPE de 250 kW et plus doit pouvoir ajuster sa puissance active en fonction de la tension et de la fréquence du réseau de distribution en régime permanent. À cet effet, elle est soumise aux exigences de la norme IEC 62786-1.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Dans le cas d'une IPE équipée d'alternateurs synchrones dont les groupes ont une puissance nominale de 5 MW et moins, Hydro-Québec n'exige pas, à moins d'avis contraire de sa part, que les groupes de l'IPE soient munis de régulateurs de vitesse. Lorsqu'un régulateur de vitesse est installé et n'est pas requis par Hydro-Québec, celui-ci doit être mis hors fonction (l'asservissement en fréquence doit être désactivé) lorsque le groupe est synchronisé au réseau de distribution afin de réduire les risques d'ilotage. Son utilisation lors de la production en synchronisme avec le réseau de distribution pourrait nécessiter l'utilisation d'une fonction de télédéclenchement pour assurer la séparation de l'IPE et du réseau.

### 7.2.6 Régulation de la puissance réactive (Vars)

En général, une IPE doit maintenir un facteur de puissance (FP) unitaire au point de raccordement. Hydro-Québec peut toutefois exiger un FP différent à l'intérieur de la plage de puissance réactive que l'IPE doit rendre disponible au réseau en régime permanent (section 7.2.1).

Lorsqu'une IPE est exploitée en mode FP, l'opération du régulateur de puissance réactive ne doit pas nuire au bon fonctionnement de la protection de tension requise à la section 9.7.3.

La consigne de FP assignée par Hydro-Québec pourra prendre la forme d'une valeur constante, d'une valeur assignée en fonction du temps (la période de l'année par exemple) ou d'autres conditions déterminées par Hydro-Québec.

Certaines restrictions s'appliquent lorsque des condensateurs sont installés à l'IPE dans le but, par exemple, de compenser le FP au point de raccordement. La section 8.7 énonce ces restrictions.

Une IPE de 250 kW et plus doit pouvoir ajuster sa puissance réactive en fonction de la tension du réseau de distribution en régime permanent. À cet effet, elle est soumise aux exigences de la norme IEC 62786-1.

Hydro-Québec pourrait accepter qu'une IPE équipée de groupes asynchrones n'ait pas de système automatique de régulation de la puissance réactive, notamment lorsque le niveau de court-circuit au point de raccordement est nettement plus élevé que la puissance installée de l'IPE.

La régulation de la puissance réactive peut être réalisée par les groupes de l'IPE ou par des équipements de compensation supplémentaires faisant partie de l'IPE.

Hydro-Québec informera le propriétaire de l'IPE du mode d'exploitation du régulateur de puissance réactive qui devra être mis en œuvre à l'IPE.

### 7.3 Régime perturbé

L'IPE, y compris tous ses équipements, doit demeurer en service sans déclenchement de groupe, directement ou indirectement, lors des variations de tension et de fréquence qui se manifestent, c'est-à-dire pendant et après celles-ci, à la suite d'une perturbation, à l'intérieur des zones d'immunité aux variations de tension (section 6.4), d'immunité à la tension de séquence inverse (section 6.5), d'immunité à la tension de séquence homopolaire (section 6.6), d'immunité aux variations de fréquence (section 6.7) et d'immunité aux changements d'angle de phase (section 6.8). Les équipements de l'IPE comprennent les groupes, les différents systèmes auxiliaires, les systèmes de contrôles et les équipements de compensation.

À cet effet, les exigences suivantes doivent être respectées :

- a) le point de référence pour les exigences d'immunité est le point de raccordement ;

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

- b) lors d'un évènement réseau, une IPE de 250 kW et plus doit pouvoir supporter le réseau lors de chutes de tension en fournissant du courant réactif additionnel. Dans le cas d'un évènement asymétrique, l'IPE doit fournir non seulement du courant réactif dans la séquence directe, mais aussi dans la séquence inverse. À cet effet, elle est soumise aux exigences de la norme IEC 62786-1 ;
- c) une IPE de 250 kW et plus doit être conçue et réalisée de manière à pouvoir passer à travers de multiples évènements réseau consécutifs :
- une IPE équipée de groupes synchrones est autorisée à se déconnecter du réseau lorsque les limites thermiques d'un ou de plusieurs groupes sont dépassées à la suite d'une séquence d'évènements réseau ;
  - une IPE équipée de SERMO doit pouvoir passer à travers n'importe quelle séquence d'évènements réseau, jusqu'à ce que l'énergie totale accumulée qui n'a pu être envoyée au réseau en raison d'évènements réseau dans les 30 dernières minutes excède l'énergie équivalente produite par l'IPE, lorsqu'elle opère à pleine puissance pendant une durée de 2 secondes. Des bancs de charges peuvent être utilisés à cette fin lorsque nécessaire ;
  - si des oscillations d'essieux ou d'autres oscillations mécaniques similaires se produisent à la suite d'une séquence d'évènements réseau, les groupes affectés ou l'IPE le cas échéant sont autorisés à se déconnecter dans le but de se protéger.

### 7.3.1 Contribution au courant de court-circuit

La contribution d'une IPE au courant de court-circuit interrompu<sup>12</sup> ne doit dépasser la capacité des équipements de l'IPE et d'Hydro-Québec, ni entraîner la somme des courants de courts-circuits présents sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec au-delà de 87,5 % de la capacité d'interruption des appareils de protection en réseau et au poste d'intégration<sup>13</sup>.

La valeur des courants de courts-circuits maximaux pour lesquelles sont conçus les équipements moyenne tension d'Hydro-Québec sont de 12 kA efficaces symétriques pour un court-circuit triphasé et de 8 kA efficaces symétriques pour un court-circuit phase-terre.

Si le courant de court-circuit sur le réseau moyenne tension est augmenté par l'IPE et dépasse la limite permise, Hydro-Québec exigera que des moyens de mitigation soient mis en place par le propriétaire de l'IPE.

<sup>12</sup> Le courant de court-circuit interrompu est défini comme étant le courant de court-circuit au moment de l'ouverture du premier contact de l'appareil de protection devant interrompre le court-circuit. Ainsi, la contribution d'une IPE au courant de court-circuit interrompu correspond à la contribution maximale de l'IPE aux courants de courts-circuits à l'intérieur d'une fenêtre de temps débutant à 1,5 cycle après le début du court-circuit et se terminant à 10 cycles après le début du court-circuit.

<sup>13</sup> Pour les employés d'Hydro-Québec, la norme E.12-02 *Planification du réseau de distribution d'Hydro-Québec pour l'intégration de la production décentralisée* fournit plus de précisions sur ce point.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

### 7.3.2 Contribution aux surtensions temporaires

Une IPE ne doit pas contribuer à un niveau de surtension temporaire<sup>14</sup> de plus de 138 % de la tension nominale phase-phase et phase-neutre pour une durée de plus de 17 ms dans le cas d'un court-circuit phase-terre et dans le cas d'une perte de charge sur le réseau auquel est raccordée l'IPE, lorsque l'IPE est raccordée au réseau d'Hydro-Québec ou à la suite de la création d'un îlot involontaire.

Une IPE de moins de 250 kW équipée de SERMO doit comporter un circuit de détection des surtensions phase-neutre et phase-phase conforme à la norme la norme IEEE 1547-2018 section 7.4 *Limitation of overvoltage contribution* et validé selon la norme UL1741-SB section SB4.3.5.17 *Limitation of overvoltage contribution*.

Une IPE de 250 kW et plus équipée de SERMO doit être conforme à la norme IEC 62786-1, ce qui assure que lors d'un évènement de réseau asymétrique, l'IPE pourra fournir non seulement du courant réactif dans la séquence directe, mais aussi dans la séquence inverse.

Dans le cas d'une IPE installée chez un autoproducteur<sup>15</sup>, si l'IPE n'est pas équipée d'un circuit de détection des surtensions phase-neutre et phase-phase conforme à la norme la norme IEEE 1547-2018 et n'est pas non plus conforme à la norme IEC 62786-1, l'une des deux méthodes ci-dessous peut être utilisée :

- s'assurer que la charge locale derrière le point de raccordement (du côté du client) réponde à l'un des 2 cas suivants :
  - la capacité de production nominale de l'IPE est inférieure à 67 % de la charge minimum en tout temps ;
  - la capacité de production nominale de l'IPE est inférieure à 100 % de la charge minimum en tout temps et au moins 33 % de la charge est raccordée phase-neutre (contrairement à phase-phase) ;
- installer si requis une source de courant homopolaire dimensionnée de manière à limiter la surtension temporaire lors d'un court-circuit phase-terre<sup>16</sup>.

## 8 Exigences relatives à l'appareillage de l'IPE

### 8.1 Choix de l'équipement de production d'électricité

Le choix de l'équipement de production est laissé à la discrétion du propriétaire de l'IPE, sauf dans les cas où l'IPE pourrait compromettre la régulation de tension ou la stabilité du réseau d'Hydro-Québec. Dans ces cas, Hydro-Québec peut exiger que l'IPE soit dotée d'alternateurs de type synchrone ou de SERMO en mesure de produire ou d'absorber suffisamment de puissance réactive pour assurer le bon fonctionnement du réseau d'Hydro-Québec (section 7.2).

<sup>14</sup> IEC définit une surtension temporaire comme ayant une durée de plus de 8,33 ms mais égale ou inférieure à une minute.

<sup>15</sup> Consulter le rapport EPRI numéro 3002020130 *Effective Grounding for Inverter-Connected DER* pour plus de détails.

<sup>16</sup> Pour ce faire, l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE devra utiliser la méthode présentée à la section 7 du guide IEEE Std C62.92.6 *Guide for Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part VI--Systems Supplied by Current-Regulated Sources*.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 8.2 Caractéristiques électriques des appareils basse tension

Les caractéristiques électriques de l'appareillage constituant de l'IPE doivent être compatibles avec celles du réseau de distribution auquel sont raccordées ces installations, notamment en matière de coordination de l'isolement des équipements. Le Tableau 8 présente les valeurs normalisées actuelles des niveaux d'isolement et de court-circuit du réseau de distribution. Le propriétaire de l'IPE, lors de la conception de ses installations, doit vérifier auprès d'Hydro-Québec les caractéristiques électriques applicables à la partie du réseau de distribution où ses installations seront raccordées.

**Tableau 8: Niveaux d'isolement et niveaux de court-circuit normalisés pour l'appareillage du réseau de distribution d'Hydro-Québec**

Tension nominale du réseau (Volts eff.)	Tension assignée des appareils <sup>1</sup> (Volts eff.)	Niveau d'isolement à la terre (BIL) (kV eff.)	Niveau de court-circuit normalisé (kA eff. sym.)
120/240	127/254	10	22 <sup>2</sup> 45 <sup>3</sup>
347/600	367/635	10	22 <sup>2</sup> 11,7 – 96,1 <sup>3</sup>

1. La tension assignée correspond à la valeur la plus élevée de la tension entre phases pour laquelle l'appareillage est prévu en service continu. Une valeur supérieure de tension d'exploitation peut être présente en *réseau*, comme indiqué dans les *Caractéristiques de la tension fournie par le réseau de transport d'Hydro-Québec*.
2. Raccordement selon la norme E.21-10.
3. Raccordement selon la norme E.21-11.

## 8.3 Régime du neutre

Le mode de raccordement privilégié par Hydro-Québec est celui où les caractéristiques des appareils de l'IPE font en sorte que le régime du neutre, au point de raccordement de l'IPE et sur toute la ligne d'intégration moyenne tension, est effectivement mis à la terre, et ce, en conditions normales d'exploitation et en conditions de court-circuit.

L'étude de raccordement (section 5.7) doit donc considérer le maintien d'un régime de neutre effectivement mis à la terre au point de raccordement de l'IPE et sur toute la ligne d'intégration moyenne tension dans les 3 situations suivantes :

- lorsque l'IPE ne produit pas d'électricité et que ses services auxiliaires sont alimentés uniquement par le réseau d'Hydro-Québec (sous la responsabilité d'Hydro-Québec) ;
- lorsque l'IPE produit de l'électricité et alimente le réseau d'Hydro-Québec en présence de l'alimentation du poste satellite (sous la responsabilité de l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE) ;
- lorsque l'IPE produit de l'électricité et alimente le réseau d'Hydro-Québec en l'absence de l'alimentation du poste satellite, c'est-à-dire que l'IPE alimente temporairement la ligne d'Hydro-Québec de manière flotée, suite à l'ouverture de la protection de ligne d'Hydro-Québec, avant l'ouverture du disjoncteur principal de l'IPE (sous la responsabilité de l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

À cette fin, il est possible qu'une source de courant homopolaire soit requise dans l'installation de l'IPE<sup>17</sup> (section 8.3.1). Si tel est le cas, cette source devra être dimensionnée de manière à respecter l'Équation 2 dans le but de maintenir à la fois un régime de neutre effectivement mis à la terre et d'éviter l'aveuglement de la protection du disjoncteur de départ de ligne d'Hydro-Québec par cette nouvelle source.

$$2 \leq \frac{X_0}{X_1} \leq 3 \text{ et } \frac{R_0}{X_1} < 1$$

$X_0$  : réactance de séquence homopolaire

$X_1$  : réactance de séquence positive

$R_0$  : résistance de séquence homopolaire

### Équation 2 : Conditions d'un régime de neutre effectivement mis à la terre dans une IPE

Dans le cas d'une IPE équipée de SERMO, il arrive que les caractéristiques électriques des onduleurs fassent en sorte qu'il ne soit pas possible de calculer les coefficients de l'Équation 2. Dans ce cas, un coefficient de MALT ( $Coef_{MALT}$ ) inférieur ou égal à 0,8 doit être respecté. Le coefficient de MALT est défini à l'Équation 3<sup>18</sup>.

$$Coef_{MALT} \leq 0,8 \text{ et } Coef_{MALT} = \frac{V_{Ligne-Terre}}{V_{Ligne-Ligne}}$$

$V_{Ligne-Terre}$  : Tension RMS maximale ligne-terre à la fréquence fondamentale, sur une phase saine, à un lieu donné, durant un court-circuit franc phase terre

$V_{Ligne-Ligne}$  : Tension RMS ligne-ligne à la fréquence fondamentale, en l'absence d'un court-circuit

### Équation 3 : Conditions d'un régime de neutre effectivement mis à la terre dans une IPE

#### 8.3.1 Source de courant homopolaire

Lorsque le maintien du régime de neutre effectivement mis à la terre (dans le cas des alternateurs) ou du coefficient de MALT (dans le cas des SERMO) nécessite une source de courant homopolaire, trois possibilités s'offrent au propriétaire de l'IPE. Les critères du Tableau 9 servent à guider le choix de la méthode utilisée.

Hydro-Québec recommande l'utilisation d'un transformateur de puissance Y(neutre)-Y(MALT) combiné à un transformateur de MALT indépendant du transformateur de puissance.

<sup>17</sup> Se référer aux guides IEEE C62.92.1 *Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems--Part I: Introduction*, IEEE C62.92.2 *Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part II--Synchronous Generator Systems* et IEEE C62.92.4 *Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems--Part IV: Distribution* pour connaître les méthodes à utiliser pour effectuer les calculs.

<sup>18</sup> Se référer au guide IEEE C62.92.6 *Guide for Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part VI--Systems Supplied by Current-Regulated Sources* pour connaître les méthodes à utiliser pour effectuer les calculs.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 9 : Types de raccordement d'une source de courant homopolaire**

Type de raccordement (côté réseau - côté IPE)	Figure Annexe B	Conditions particulières	Avantages
Y(neutre)-Y(MALT) + XFO MALT	Figure 9		Assure la continuité de la séquence homopolaire jusqu'aux groupes. Assure un courant homopolaire prévisible dans les relais de protection, peu importe le nombre de groupe en fonction.
Y-TOUS ou Delta-TOUS + XFO MALT en AMONT	Figure 10	Les protections de tension et de fréquence doivent être installées en amont du transformateur de puissance (section 9.7). Exigé lorsque plusieurs transformateurs de puissance sont requis.	Permet une isolation galvanique entre le réseau et les groupes. Assure un courant homopolaire prévisible dans les relais de protection, peu importe le nombre de groupe en fonction.
Y(neutre)-Delta	Figure 11	Un seul transformateur de puissance est autorisé. Les protections de tension et de fréquence doivent être installées en amont du transformateur de puissance (section 9.7) Une impédance de MALT pourrait être requise (section 8.3.2).	Permet une isolation galvanique entre le réseau et les groupes.

Le type de raccordement ainsi que la valeur de l'impédance de la source de courant homopolaire devront faire l'objet d'une étude de coordination de la protection consignée dans l'étude de raccordement (section 5.7) et devront être acceptés par Hydro-Québec.

Les Figure 2, Figure 3 et Figure 4 ci-dessous illustrent le raccordement d'un transformateur de MALT de type zigzag, d'un transformateur de MALT de type Y(neutre)-delta et d'un transformateur de puissance de type Y(neutre)-Delta.

La conception de la source de courant homopolaire doit prendre en considération le déséquilibre de tension de séquence inverse maximal qui peut se présenter au point de raccordement (section 6.5). Ainsi, la puissance du transformateur de MALT, de l'inductance de neutre ou de la résistance de neutre (section 8.3.2) doit être calculée afin de pouvoir fonctionner en continu avec un tel déséquilibre de tension de séquence inverse.

La présence d'une source de courant homopolaire peut aussi nécessiter l'ajout d'accessoires supplémentaires tel qu'un disjoncteur pour la protection du transformateur de MALT, une unité de déclenchement électronique, des transformateurs de courant, une résistance ou une impédance de neutre (section 8.3.2), des relais de protections, des bobines de déclenchement, etc.

Il est interdit d'alimenter des charges à partir d'un transformateur de MALT utilisé comme source de courant homopolaire pour le réseau d'Hydro-Québec. Un avertissement à cet effet doit être apposé sur le transformateur de MALT (section 5.18).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

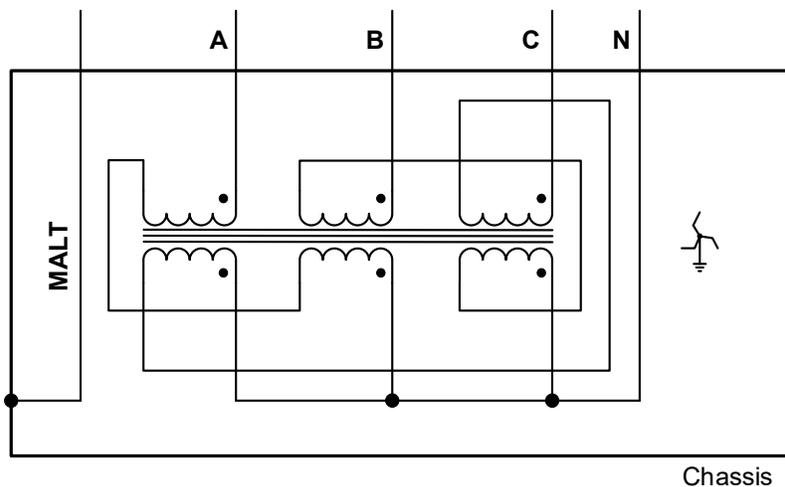


Figure 2 : Raccordement d'un transformateur de MALT de type zigzag

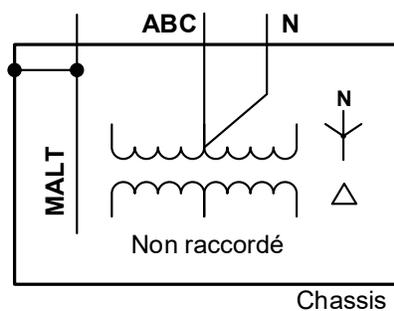
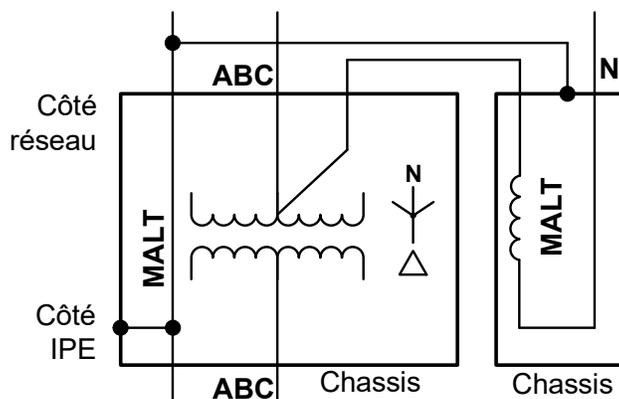
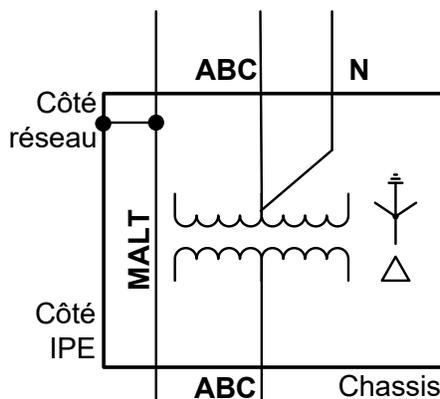


Figure 3 : Raccordement d'un transformateur de MALT de type Y(MALT)-Delta

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



(a) avec inductance dans le neutre



(b) sans inductance

**Figure 4: Raccordement d'un transformateur de puissance de type Y(neutre)-Delta**

### 8.3.2 Impédance ou résistance de MALT

L'utilisation d'une impédance ou d'une résistance de MALT au point neutre du transformateur principal d'une IPE (Annexe B Figure 11) ou au point neutre des alternateurs de l'IPE (Annexe B Figure 3) peut s'avérer nécessaire pour diminuer la contribution de l'IPE aux courts-circuits phase-terre du réseau d'Hydro-Québec et respecter les règles de protection énumérées à la section 9.7.1.

La valeur de l'impédance ou de la résistance dépend des caractéristiques du réseau d'Hydro-Québec et de celles de l'IPE. Elle doit être établie par l'ingénieur mandaté par le propriétaire de l'IPE et acceptée par Hydro-Québec. Sa valeur doit faire en sorte que le régime du neutre au point de raccordement demeure effectivement mis à la terre.

L'isolation diélectrique de l'impédance ou de la résistance de MALT doit être conçue pour supporter la tension nominale ligne-terre multipliée par un facteur de 1,38<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> L'impédance de MALT doit être conçue pour supporter la tension maximale sur les phases saines d'un réseau effectivement mis à la terre pendant un court-circuit franc phase-terre.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 8.4 Câblage de puissance

Pour un court-circuit phase-terre au point de raccordement ainsi que pour tout point en amont, côté réseau d'Hydro-Québec, le câblage de puissance de l'IPE devrait assurer la continuité de la séquence homopolaire du point de raccordement de l'IPE au réseau d'Hydro-Québec jusqu'aux groupes. Ceci afin de permettre la détection des courts-circuits, des sous-tensions et des surtension phase-phase et phase-neutre, par les systèmes de protection de l'IPE.

En d'autres termes, la présence d'un dispositif ayant pour effet de rompre la continuité du fil de neutre entre le point de raccordement et les groupes n'est pas souhaitable. Une telle situation nécessiterait l'installation de systèmes de protections supplémentaires.

Pour cette raison, une attention particulière doit être portée à l'installation du fil de neutre et du fil de continuité des masses à l'intérieur de l'IPE. Se reporter aux schémas de l'Annexe B pour plus de détails.

Hydro-Québec recommande l'utilisation d'un câblage à 5 conducteurs (phase A, B, C, neutre et continuité des masses) partout où c'est possible.

## 8.5 Services auxiliaires

Les services auxiliaires nécessaires au fonctionnement de l'IPE doivent rester fonctionnels en tout temps et ne pas cesser d'être alimentés à la suite de l'ouverture du disjoncteur principal de l'IPE lorsque l'alimentation est maintenue au point de raccordement par Hydro-Québec.

De plus, les services auxiliaires ne doivent pas, directement ou indirectement, causer de déclenchement pendant les conditions de variations de tension et de fréquence à l'intérieur des zones d'immunité aux variations de tension (section 6.4), d'immunité à la tension de séquence inverse (section 6.5), d'immunité à la tension de séquence homopolaire (section 6.6), d'immunité aux variations de fréquence (section 6.7) et d'immunité aux changements d'angle de phase (section 6.8).

Dans le cas d'une centrale :

- lors de l'étude de raccordement (section 5.7), le propriétaire de l'IPE devra fournir à Hydro-Québec la puissance maximale appelée des services auxiliaires ainsi que la consommation prévue en énergie de ceux-ci, pour chaque mois d'une année typique ;
- le propriétaire de l'IPE devra aussi souscrire à un abonnement de fourniture d'électricité conformément aux *Conditions de services* et aux *Tarifs d'électricité* ;
- si l'IPE est colocalisée avec une installation ayant une autre fin, par exemple une IPE installée dans un bâtiment commercial ou industriel, l'alimentation des services auxiliaires de l'IPE devra provenir de l'embranchement de l'IPE et servir exclusivement à alimenter les équipements de l'IPE.

## 8.6 Point de sectionnement

Afin d'assurer la sécurité des intervenants en mesurage, les dispositions prévues par les normes E.21-10 et E.21-11 concernant la nécessité de points de coupure en amont et en aval du compteur, lorsqu'applicable, doivent être respectées.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Règle générale, des dispositifs de sectionnements sont requis en amont et en aval du compteur pour les installations à 600 V ainsi que pour les installations à 120/240 V de plus de 200 A. Les installations à 120/240 V de 200 A et moins

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

De plus, les exigences de la section 84 de la norme CSA C22.10 *Code de construction du Québec - chapitre V, électricité* concernant les dispositifs de sectionnement, doivent aussi être respectées.

À cette fin, un appareil de sectionnement cadenassable (section 5.17), appartenant au propriétaire de l'IPE, est nécessaire à l'intérieur de l'IPE afin de permettre aux employés d'Hydro-Québec de réaliser l'entretien de son réseau. L'appareil de sectionnement doit permettre d'accomplir une vérification visuelle ou positive de la séparation du point de coupure électrique <sup>21</sup>.

Un disjoncteur débrochable peut servir de point de sectionnement à la condition que les employés d'Hydro-Québec puissent condamner l'accès à la cellule renfermant le module disjoncteur.

Dans le cas d'une IPE de 250 kW et plus, Hydro-Québec pourrait exiger qu'un espace suffisant soit prévu pour permettre l'installation de MALT temporaires.

## 8.7 Condensateurs

Afin d'améliorer le faible facteur de puissance des alternateurs asynchrones, des batteries de condensateurs doivent être installées dans l'IPE. Cependant, Hydro-Québec pourrait limiter la quantité de compensation réactive afin d'éviter les phénomènes suivants :

- montée rapide de la tension (possibilité de 200 % de la tension nominale en 1 seconde) pouvant entraîner de la ferrorésonance et de l'auto-excitation à la suite d'un îlotage sur une partie du réseau de distribution ;
- surtensions sur le réseau de distribution en régime permanent lors de conditions de faibles charges.

La quantité de compensation maximale est établie par Hydro-Québec en fonction des caractéristiques des alternateurs de l'IPE et de celles du réseau de distribution. Tout déficit de puissance réactive par rapport à un facteur de puissance unitaire doit être comblé par l'installation d'autres dispositifs de compensation réactive à des endroits plus propices sur le réseau de distribution.

Les batteries de condensateurs autorisées à l'IPE doivent être raccordées à chacun des groupes (en proportion des groupes) de sorte que l'arrêt normal ou forcé d'un groupe de l'IPE entraîne le déclenchement des condensateurs qui y sont associés pour maintenir un ratio de compensation adéquat.

## 8.8 Dispositif de protection contre les surtensions

Un dispositif de protection contre les surtensions doit être installé dans l'IPE en amont de tout équipement de celle-ci. Lorsqu'une IPE est équipée de panneaux solaires, Hydro-Québec recommande qu'un dispositif de protection contre les surtensions soit aussi être installé sur le circuit CC.

Les varistances des dispositifs de protection contre les surtensions doivent être constituées d'oxyde métallique (MOV).

ne requièrent généralement pas d'équipements de sectionnement pour les besoins de mesurage. La norme fournit les précisions sur les exigences.

<sup>21</sup> Pour les employés d'Hydro-Québec, la norme D.24-20 *Critères de vérification des dispositifs d'isolement des sources d'énergie* fournit plus de précisions sur ce point.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 8.9 Disjoncteur principal de l'IPE

L'IPE être munie d'un disjoncteur principal afin de prévenir des dommages à ses installations ou à celles d'Hydro-Québec. Le disjoncteur principal de l'IPE doit être situé en amont (côté réseau) de tous les groupes. Le déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE sera initié par les différents relais ou fonctions de protection. Son pouvoir de coupure doit être suffisant pour interrompre les courts-circuits de toute nature qui surviennent dans l'IPE ou sur le réseau d'Hydro-Québec. À cette fin, le courant de court-circuit doit être calculé en tenant compte de la contribution de l'IPE.

Lors d'une installation chez un autoproduiteur, tous les groupes doivent être regroupés en aval d'un seul disjoncteur, utilisé comme disjoncteur principal de l'IPE. L'ouverture de ce disjoncteur ne doit pas interrompre l'alimentation des charges du client qui ne sont pas reliées à l'IPE.

Dans le cas d'une IPE de moins de 250 kW qui ne nécessite pas de circuit télécommande ou de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE, Hydro-Québec exige :

- un disjoncteur miniature « miniature circuit breaker (MCB) » ou ;
- un disjoncteur sous boîtier moulé « moulded case circuit breaker (MCCB) » ou ;
- un disjoncteur de puissance basse tension « low voltage power circuit Breaker (LVPCB) » ou ;
- un disjoncteur sous boîtier isolé « insulated case circuit breaker (ICCB) » ;
- qu'un avertissement soit installé sur ou immédiatement à côté du disjoncteur. Se rapporter à la section 5.18 pour plus de détails sur les exigences applicables à l'affichage de sécurité.

Dans le cas d'une IPE de 250 kW et plus ou dans le cas d'une IPE qui nécessite un circuit télécommande ou de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE, le disjoncteur doit être muni d'une commande d'ouverture et d'une commande de fermeture distincte afin de permettre le raccordement de l'UTAPP en conformité avec la norme E.12-12. Les sections 9.3, 9.4 et 9.5 énoncent les exigences sur l'alimentation des circuits de commande, le conditionnement de la fermeture et la filerie du disjoncteur principal de l'IPE. De plus, Hydro-Québec exige :

- un disjoncteur sous boîtier moulé « moulded case circuit breaker (MCCB) » doté d'une réserve d'énergie mécanique par ressort pour le mécanisme d'ouverture et de déclenchement du disjoncteur. Hydro-Québec refuse l'opération du disjoncteur à l'aide d'un accessoire de télécommande motorisé « motor operator » ou ;
- un disjoncteur de puissance basse tension « low voltage power circuit Breaker (LVPCB) » ou ;
- un disjoncteur sous boîtier isolé « insulated case circuit breaker (ICCB) » ;
- que le mécanisme permettant la fermeture manuelle du disjoncteur principal de l'IPE soit désactivé et condamné de façon permanente. Si un bouton-poussoir est présent sur la façade du disjoncteur, il doit être condamné par une méthode acceptée par Hydro-Québec. Un accessoire d'origine du manufacturier du disjoncteur doit être utilisé à cette fin. Si un cadenas est utilisé pour condamner le bouton-poussoir du disjoncteur, se référer à la section 5.17 pour plus de détails sur les exigences applicables au cadenassage ;
- qu'un avertissement soit installé sur le disjoncteur. Se référer à la section 5.18 pour plus de détails sur les exigences applicables à l'affichage de sécurité;
- que la perte de l'alimentation des services auxiliaires de l'IPE, des relais de protection, des circuits utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec ou du disjoncteur principal de l'IPE lorsque celui-ci nécessite une alimentation, entraîne l'ouverture immédiate du disjoncteur principal de l'IPE.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 8.10 Transformateurs de puissance

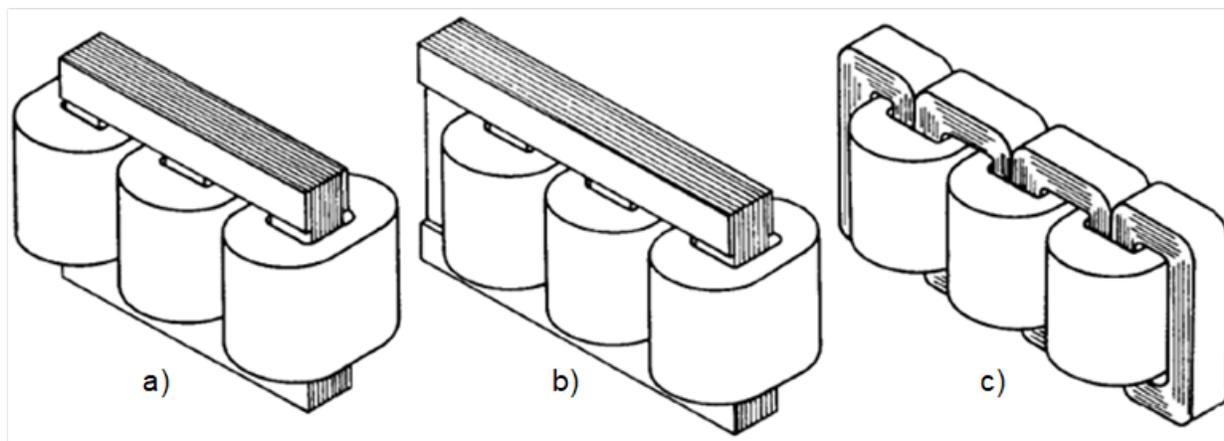
Hydro-Québec préconise que le raccordement d'une IPE de moins de 250 kW soit effectué sans l'installation d'un transformateur de puissance dans le but d'assurer la continuité de la séquence homopolaire du point de raccordement de l'IPE au réseau d'Hydro-Québec jusqu'aux groupes. Ceci afin de permettre la détection des courts-circuits, des sous-tensions et des surtension phase-phase et phase-neutre, par les systèmes de protection de l'IPE.

### 8.10.1 Caractéristiques

Les caractéristiques des transformateurs doivent respecter les spécifications de l'une ou l'autre des normes CAN/CSAC2-M91, CAN/CSA-C88-M90 et CAN/CSA-C9-M1981, selon le type d'appareil.

Hydro-Québec recommande que chaque transformateur soit muni de prises de tension afin qu'il satisfasse aux exigences relatives à la tension.

Pour les systèmes triphasés, Hydro-Québec exige l'utilisation de trois transformateurs monophasés ou d'un transformateur triphasé à quatre colonnes, cinq colonnes ou de type cuirassé « shell type » (Figure 5). Hydro-Québec recommande l'utilisation d'un transformateur cinq colonnes. L'utilisation d'un transformateur triphasé à trois colonnes « core type » est interdite.



**Figure 5 : Types de construction de transformateurs triphasés; a) 3 colonnes, b) 4 colonnes, c) cuirassé<sup>22</sup>**

Lorsqu'un transformateur triphasé est utilisé, la plaque signalétique du transformateur doit faire état du type de construction du noyau du transformateur afin de permettre à Hydro-Québec de le vérifier lors des essais (section 5.12). On devrait retrouver la mention « 4 colonnes », « 5 colonnes » ou « cuirassé » inscrite sur la plaque.

Dans le cas d'une IPE équipée de SERMO, Hydro-Québec exige que le transformateur de puissance soit équipé d'une double isolation électrostatique et ait un facteur-K de 4 ou plus<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> IEEE C57.105, *Guide for Application of Transformer Connections in Three-Phase Distribution Systems*, 2008.

<sup>23</sup> IEEE C57.110, *Recommended Practice for Establishing Liquid-Immersed and Dry-Type Power and Distribution Transformer Capability When Supplying Nonsinusoidal Load Currents*, 2018.

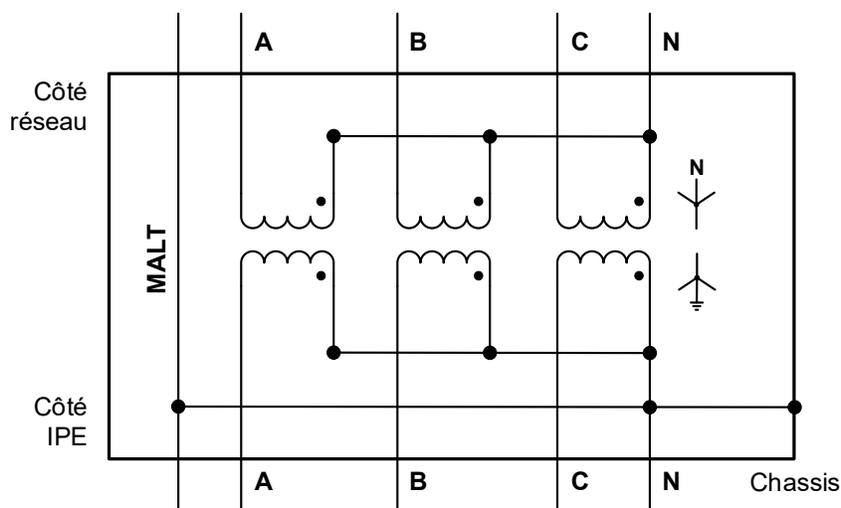
Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

### 8.10.2 Types de raccordement

À l'exception d'un transformateur d'isolation intégré à un onduleur, tout transformateur de puissance utilisé entre le point de raccordement et le point de mesure des fonctions de protection de l'IPE doit avoir ses enroulements raccordés de façon à assurer que le système de protection puisse détecter tout type de courts-circuits pouvant se produire sur le réseau de distribution ou dans l'IPE.

Dans le but d'assurer la continuité de la séquence homopolaire du point de raccordement de l'IPE jusqu'aux groupes, Hydro-Québec recommande un raccordement de transformateur Y(neutre)(côté réseau)–Y(MALT)(côté IPE) pour tous les transformateurs installés entre le point de raccordement de l'IPE et les groupes puisque ce raccordement assure le passage du courant homopolaire. La Figure 6 et la Figure 7 ci-dessous illustrent comment obtenir un raccordement Y(neutre)–Y(MALT) à l'aide de trois transformateurs monophasés ou d'un transformateur triphasé.

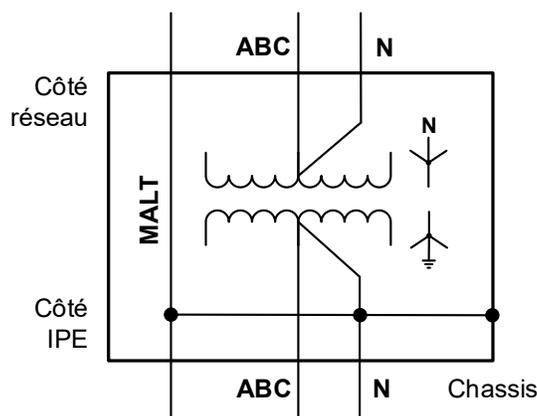
Le propriétaire de l'IPE a toutefois le privilège de proposer un autre type de raccordement dans le but de répondre à des besoins particuliers. Hydro-Québec doit, dans cette situation, procéder à une étude afin de déterminer si la proposition est acceptable du point de vue du réseau<sup>24</sup>.



**Figure 6 : Raccordement de trois transformateurs monophasés pour une utilisation triphasée Y(neutre)–Y(MALT)**

<sup>24</sup> Pour les employés d'Hydro-Québec, le Bulletin technique 30332-18-006-B *Raccordement des transformateurs pour les clients moyenne tension (CMT) et les installations de production d'électricité (IPÉ)* fournit plus de précisions sur ce point.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 7 : Raccordement d'un transformateur triphasé Y(neutre)-Y(MALT)**

### 8.10.3 Courant d'appel des transformateurs de puissance

L'IPE doit être conçue de manière à ce que les transformateurs de puissance de l'IPE puissent être énergisés sans déclenchement de la protection de ligne d'Hydro-Québec, tout en respectant les exigences sur les fluctuations de tension (section 6.1). Cette exigence doit être démontrée dans l'étude de raccordement (section 5.7).

Lorsque les transformateurs de puissance ont un courant d'appel trop élevé pour être magnétisé directement par le réseau d'Hydro-Québec, c'est-à-dire que l'énergisation des transformateurs causerait le déclenchement de la protection de ligne d'Hydro-Québec ou des variations de tension plus grande que les limites permises (section 6.1), un moyen de mitigation doit être mis en place afin de se conformer à l'exigence sur les fluctuations de tension (section 6.1). Les moyens ci-dessous sont proposés par Hydro-Québec :

- la magnétisation des transformateurs de puissance est effectuée par les groupes de l'IPE. Dans ce cas, la synchronisation au réseau de distribution doit s'effectuer à l'aide d'un système de vérification de synchronisme (fonction 25) (section 7.1.2) ;
- des résistances ou des inductances de préinsertion sont utilisées pour limiter l'appel de courant de magnétisation ;
- un appareil de commande contrôle la fermeture phase par phase du disjoncteur principal de l'IPE, afin d'optimiser le moment de la fermeture de chaque phase avec l'angle du flux rémanent dans le transformateur ;
- la magnétisation des transformateurs de puissance est effectuée à partir d'un transformateur auxiliaire.

La performance du moyen de mitigation choisi devra être validée par des calculs et des simulations dans l'étude de raccordement (section 5.7) et au moyen d'essais (section 5.12).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

#### 8.10.4 Raccordement sans transformateur

L'utilisation d'un transformateur entre le point de raccordement et les groupes de l'IPE est facultative si la tension nominale des groupes permet un raccordement direct. Dans le cas d'alternateurs, le régime du neutre au point de raccordement doit être conforme au régime convenu avec Hydro-Québec (section 8.3). Cependant, la conception de l'IPE doit tenir compte qu'une installation sans transformateur de couplage pourrait comporter les inconvénients suivants :

- les groupes ne bénéficieraient pas de la protection du transformateur lors de surtensions dues à la foudre ;
- le courant pourrait être excessif dans le cas d'un court-circuit dans le bobinage de l'alternateur (soudage des plaques et destruction de l'alternateur) ;
- il n'y aurait plus de filtre de la 3<sup>e</sup> harmonique (en supposant un raccordement en triangle du côté secondaire) ;
- l'IPE devrait toujours satisfaire aux exigences relatives comportement de l'IPE (section 7), et ce, en considérant les limites normales de la tension d'exploitation du réseau de distribution.

### 8.11 SERMO

#### 8.11.1 Certification

L'onduleur doit être certifié selon la norme UL1741-SB ou une version plus récente, dans le but de garantir les fonctions avancées de support au réseau, les fonctions d'interopérabilité et la protection contre les surtensions lors d'un court-circuit phase-terre ou d'une perte de charge.

L'onduleur doit avoir été testé selon la section SB4.3.5.17 de la norme UL1741-SB.

Une IPE utilisant des SERMO dont la somme de la puissance nominale des groupes est de 250 kW et plus, doit utiliser des onduleurs qui ont aussi été certifié conforme à la norme IEC 62786-1 :2023 ou plus récent.

#### 8.11.2 Raccordement du fil de neutre à l'onduleur

Le raccordement électrique de l'onduleur au réseau d'Hydro-Québec doit permettre aux fonctions de protections incluses dans l'onduleur de détecter les courts-circuits, les sous-tensions et les surtensions phase-phase et phase-neutre sur le réseau d'Hydro-Québec et à l'intérieur de l'IPE.

Pour cette raison, Hydro-Québec recommande que l'onduleur soit muni d'une borne de raccordement pour le fil de neutre. Cette borne doit avoir été prévue par le manufacturier à cette fin et être clairement identifiée.

Si l'onduleur n'est pas muni d'une borne de raccordement pour le fil de neutre, un système de protection externe à celui-ci devra être installé afin de permettre à l'IPE de détecter les courts-circuits, les sous-tensions et les surtensions phase-neutre. Se référer à la Figure 5 et à la Figure 6 de l'Annexe B pour plus de détails.

#### 8.11.3 Exception pour les procédés industriels nouveaux et les bancs d'essai

Dans le cas spécifique où un onduleur certifié n'est pas disponible commercialement pour une application particulière telle qu'un procédé industriel nouveau ou un banc d'essai, Hydro-Québec pourrait accepter l'utilisation d'un onduleur qui n'est pas certifié, si la démonstration est faite que l'IPE répondra à toutes les exigences de la présente norme.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Dans le cas d'une IPE de 250 kW et plus qui utiliserait un onduleur non certifié, Hydro-Québec pourrait exiger que le propriétaire de l'IPE fournisse les données ainsi qu'un ou des modèles numériques détaillés de l'IPE nécessaire à la réalisation des études de comportement dynamique. Le propriétaire de l'IPE pourrait également devoir fournir les informations et données nécessaires à la réalisation des études de phénomènes électromagnétiques transitoires par la transmission d'un modèle numérique transitoire. Les exigences détaillées sont spécifiées dans le document *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*.

#### 8.11.4 Fonctions de protection d'un onduleur certifié

Une IPE :

- dont le groupe est un onduleur certifié (section 8.11.1) ;
- dont l'onduleur est muni d'une borne de raccordement pour le fil de neutre (section 8.11.2) ;
- dont le câblage est à 5 conducteurs (phase A, B, C, neutre et continuité des masses) (section 8.4) ;
- qui ne comporte pas de source de courant homopolaire (section 8.3.1) ;
- dont le raccordement du transformateur est Y(neutre)(côté réseau)–Y(MALT)(côté IPE) (section 8.10) ;

est considérée comme conforme aux exigences de protection des sections 9.1.1 et 9.1.2 (protection primaire et protection de réserve) de la présente norme lorsque les réglages requis par Hydro-Québec sont utilisés.

#### 8.11.5 Raccordement à l'UTAPP

Lorsque l'installation d'une UTAPP est requise dans l'IPE (section 5.2), les SERMO doivent pouvoir envoyer au disjoncteur principal de l'IPE les commandes d'ouverture, de fermeture et de déclenchement, de manière à ouvrir le disjoncteur lorsque les circuits de protection des SERMO commandent un déclenchement. Ceci dans le but d'assurer qu'une commande de verrouillage en attente, de la part de l'UTAPP, puisse effectivement verrouiller le disjoncteur principal de l'IPE en position ouverte à la suite d'un déclenchement des SERMO (Annexe B Figure 1) afin d'empêcher la fermeture lorsque le CED le requiert.

Les SERMO doivent aussi pouvoir recevoir une commande « permissive » de fermeture du disjoncteur principal de l'IPE. Cette commande sera envoyée par l'UTAPP lorsque les conditions de mise en marche (section 7.1.1) seront remplies. À la suite de la réception de la commande « permissive », la SERMO pourra envoyer la commande de fermeture au disjoncteur principal de l'IPE.

Les circuits de raccordement servant à envoyer les commandes des SERMO au disjoncteur principal de l'IPE sont alors considérés comme utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec et toutes les exigences de la section 9 s'y rapportant sont applicables.

#### 8.12 Protection électrique de l'IPE

Le propriétaire de l'IPE a la responsabilité de protéger correctement ses équipements. Il doit s'assurer de les protéger en condition normale et marginale d'exploitation du réseau (section 4.1). Il doit les protéger contre tous les types d'événements pouvant se produire sur le réseau d'Hydro-Québec tel que les courts-circuits, les pertes de phases, les surintensités, les surtensions, les sous-tensions, les surfréquences et les sous-fréquences. Le propriétaire de l'IPE doit également protéger correctement ses équipements contre les éventuels déséquilibres de charge ou de tension résultant de certaines conditions d'exploitation.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Les fonctions de protection de l'IPE doivent être conçues et réglées de manière à ne pas s'activer à l'intérieur des zones d'immunité aux variations de tension (section 6.4), d'immunité à la tension de séquence inverse (section 6.5), d'immunité à la tension de séquence homopolaire (section 6.6), d'immunité aux variations de fréquence (section 6.7) et d'immunité aux changements d'angle de phase (section 6.8). Elles doivent assurer la sécurité du public et du personnel d'Hydro-Québec sans toutefois déclencher lors d'événements transitoires sur le réseau d'Hydro-Québec.

## 9 Exigences relatives à la protection du réseau d'Hydro-Québec

La présente section traite des exigences d'Hydro-Québec relatives aux systèmes de protection installés à l'IPE pour assurer la protection du réseau d'Hydro-Québec. L'IPE doit respecter ces exigences et pour ce faire, la conception de l'IPE doit comporter les différents dispositifs de protection exigés. À titre informatif, l'annexe B présente des schémas types de raccordement et de protection des installations.

### 9.1 Types de protections

Les fonctions minimales de protection exigées par Hydro-Québec pour assurer la protection de son réseau sont énumérées ci-après. Elles permettent la détection de tous les types de courts-circuits et de perturbations pouvant affecter le réseau d'Hydro-Québec.

#### 9.1.1 Protection primaire ou protection contre les courts-circuits

La protection primaire constitue une protection de ligne. Elle se compose d'une protection contre les surintensités de phase et de neutre (fonctions 50/51 et 50/51N).

Cependant, les situations suivantes pourraient rendre inefficace et inacceptable la protection contre les surintensités :

- l'IPE se compose de plusieurs groupes, dont un ou plusieurs peuvent être hors service (la contribution de l'IPE aux courts-circuits pourrait alors s'avérer insuffisante pour répondre aux règles spécifiées à la section 9.7.1) ;
- la technologie utilisée ne permet pas de produire une surintensité suffisante pour répondre aux règles spécifiées à la section 9.7.1 ;
- la contribution de l'IPE aux courts-circuits s'avère trop importante et dégrade la coordination des fusibles du réseau d'Hydro-Québec.

Dans ces cas, une protection de surintensité directionnelle (fonction 67/67N) ou une protection contre les surintensités à retenue de tension (fonction 51V) combinée à une protection de surintensité de neutre (fonctions 50/51N) pourrait être utilisée.

En dernier recours, Hydro-Québec pourrait accepter que la protection de réserve constitue une protection primaire (solution généralement acceptée pour les SERMO et alternateurs asynchrones).

#### 9.1.2 Protection de réserve ou protection contre l'îlotage

Ces protections servent principalement à détecter une situation pouvant conduire à l'îlotage de l'IPE à la suite d'une ouverture accidentelle ou au déclenchement d'un appareil du réseau d'Hydro-Québec. La protection de réserve se compose des protections suivantes :

- protection de sous-tension et de surtension triphasées (fonctions 27 et 59) ;
- protection de sous-fréquence et de surfréquence (fonctions 81U et 81O).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Pour les SERMO, une protection active anti-îlotage pourrait être acceptée en supplément des protections mentionnées ci-dessus.

La formation d'un îlot doit être détectée par la protection de réserve en deux secondes et moins. Les réglages des sections 9.7.3 et 9.7.4 permettent d'atteindre cet objectif lorsque les exigences relatives au comportement de l'IPE présentées à la section 7 sont respectées.

La protection de réserve a aussi un rôle de protection d'arrière-garde contre les courts-circuits sur le réseau d'Hydro-Québec.

### 9.1.3 Protections supplémentaires à l'IPE

Dans certains cas, les protections suivantes peuvent être exigées par Hydro-Québec pour assurer la protection de son réseau :

- télédéclenchement du disjoncteur principal de l'IPE ;
- protection de ligne avec télécommunication ;
- toute autre protection jugée nécessaire par Hydro-Québec.

## 9.2 Relais multifonctions

Les relais utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec doivent être physiquement, fonctionnellement et électriquement distincts de ceux utilisés pour la protection de l'IPE. Ils ne peuvent être utilisés pour aucune autre fonction que la protection du réseau d'Hydro-Québec.

Les modèles de relais pouvant être utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec sont énumérés dans une liste disponible sur le site Internet d'Hydro-Québec. Ces relais sont qualifiés par Hydro-Québec et ont été sélectionnés en fonction des performances requises pour assurer la protection de son réseau. La norme E.12-09 *Exigences relatives à la qualification des équipements de protection utilisés pour le raccordement de la production décentralisée sur le réseau de distribution d'Hydro-Québec* a été utilisée pour qualifier les relais faisant partie de cette liste.

Pour les IPE de 250 kW et plus, la protection primaire et la protection de réserve doivent être réalisées par des relais différents et indépendants afin d'assurer une certaine redondance. L'utilisation de relais multifonctions pourra être acceptée par Hydro-Québec pourvu que plus d'un relais soit utilisé pour assurer la redondance.

Si un relais de protection utilisé dispose d'une fonction de surveillance de l'état de fonctionnement du relais « watchdog », le signal de défaillance doit être rapporté à l'UTAPP le cas échéant (section 10.4) et cette fonction doit être utilisée dans les conditions de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE selon la logique suivante :

- lors de l'utilisation d'un seul relais pour une fonction de protection requise par Hydro-Québec, un signal de dysfonction de ce relais doit déclencher sans délai le disjoncteur principal de l'IPE ;
- lors de l'utilisation de deux relais indépendants pour la même fonction de protection requise par Hydro-Québec, il est permis qu'un signal provenant d'un des relais transmette une alarme sans déclencher le disjoncteur principal de l'IPE. Cependant, un signal de dysfonctionnement provenant des deux relais indépendants doit déclencher sans délai le disjoncteur principal de l'IPE.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

### 9.3 Alimentations utilisées pour la protection

Les alimentations en courant continu ou en courant alternatif utilisées pour la protection du réseau d'Hydro-Québec doivent posséder une autonomie minimale de 15 minutes. À cette fin, une alimentation autonome dédiée à la protection du réseau d'Hydro-Québec doit être utilisée.

#### 9.3.1 Relais multifonctions

L'alimentation des relais en courant continu doit s'effectuer à partir d'un service auxiliaire comprenant des batteries d'accumulateurs reliées en parallèle avec un chargeur. L'utilisation d'une alimentation statique sans coupure (communément appelée UPS) est permise pour alimenter les relais en courant alternatif.

Hydro-Québec recommande l'utilisation de relais alimentés en courant continu à partir d'un service auxiliaire comprenant des batteries d'accumulateurs reliées en parallèle avec un chargeur.

#### 9.3.2 UTAPP

L'alimentation de l'UTAPP, de son modem cellulaire, de ses amplificateurs / convertisseurs de signaux et des autres accessoires requis par l'UTAPP doit être réalisée à partir d'un service auxiliaire comprenant des batteries d'accumulateurs reliées en parallèle avec un chargeur.

#### 9.3.3 Circuits utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec

Ces circuits incluent, sans s'y limiter, les circuits d'alimentation et de commandes des relais auxiliaires et d'interposition ainsi que les circuits de commande des bobines d'ouverture et de fermeture des disjoncteurs servant à la protection du réseau.

#### 9.3.4 Perte d'alimentation

La perte d'alimentation des relais de protection doit être utilisée dans les conditions de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE selon la logique suivante :

- Lors de l'utilisation d'un seul relais multifonction pour une fonction de protection requise par Hydro-Québec, la perte d'alimentation de ce relais doit déclencher sans délai le disjoncteur principal de l'IPE ;
- Lors de l'utilisation de deux relais indépendants pour la même fonction de protection requise par Hydro-Québec, il est permis que la perte d'alimentation d'un des relais transmette une alarme sans déclencher le disjoncteur principal de l'IPE. Cependant, la perte d'alimentation des deux relais indépendants doit déclencher sans délai le disjoncteur principal de l'IPE.

La perte de l'alimentation de l'UTAPP ou de ses accessoires doit déclencher une alarme dans un relai de protection ou dans le système de supervision de l'IPE.

La perte de l'alimentation d'un ou de plusieurs circuits utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec doit entraîner le déclenchement immédiat du disjoncteur principal de l'IPE.

Une méthode acceptée consiste à surveiller chacun des circuits utilisés pour la protection du réseau d'Hydro-Québec avec une entrée numérique d'un relais multifonction, celle-ci connectée à la fin de chacun des circuits. L'entrée numérique est donc activée en condition normale et se désactive lorsque la continuité du circuit est rompue.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Pour les IPE de moins de 250 kW, d'autres méthodes ou systèmes peuvent être acceptés par Hydro-Québec s'il peut lui être démontré que le dysfonctionnement du système de protection déclenchera le disjoncteur principal de l'IPE sans temporisation.

#### 9.4 Conditionnement de la fermeture du disjoncteur principal de l'IPE

Afin d'assurer la sécurité des employés d'Hydro-Québec et du public en général, l'IPE, par ses protections ou autres mécanismes, ne doit pas être en mesure d'alimenter le réseau de distribution lorsqu'il est hors tension.

Lors de l'utilisation de relais discrets, afin d'éviter la fermeture accidentelle du disjoncteur principal de l'IPE en l'absence de tension sur le réseau de distribution, les contacts (normalement fermés) des relais de sous-tension (fonction 27) doivent être insérés en série dans le circuit d'enclenchement du disjoncteur principal de l'IPE. Le réglage du relai de sous-tension doit être de 50% de la tension nominale du réseau.

D'autres méthodes ou systèmes peuvent être acceptés par Hydro-Québec à la condition que l'intention soit respectée et qu'il ait été démontré à Hydro-Québec que ces méthodes ou systèmes sont propres à l'emploi.

Tout mécanisme permettant la fermeture manuelle du disjoncteur principal de l'IPE doit être désactivé ou condamné de façon permanente. Voir les sections 5.17 et 5.18 au sujet des exigences concernant le cadenassage et l'affichage d'avertissements de sécurité lors de la condamnation du mécanisme de fermeture manuelle du disjoncteur principal de l'IPE.

#### 9.5 Filerie du circuit de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE

Hydro-Québec recommande que la construction du circuit de déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE suive une philosophie anti-défaillance ("Fail-safe"). Ceci signifie que la conception est orientée de manière à ce que la perte d'un circuit électrique, la perte d'un élément ou la perte d'alimentation du circuit de commande entraîne une action sécuritaire de façon inhérente de la part du système de protection, soit l'ouverture immédiate du disjoncteur principal de l'IPE.

À cette fin, Hydro-Québec recommande l'utilisation d'accessoires de type relais de sous-tension (under voltage relay UVR) pour la mise en place de la commande de déclenchement du disjoncteur. Une telle construction protège à la fois d'une défaillance du câblage et d'une perte de l'alimentation du circuit de commande de la bobine d'ouverture du disjoncteur.

#### 9.6 Transformateurs d'instrumentation pour la protection

Les transformateurs d'instrumentation servant à la protection doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- ils ne peuvent être affectés à d'autres usages que la protection du réseau d'Hydro-Québec lorsqu'ils sont munis d'un seul enroulement secondaire ;
- ils doivent être installés le plus près possible du disjoncteur principal de l'IPE, du côté du réseau d'Hydro-Québec ;
- un transformateur de tension par phase est nécessaire. Les transformateurs de tension doivent être raccordés phase-neutre. L'utilisation de transformateurs de tension à doubles enroulements secondaires est acceptable à la condition que la fonctionnalité de la protection ne soit pas affectée. Dans ce cas, les circuits à l'usage de la protection du réseau d'Hydro-Québec de même que les circuits utilisés pour un autre usage doivent tous être protégés en surintensité par des fusibles indépendants. Ils ne peuvent être utilisés pour alimenter des charges ;

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

- un transformateur de courant par phase est nécessaire. Un quatrième transformateur de courant peut être utilisé pour mesurer le courant de neutre afin de détecter les courts-circuits de terre ;
- ils sont de classe protection.

L'installation et les caractéristiques des transformateurs d'instrumentation doivent être acceptées par Hydro-Québec.

## 9.7 Coordination et réglages des protections

### 9.7.1 Règles de protection

Les règles de protection mentionnées ci-après permettent de sélectionner et d'ajuster adéquatement les systèmes de protection devant servir à la protection du réseau d'Hydro-Québec. Elles s'appliquent à toute installation raccordée au réseau de distribution d'Hydro-Québec. Ces règles sont les suivantes :

- lors de courts-circuits de phase ou de terre sur le réseau de distribution (incluant la barre du poste satellite), le déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE doit être initié par sa protection primaire durant le régime transitoire de l'alternateur, si possible. Dans le cas des alternateurs asynchrones et des SERMO, il est acceptable, pour les courts-circuits de phase, que le déclenchement du disjoncteur de l'IPE soit initié par la protection de réserve ;
- la protection de l'IPE doit être en mesure de détecter tous les courts-circuits que les protections d'Hydro-Québec peuvent détecter et ce, incluant les courts-circuits résistifs avec impédance de 13,3 ohms ( $3R_f = 40$  ohms) en réseau aérien ;
- la protection de l'IPE doit être en mesure de protéger les fusibles à expulsion de type T et les fusibles Bay-O-Net installés dans le transformateur sur socle MT/BT d'Hydro-Québec lors d'un raccordement basé sur la norme E.21-11 ;
- la contribution de l'IPE aux courts-circuits sur les lignes adjacentes à la ligne de raccordement ne doit pas provoquer le déclenchement des disjoncteurs d'Hydro-Québec se trouvant sur la ligne de raccordement ;
- lors de courts-circuits sur le réseau de distribution, l'aveuglement temporaire des systèmes de protection d'une source par la contribution au courant de court-circuit d'une autre source n'a pas d'importance, à la condition que le court-circuit soit isolé par les systèmes de protection ;
- la dégradation de la coordination disjoncteur-fusible due au raccordement de l'IPE à la ligne de distribution doit être limitée au minimum ;
- toute situation pouvant conduire à l'ilotage non désiré de l'IPE sur une partie de la charge du réseau de distribution doit entraîner le déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE en 2 secondes ou moins ;
- le déséquilibre normal de la charge sur le réseau de distribution ne doit pas entraîner le déclenchement du disjoncteur principal de l'IPE. L'IPE doit donc être immunisée au déséquilibre de tension normalement présent sur le réseau d'Hydro-Québec (sections 6.5 et 6.6).

L'ordre de déclenchement entre les disjoncteurs d'Hydro-Québec sur la ligne de raccordement et le disjoncteur principal de l'IPE n'a pas d'importance.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

### 9.7.2 Coordination des protections de groupes

Les règles de protection mentionnées ci-après permettent d'assurer une coordination adéquate entre les protections de groupes<sup>25</sup> et le disjoncteur principal de l'IPE :

- lors de courts-circuits sur le réseau de distribution, de pertes de phases, de surtensions, de sous-tensions, de surfréquences et de sous-fréquences, le disjoncteur principal de l'IPE doit ouvrir avant l'activation des protections de groupes, de manière à assurer le verrouillage du disjoncteur principal de l'IPE par l'UTAPP (section 10.4) ;
- les protections de groupes ne doivent pas s'activer lors d'évènements transitoires sur le réseau d'Hydro-Québec pour lesquelles l'IPE devrait être immunisée (sections 6.4 à 6.8).

### 9.7.3 Réglages des protections de tension

Le Tableau 10 et le Tableau 11 présentent les réglages de la protection de tension. Ceux-ci sont basés à la fois sur les valeurs du Tableau 8 et 9 de la section 12.2 du document *Exigences techniques de raccordement des centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec* et sur la section 6.4 de la norme IEEE 1547-2018.

L'annexe D présente les graphiques illustrant de manière superposée les exigences de passage à travers les sous-tensions et les surtensions et les seuils de protection.

**Tableau 10 : Réglages de la protection de tension**

Tension (% de la tension nominale) <sup>1</sup>	Seuil de déclenchement <sup>2</sup>
125 %	0,16 seconde
120 %	2 secondes
110 %	13 secondes
88 %	21 secondes
50 %	2 secondes

1. Tension efficace (RMS) à la fréquence fondamentale pour une IPE monophasée. Tension efficace (RMS) phase-terre et phase-phase pour chacune des phases pour une IPE triphasée. Si l'une des phases atteint le seuil de déclenchement, l'IPE doit déclencher les trois phases.
2. Durées maximales pendant lesquelles l'IPE peut demeurer en service (déclenchement obligatoire) à la suite d'une perturbation.

<sup>25</sup> Les protections de groupes peuvent être réalisées à l'aide de disjoncteurs et de relais de protections de groupe, à l'aide de réglages des protections intégrées dans l'onduleur de groupe dans le cas des SERMO ou à l'aide de toute autre méthode permettant d'assurer une sélectivité de groupe.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 11 : Réglages de la protection de tension des SERMO**

Tension (% de la tension nominale) <sup>1</sup>	Seuil de déclenchement <sup>2</sup>
120 %	0,16 seconde <sup>3</sup>
110 %	13 secondes
88 %	21 secondes
50 %	2 secondes

1. Tension (RMS) à la fréquence fondamentale pour une IPE monophasée. Tension (RMS) phase-terre et phase-phase pour chacune des phases pour une IPE triphasée. Si l'une des phases atteint le seuil de déclenchement, l'IPE doit déclencher les trois phases.
2. Durées maximales pendant lesquelles l'IPE peut demeurer en service (déclenchement obligatoire) à la suite d'une perturbation.
3. Les SERMO certifiées UL1741-SB de moins de 250 kW doivent bloquer ou déclencher en 0,017 seconde pour une tension de 137 % ou plus de la tension nominale (section 7.3).

#### 9.7.4 Réglages des protections de fréquence

Le Tableau 12 et le Tableau 13 présentent les réglages de la protection de fréquence. Ceux-ci sont basés sur les valeurs du Tableau 10 de la section 12.2.3 du document *Exigences techniques de raccordement des centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*.

Lors d'une variation de fréquence, les seuils de déclenchement des Tableau 12 et Tableau 13 ont préséance sur les exigences de passages à travers les variations de fréquences (section 6.7.2).

L'annexe D présente les graphiques illustrant de manière superposée les exigences de passage à travers les variations de fréquence et les seuils de protection.

**Tableau 12 : Réglages de la protection de fréquence**

Fréquence (Hz)	Seuil de déclenchement <sup>2</sup>
63,5	0,35 seconde
63,0 <sup>1</sup>	5 secondes
61,5	180 secondes
58,5	180 secondes
57,0	2 secondes
55,5	0,35 seconde

1. Un déclenchement instantané est permis à partir de 61,7 Hz en 0,35 seconde pour les IPE suivantes :
  - a) munies d'alternateurs synchrones dont la capacité totale est inférieure ou égale à 250 kW;
  - b) IPE thermiques et turbines à gaz;
  - c) IPE munies d'alternateurs asynchrones.
2. Durées maximales pendant lesquelles l'IPE peut demeurer en service (déclenchement obligatoire) à la suite d'une perturbation.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Tableau 13 : Réglages de la protection de fréquence des SERMO**

Fréquence (Hz)	Seuil de déclenchement <sup>1</sup>
61,7	0,35 seconde
61,5	180 secondes
58,5	180 secondes
55,5	0,35 seconde

1. Durées maximales pendant lesquelles la SERMO peut demeurer en service (déclenchement obligatoire) à la suite d'une perturbation.

## 10 Exigences relatives à la télésurveillance et au contrôle à distance

Le propriétaire de l'IPE doit fournir un lien de télécommunication, à ses frais, dans le but de permettre au système de gestion des ressources énergétiques décentralisée (SGRED) d'Hydro-Québec de communiquer avec l'IPE. Le propriétaire de l'IPE doit aussi configurer son installation afin d'assurer une connectivité constante entre l'IPE et le SGRED d'Hydro-Québec. Les raccordements du réseau de télécommunication à l'intérieur de l'IPE doivent être câblés. Une connexion sans-fil à l'intérieur de l'IPE n'est pas autorisée.

Hydro-Québec peut modifier, à distance, les réglages des SERMO de l'IPE, avec ou sans préavis.

### 10.1 Protocole de communication

L'IPE doit se conformer à la norme IEEE 2030.5 / Sunspec Common Smart Inverter Profile (CSIP) version 2.1 ou plus récent avec connectivité TCP/IP afin de répondre au besoin du réseau de distribution d'Hydro-Québec en matière de visibilité, de prévisibilité et de contrôlabilité. Cette norme définit les exigences des protocoles requis pour collecter et communiquer les données en temps réel de consommation et de production d'électricité de l'IPE.

### 10.2 Commande de limitation de la production d'électricité

Hydro-Québec peut exiger de limiter la production de l'IPE, en tout temps, sans préavis.

### 10.3 Commande d'arrêt de la production d'électricité

Hydro-Québec peut exiger l'arrêt de la production d'électricité de l'IPE ou la déconnexion de l'IPE de son réseau, en tout temps, sans préavis.

### 10.4 Installation de l'UTAPP

Si l'installation d'une UTAPP est requise par Hydro-Québec, le propriétaire de l'IPE se référera à la norme E.12-12 et à la norme F.22-05 pour connaître les modalités d'installation de l'UTAPP et du mesurage requis.

## 11 Production d'électricité en mode îloté

Hydro-Québec ne permet pas la production d'électricité en mode îloté sur les charges autres que celles du client pour les installations visées par cette norme (section 12).

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 12 Alimentation de secours

Le propriétaire de l'IPE peut utiliser son IPE comme alimentation de secours dans le but d'alimenter ses propres charges lors d'une panne d'électricité. Pour ce faire, son installation doit être conforme à toutes les conditions suivantes :

1. il doit respecter la section 15.2.5 *Protection pour groupe électrogène des Conditions de services d'électricité d'Hydro-Québec*. À cette fin, un commutateur de transfert à transition ouverte doté d'une commande manuelle ou automatique est requis. Cet appareil vise à empêcher l'IPE d'alimenter le réseau de distribution basse tension lorsque ce dernier est hors tension. Le commutateur de transfert à transition ouverte doit être conforme à la norme CSA C22.2 No. 178.1 *Équipement de commutation de transfert* ;
2. lorsqu'un commutateur de transfert à transition ouverte est utilisé, la source de production de secours peut seulement être raccordée à la borne « urgence » de l'interrupteur de transfert. Il est interdit de raccorder une source de production d'électricité à la borne « charges » de l'interrupteur de transfert<sup>26</sup>.
3. si l'alimentation de secours dispose d'un mode de fonctionnement dans lequel une réactance de mise à la terre est requise, un système de protection doit être en place permettant de confirmer l'arrêt du mode urgence et le retrait ou l'insertion de la réactance de MALT, selon ce qui est requis, et ce, avant la resynchronisation au réseau de distribution d'Hydro-Québec ;
4. si l'IPE est équipée de SERMO :
  - a) l'onduleur doit comporter de deux bornes de raccordement distinctes, l'une pour le raccordement au réseau de distribution et l'autre pour le raccordement aux charges critiques du client ;
  - b) l'alimentation de secours de l'onduleur doit être réalisée exclusivement à partir d'une source en courant continu ;
  - c) lorsqu'une génératrice de secours est installée, Hydro-Québec exige que celle-ci soit dotée d'un interrupteur de transfert à transition ouverte. Un onduleur ne peut être utilisé comme interrupteur de transfert<sup>27</sup>. Veuillez vous rapporter aux annexes de la norme E.12-07 pour consulter les schémas type de raccordement d'une génératrice de secours dans une IPE équipée de SERMO.

<sup>26</sup> Le raccordement d'une source de production d'électricité à la borne « charge » de l'interrupteur de transfert pourrait occasionner une fermeture hors synchronisme de l'interrupteur, ce qui occasionnerait des surtensions et des dommages aux équipements du client, à la source de production d'électricité et au réseau d'Hydro-Québec.

<sup>27</sup> Un onduleur qui n'est pas certifié conforme à la norme CSA C22.2 no 178.1 ne peut être utilisé pour raccorder une génératrice de secours dans les installations d'un client. Le fait de ne pas se conformer à cette directive peut entraîner des dommages à l'onduleur ou des blessures aux employés d'Hydro-Québec. Le client sera alors tenu responsable des dommages.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Historique des révisions

Date AAAA-MM-JJ	Modification	Responsable (unité administrative)
<b>2005/12/01</b>	Version initiale	Éric Le Courtois ing. (Orientations du réseau)
<b>2024/11/18</b>	Refonte complète	Philippe Venne ing. (Innovation du système énergétique – Croissance du réseau)

## Références

- [Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec](#)
- CSA C22.2 no 178.1 *Équipement de commutation de transfert*
- CSA C22.10 Code de construction du Québec – Chapitre V – Électricité – Code canadien de l'électricité, Première partie et modifications du Québec
- CSA C235-R2019 *Preferred voltage levels for AC systems up to 50 000 V*
- CSA CEI/IEC 61000-4-27:01 *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-27: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux déséquilibres*
- CSA Z460 :20 *Maîtrise des énergies dangereuses : Cadenassage et autres méthodes*
- CSA Z462 :24 *Sécurité électrique au travail*
- EPRI numéro 3002020130 *Effective Grounding for Inverter-Connected DER*
- IEC 62786-1 *Distributed energy resources connection with the grid – Part 1: General requirements*
- IEEE C57.105, *Guide for Application of Transformer Connections in Three-Phase Distribution Systems*
- IEEE C57.110, *Recommended Practice for Establishing Liquid-Immersed and Dry-Type Power and Distribution Transformer Capability When Supplying Nonsinusoidal Load Currents*
- IEEE C62.92.1 *Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems--Part I: Introduction*
- IEEE C62.92.2 *Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part II—Synchronous Generator Systems*
- IEEE C62.92.4 *Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems--Part IV: Distribution*
- IEEE C62.92.6 *Guide for Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part VI--Systems Supplied by Current-Regulated Sources*

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

- IEEE 1547 *Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*
- IEEE 1547.1 *Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Energy Resources with Electric Power Systems and Associated Interfaces*
- IEEE 2030.5 *Standard for Smart Energy Profile Application Protocol*
- UL 1741 *Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources*
- UL 1741 Supplement B *Grid support utility-interactive inverters and converters based upon IEEE 1547-2018 and IEEE 1547.1-2020*

## Suivi et authentification du document

### Responsabilités

Responsable de l'application Tout le personnel de la direction – Conception intégrée et optimale du système énergétique
--

### Préparé par

Prénom et nom, titre et unité administrative des signataires de cette section Philippe Venne Ingénieur - Innovation du système énergétique – Croissance du réseau	Signature	Date AAAA-MM-JJ <b>2024/11/14</b>
--	-----------	--------------------------------------

### Vérfié par

Prénom et nom, titre et unité administrative des signataires de cette section Dominique Boulé-Racine Ingénieure - Innovation du système énergétique – Croissance du réseau	Signature	Date AAAA-MM-JJ <b>2024/11/14</b>
---	-----------	--------------------------------------

### Approbation administrative

Prénom et nom, titre et unité administrative des signataires de cette section Louis-Simon Gauthier Chef - Solutions Innovantes et services spécialisés – Réseau distribution et clients (DSIRDC)	Signature	Date AAAA-MM-JJ
Maude Gauthier Directrice - Solutions Innovantes – Réseau distribution et clients (DSIRDC)		

### Collaboration

Prénom et nom, appellation d'emploi, nom de l'unité et domaine Les membres du comité d'experts production décentralisée d'Hydro-Québec :  Steeve Beaulieu, ingénieur, Conception du réseau de distribution. David Bélanger, technicien, Conception du réseau de distribution. Dominique Boulé-Racine, ingénieure, Innovation du système énergétique - Croissance du réseau. Nicolas Côté, ingénieur, Conception du réseau de distribution. Eve Desharnais, technicienne, Conception du réseau de distribution.
---

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

Jonathan Duchesne, ingénieur, Performance et soutien.  
 Alexandre Gagné, ingénieur, Innovation du système énergétique - Croissance du réseau.  
 Xavier Champagne Gélinas, ingénieur, Conception du réseau de distribution.  
 Jonathan Giroux, ingénieur, Conception du réseau de distribution.  
 Charles Huppé, ingénieur, Conception du réseau de distribution.  
 Alain Lacroix, ingénieur, Conception du réseau de distribution.  
 David Lafontaine, ingénieur, Conception du réseau de distribution.  
 Simon Marcil-Masse, ingénieur, Conception du réseau de distribution.  
 Cynthia Morneau, technicienne, Conception du réseau de distribution.  
 Martin Raymond, Chef, Conception du réseau de distribution.  
 Mathieu Rohmer, ingénieur, Innovation du système énergétique - Communautés.  
 Yannick Roy, ingénieur, Évolution du système énergétique.

Mario Bastien, ingénieur, Intégration et ingénierie.  
 Charles Desbiens, ingénieur, Évolution du système énergétique.  
 Frédéric Gervais, ingénieur, Expertise intégrée.  
 Dominique Guérette, ingénieur, Vision stratégique et analyse technico-économiques.  
 Jean-François Haché, ingénieur, Études d'automatismes et protections.  
 Éric Le Courtois, Chercheur, Recherche et développement.  
 Pierre Levesque, ingénieur, Soutien technique Conduite.  
 Sébastien Pagé, ingénieur, Ingénierie mesurage.

Titre de l'encadrement	Numéro de l'encadrement	En vigueur le AAAA-MM-JJ
<b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	<b>E.12-05</b>	<b>2024-11-18</b>

## Annexe A

### **Demande de raccordement d'équipements de production d'électricité au réseau d'Hydro-Québec**

Pour un raccordement comme autoproducteur au tarif de mesurage net :  
<http://www.hydroquebec.com/autoproduction/docs/formulaire-mesurage-net.pdf>

Pour un raccordement comme autoproducteur au sans compensation :  
<http://www.hydroquebec.com/autoproduction/docs/formulaire-sans-compensation.pdf>

Pour un raccordement comme producteur d'électricité suite à un appel d'offres ou un programme d'achat d'électricité d'Hydro-Québec  
<https://www.hydroquebec.com/data/transenergie/raccordement-reseau/formulaire-demande-etude-exploratoire.pdf>

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Annexe B

### Schémas types de raccordement et de protection d'une IPE<sup>28</sup>

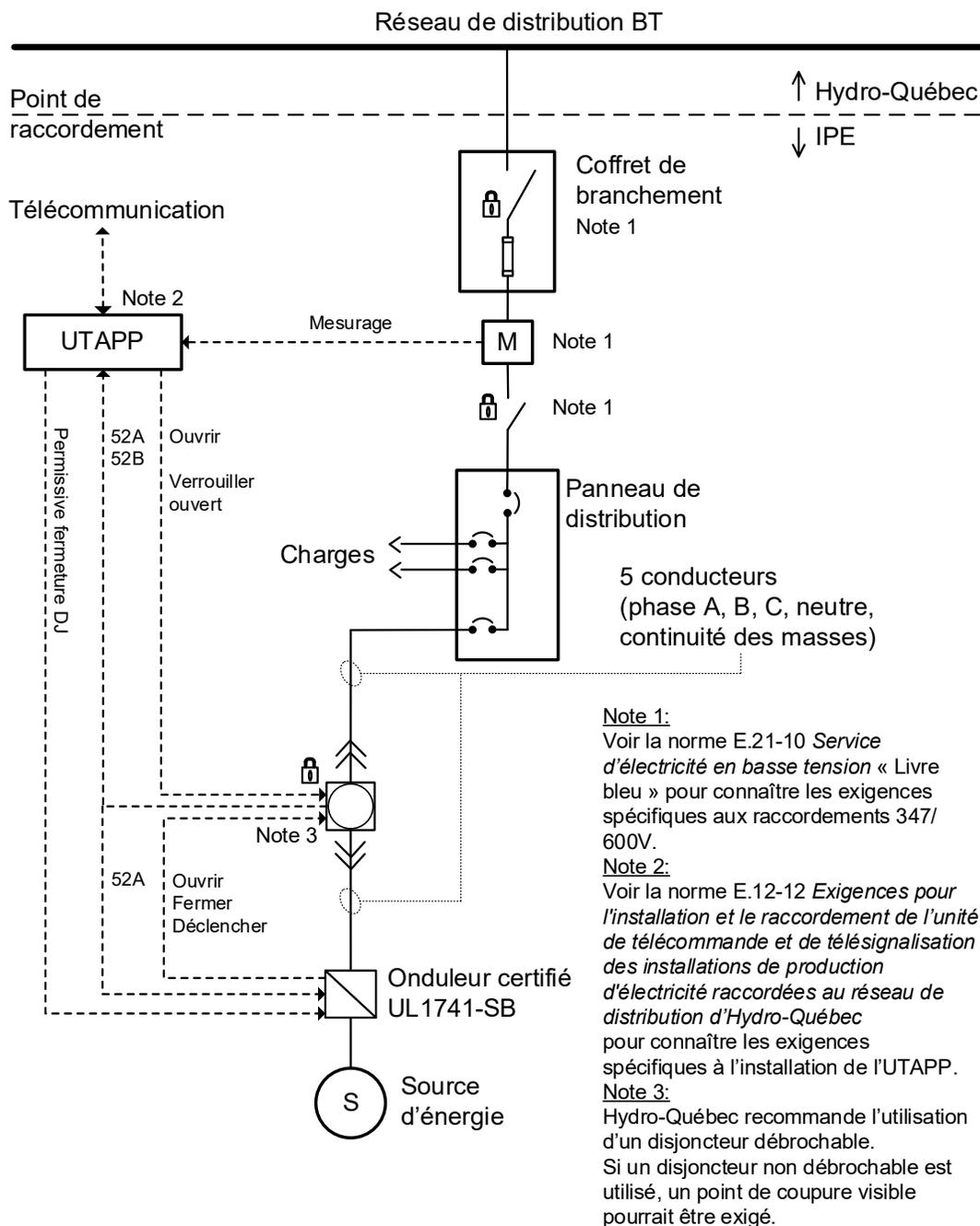
#### Liste des Figures

Figure 1 : Schéma de raccordement d'une IPE de 250 kW et plus, 600 A et moins au point de raccordement, utilisant un onduleur certifié triphasé 347/600V .....	57
Figure 2A : Schéma de raccordement d'une IPE de 250 kW et plus, plus de 600 A au point de raccordement, nécessitant un mesurage indépendant pour l'IPE, utilisant des onduleurs certifiés triphasés 347/600V .....	58
Figure 3 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un alternateur triphasé 347/600V .....	60
Figure 4 : Schéma de raccordement d'une IPE de moins de 250 kW utilisant un onduleur certifié avec un fil de neutre et un transformateur de puissance Y-Y(MALT) .....	61
Figure 5 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié 240V, sans fil de neutre et sans transformateur de puissance .....	62
Figure 6 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié 600V, sans fil de neutre et sans transformateur de puissance .....	63
Figure 7 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié sans fil de neutre et avec transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta .....	64
Figure 8 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur non certifié, sans fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta .....	65
Figure 9 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié 347/600V, avec fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Y-Y(MALT), équipée d'un transformateur de MALT .....	66
Figure 10 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié, sans fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta, équipée d'un transformateur de MALT .....	67
Figure 11 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur non certifié, sans fil de neutre, avec transformateur de puissance Y(MALT)-Delta .....	68
Figure 12 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur non certifié, avec ou sans fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta, équipée d'un transformateur de MALT .....	69

<sup>28</sup> Les schémas de raccordement présentés dans l'ANNEXE B sont typiques et à titre indicatif seulement. Ne pas utiliser ces schémas pour construction.

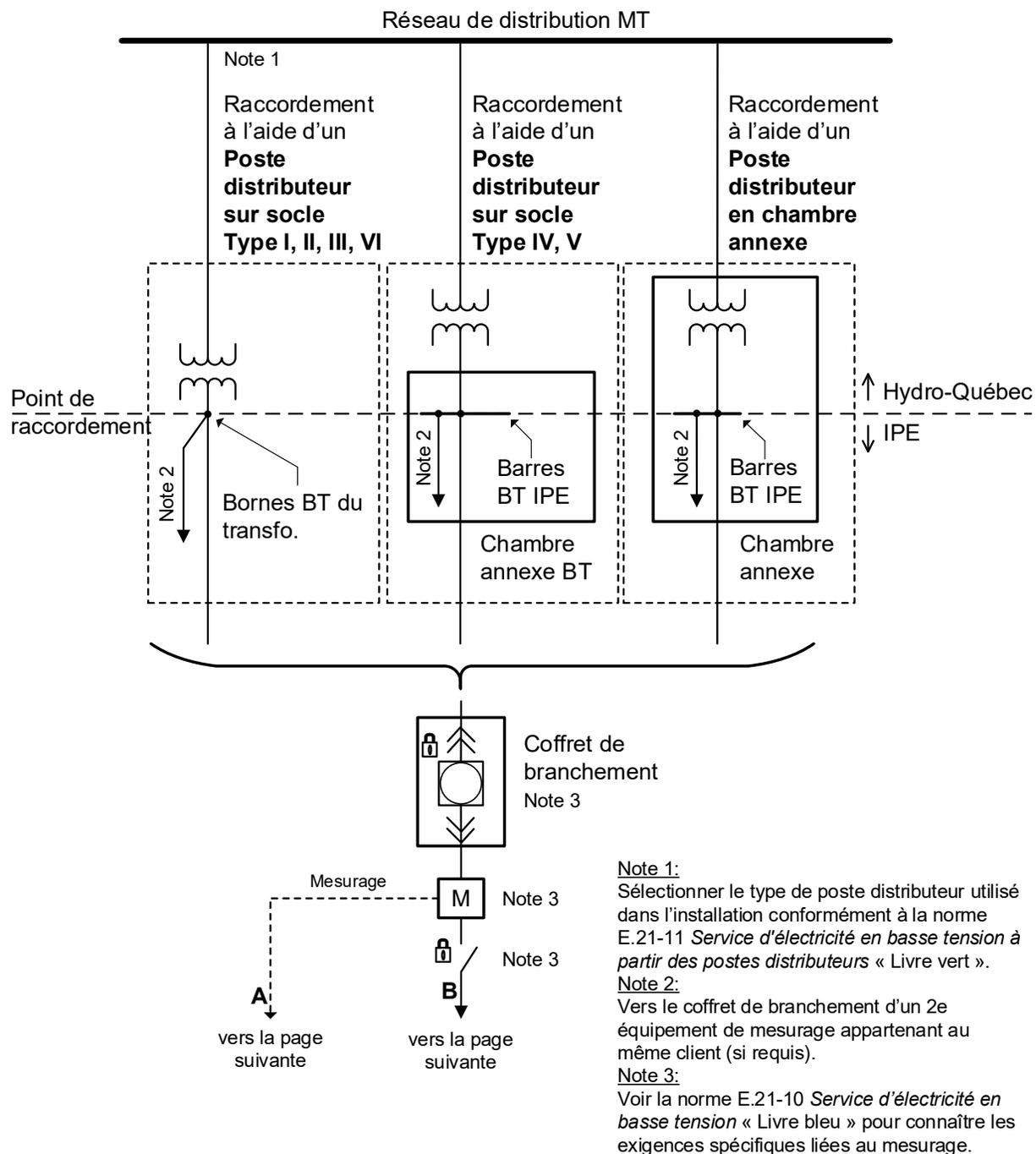
Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 1 : Schéma de raccordement d'une IPE de 250 kW et plus, 600 A et moins au point de raccordement, utilisant un onduleur certifié triphasé 347/600V**

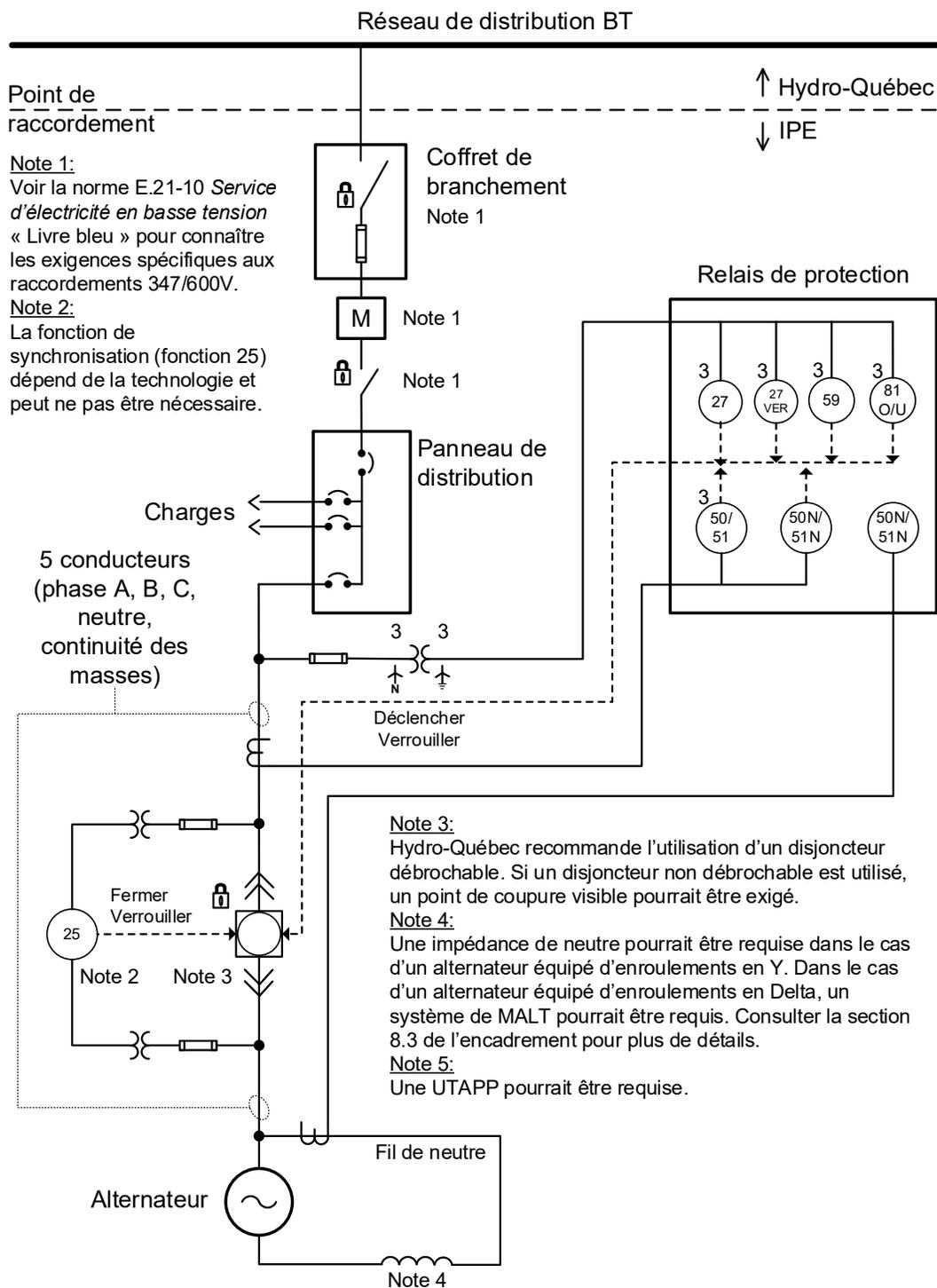
Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 2A : Schéma de raccordement d'une IPE de 250 kW et plus, plus de 600 A au point de raccordement, nécessitant un mesurage indépendant pour l'IPE, utilisant des onduleurs certifiés triphasés 347/600V**



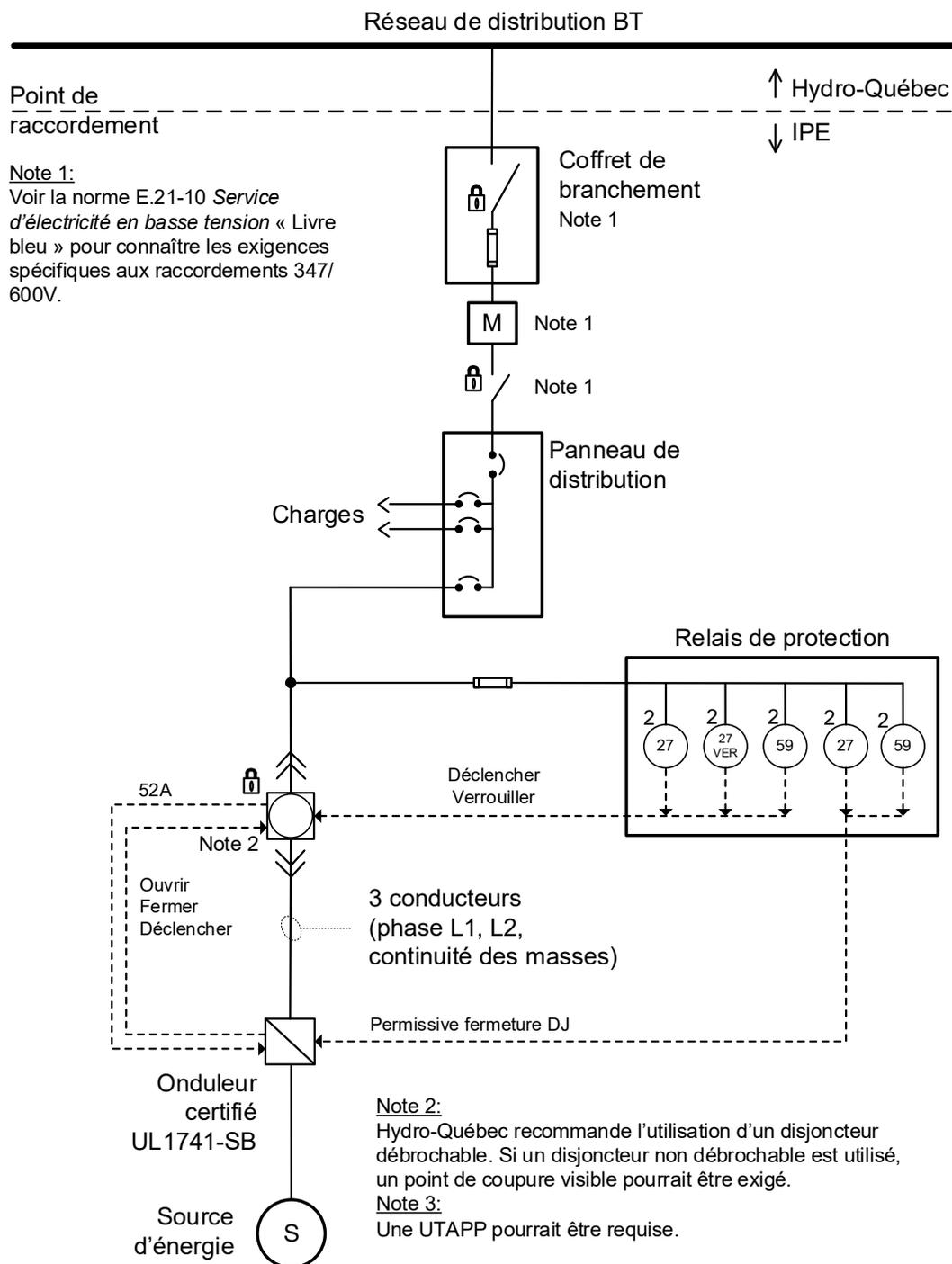
Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 3 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un alternateur triphasé 347/600V**

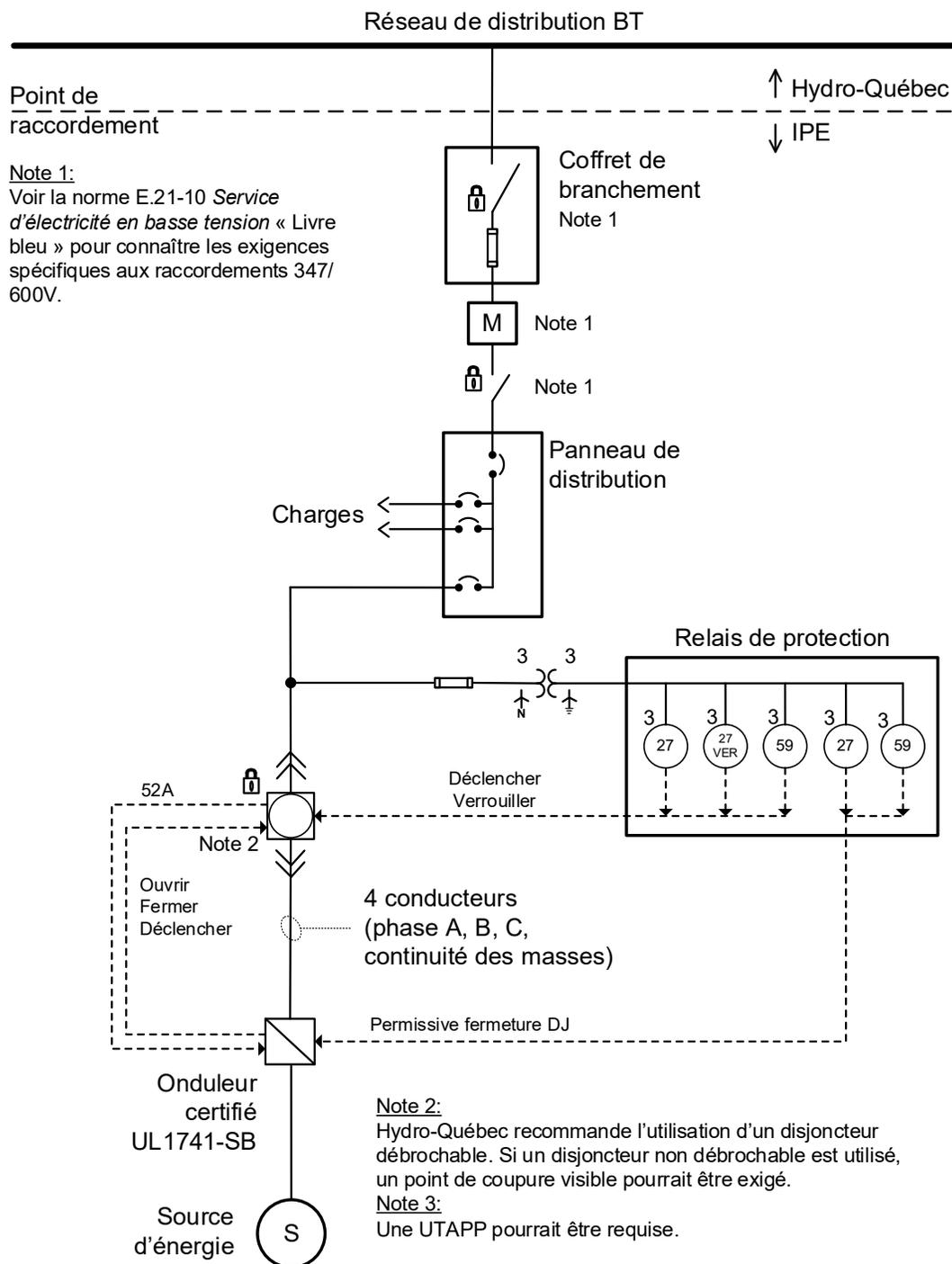


Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



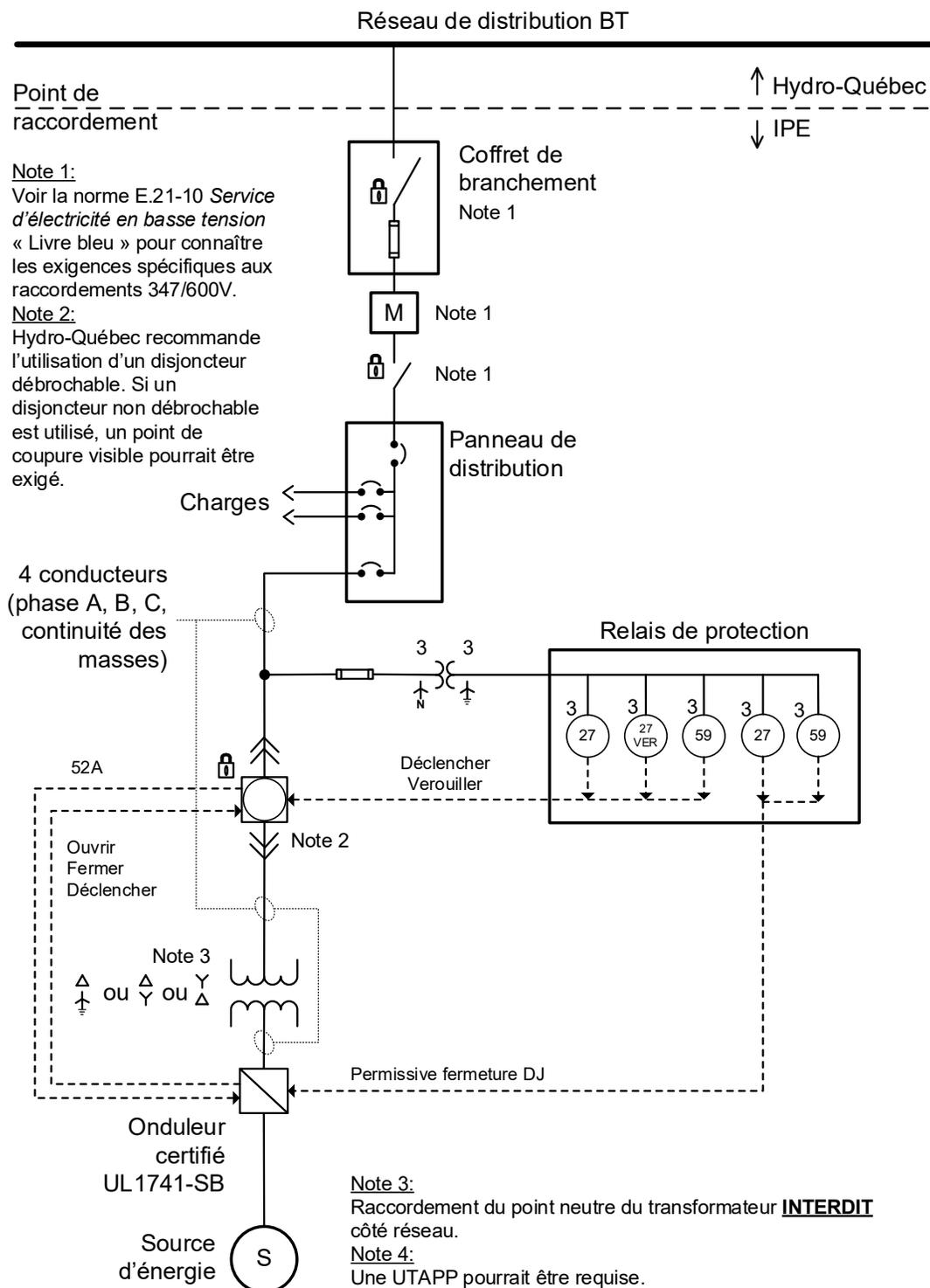
**Figure 5 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié 240V, sans fil de neutre et sans transformateur de puissance**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



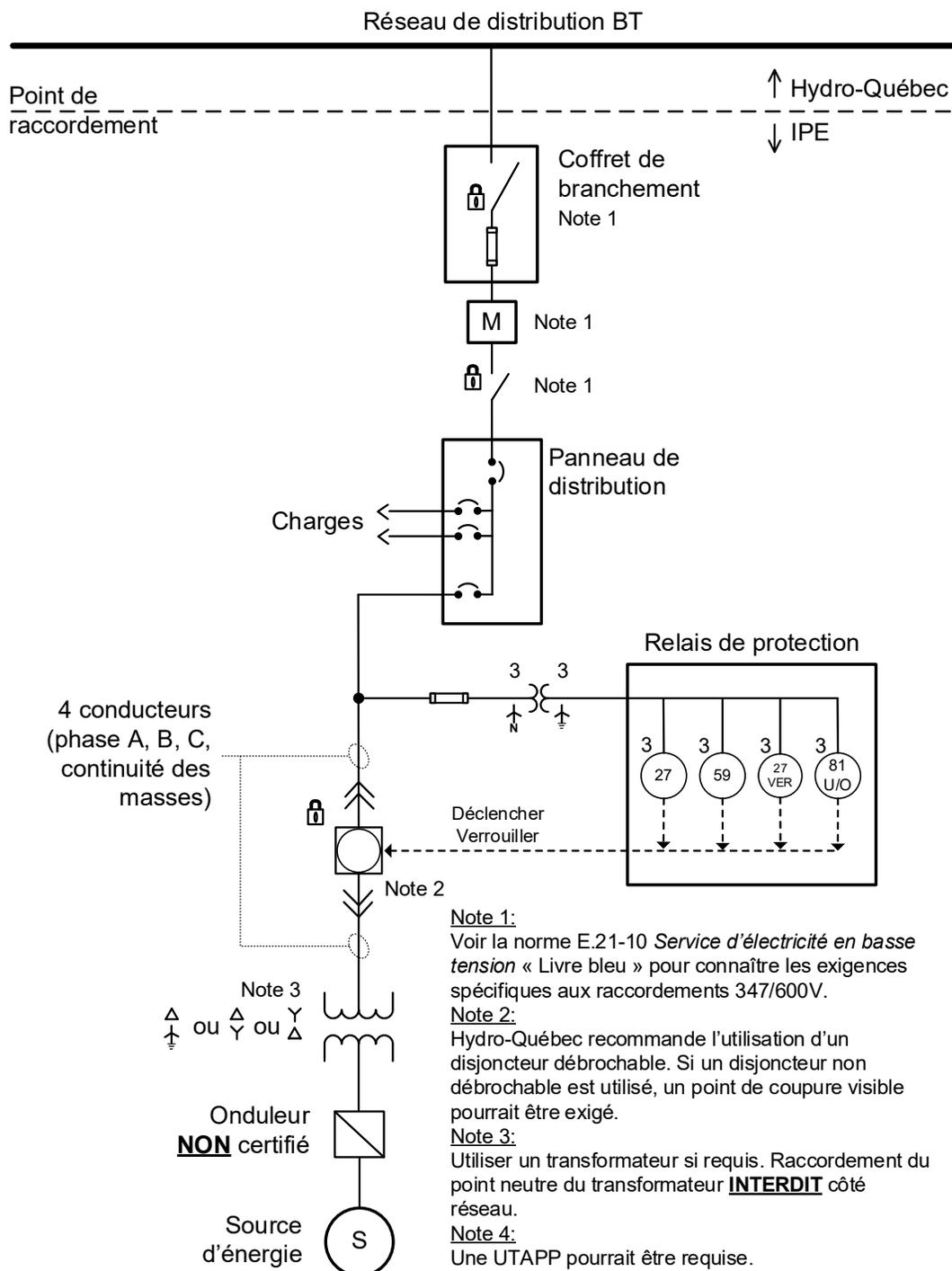
**Figure 6 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié 600V, sans fil de neutre et sans transformateur de puissance**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



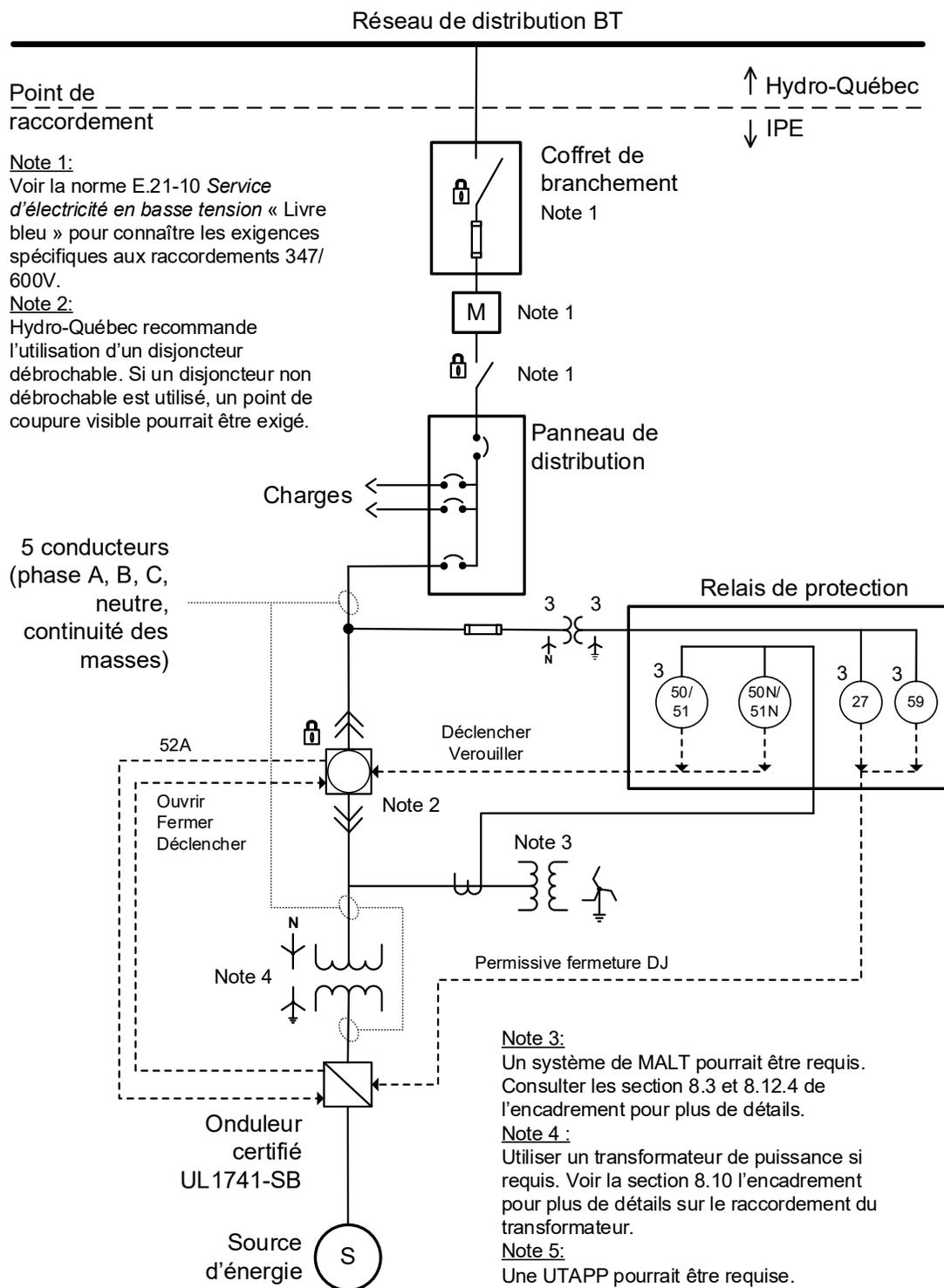
**Figure 7 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié sans fil de neutre et avec transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



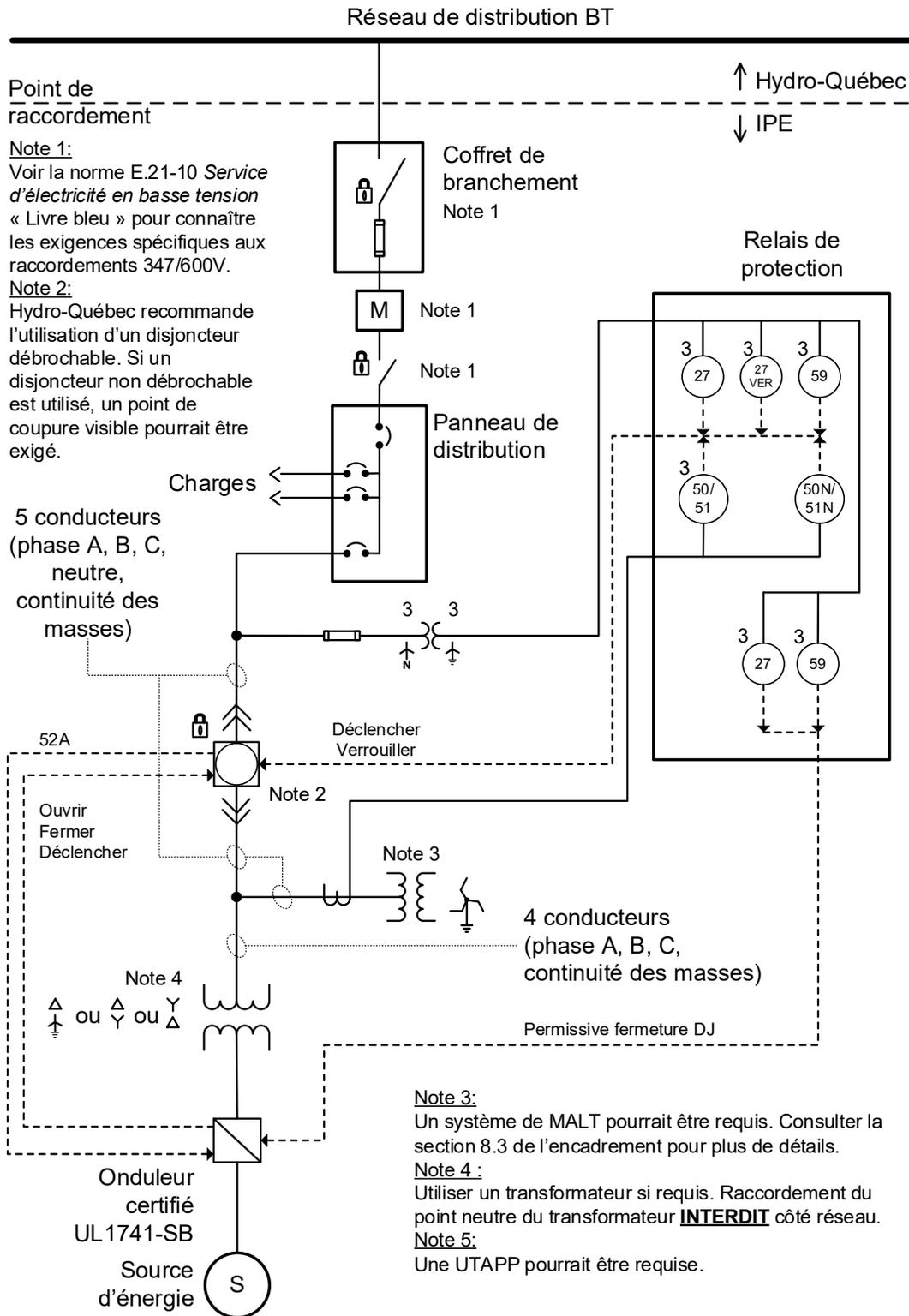
**Figure 8 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur non certifié, sans fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 9 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié 347/600V, avec fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Y-Y(MALT), équipée d'un transformateur de MALT**

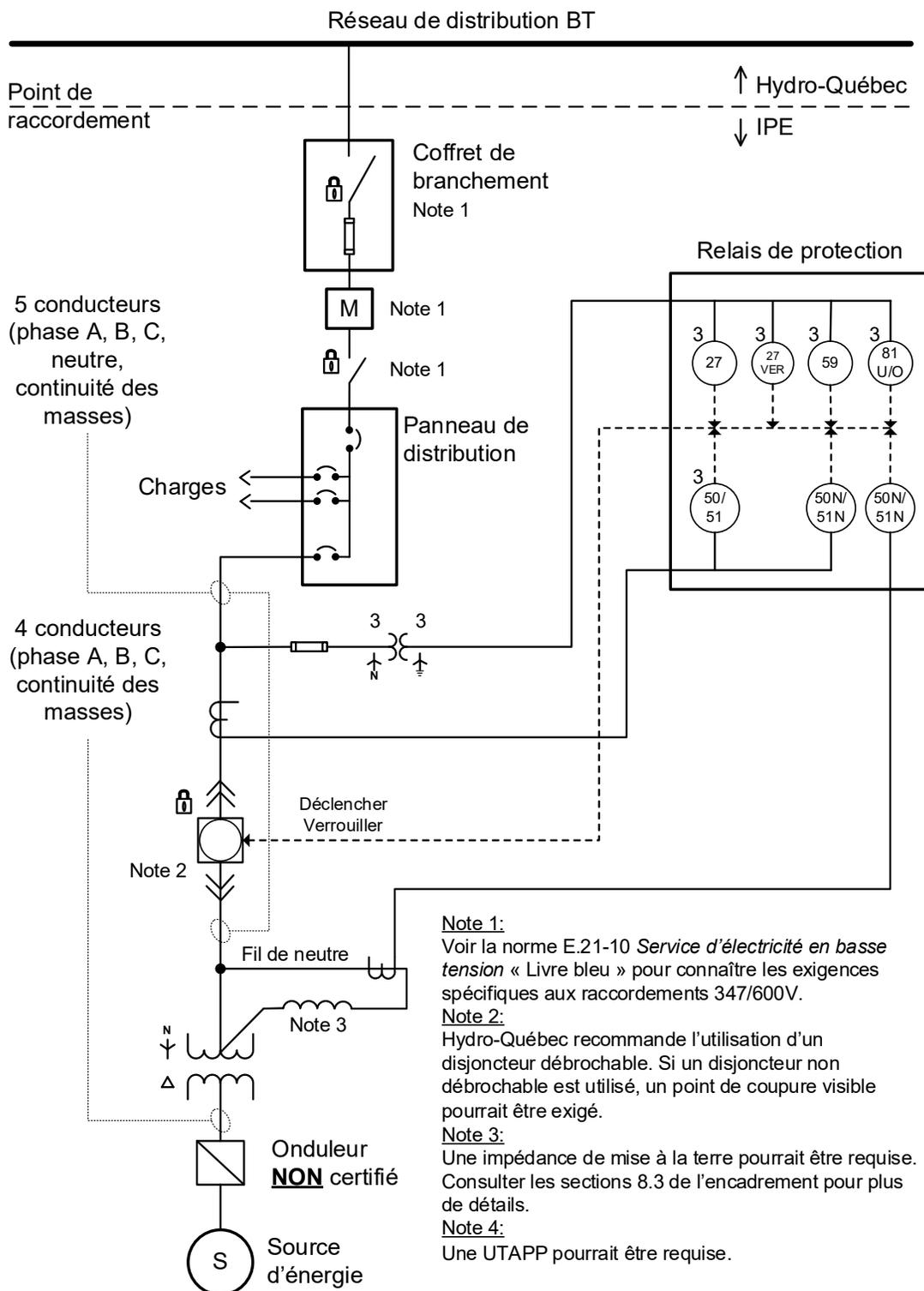
Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 10 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur certifié, sans fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta, équipée d'un transformateur de MALT**

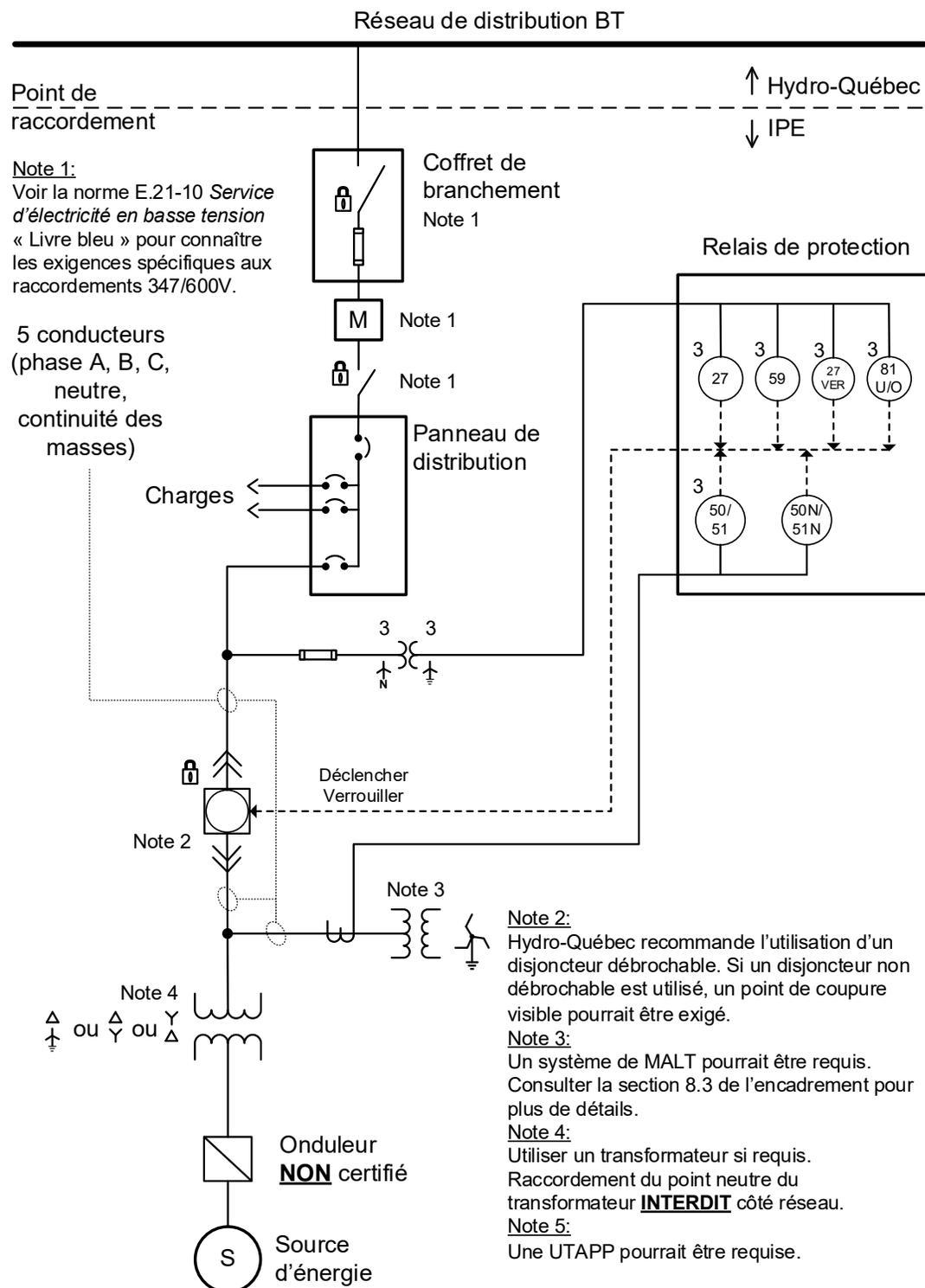
Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 11 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur non certifié, sans fil de neutre, avec transformateur de puissance Y(MALT)-Delta**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 12 : Schéma de raccordement d'une IPE utilisant un onduleur non certifié, avec ou sans fil de neutre, avec ou sans transformateur de puissance Delta-Y(MALT), Delta-Y ou Y-Delta, équipée d'un transformateur de MALT**

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Annexe C

(À titre informatif)

### Contenu de l'étude de raccordement d'une IPE

Le propriétaire de l'IPE doit transmettre à Hydro-Québec une étude de raccordement de l'IPE signée par un ingénieur. Afin de réaliser l'étude de raccordement, Hydro-Québec fournit un gabarit d'étude dont voici un exemple de contenu.

MISE EN CONTEXTE D'HYDRO-QUÉBEC

NOTE SUR LE DOCUMENT

ANNEXES

SOMMAIRE DES TABLEAUX

1 INTRODUCTION

1.1 Coordonnées du client-producteur avec production d'électricité

1.2 Localisation des équipements de production d'électricité

1.3 Coordonnées du signataire de l'étude de raccordement

1.4 Description générale

1.5 Mandat

1.6 Exclusions

1.7 Particularités et dérogations

1.8 Développements futurs

1.9 Dates importantes

1.10 Plan de localisation

1.11 Étapes de traitement de dossier

2 CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

2.1 Installation

2.2 Prévisions de production

2.3 Caractéristiques des équipements

2.4 Schéma unifilaire

2.5 Schéma de principe

2.6 Schéma trifilaire (C.A.)

2.7 Schéma de commande et protection (C.C.)

2.8 Schéma logique

2.9 Schéma de communication de l'UTAPP

2.10 Schéma d'acquisition de données

3 EXIGENCES RELATIVES À LA TENSION

3.1 Fluctuations de tension

3.2 Distorsions harmoniques

3.3 Injection de courant continu

3.4 Régulation de tension et facteur de puissance

3.5 Immunité aux VRT, tension de séquence inverse et courant de séquence homopolaire

4 EXIGENCES RELATIVES À L'APPAREILLAGE DE LA CENTRALE

4.1 Régime de neutre

4.2 Transformateurs de puissance

4.3 Dispositif de protection (disjoncteur de centrale)

4.4 Inductance ou résistance dans le neutre

4.5 Condensateurs

4.6 Télémessure

4.7 Appareillage de contrôle

4.8 Services auxiliaires

5 EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS DE LA CENTRALE

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## 6 EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION

- 6.1 Arrêt de l'injection de puissance en parallèle au réseau
- 6.2 Protection primaire et contre les défauts du réseau d'Hydro-Québec
- 6.3 Protection de réserve et contre l'îlotage
- 6.4 Protections supplémentaires à la centrale
- 6.5 Modèles de relais
- 6.6 Alimentation des relais et circuits utilisés pour la protection
- 6.7 Conditionnement de la fermeture du dispositif de protection
- 6.8 Transformateurs d'instrumentation pour la protection
- 6.9 Disponibilité de la fonction chien de garde (watchdog)
- 6.10 Production en urgence
- 6.11 Maintenance

## 7 APPAREILLAGE DE CONTRÔLE

- 7.1 Régulateurs de tension
- 7.2 Régulateurs de vitesse (alternateurs synchrones)
- 7.3 Synchronisation de la centrale avec le réseau d'Hydro-Québec

## 8 EXIGENCES SPÉCIFIQUES RELATIVES AUX SERMO

- 8.1 Exigences lors de sous-tension « Low-Voltage-Ride-Through » (LVRT)
- 8.2 Régulation de tension
- 8.3 Régulation de fréquence
- 8.4 Exigence lors de variation de fréquence
- 8.5 Taux maximaux de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance
- 8.6 Arrêt de la centrale en prévision de conditions climatiques sévères

## 9 ÉTUDE DE PROTECTION

- 9.1 Calcul du régime de neutre
- 9.2 Calcul du courant de court-circuit maximal
- 9.3 Tableaux des résultats de court-circuit
- 9.4 Coordination et analyse des protections

## 10 RÉGLAGES

- 10.1 Général
- 10.2 Équipements de production, onduleurs non certifiés et autres équipements
- 10.3 Relais de protection multifonctions

## 11 CONCLUSION

## 12 PROCÉDURE D'ESSAIS

### ANNEXES

- ANNEXE 1 : Schéma unifilaire
- ANNEXE 2 : Schéma de principe
- ANNEXE 3 : Schéma trifilaire (C.A.)
- ANNEXE 4 : Schéma de commande et protection (C.C.)
- ANNEXE 5 : Schéma logique
- ANNEXE 6 : Base de données des équipements (logiciel réseau électrique)
- ANNEXE 7 : Schéma unifilaire de modélisation (logiciel réseau électrique)
- ANNEXE 8 : Tableaux des résultats de court-circuit
- ANNEXE 9 : Courbes temps-courant
- ANNEXE 10 : Rapport d'essais
- ANNEXE 11 : Plan de maintenance périodique
- ANNEXE 12 : Certificats CSA et UL
- ANNEXE 13 : Spécifications techniques
- ANNEXE 14 : Informations fournies par Hydro-Québec
- ANNEXE 15 : UTAPP – Schéma de communication
- ANNEXE 16 : Schéma d'acquisition de données

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement	Numéro de l'encadrement	En vigueur le AAAA-MM-JJ
<b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	<b>E.12-05</b>	<b>2024-11-18</b>

ANNEXE 17 : Étude de qualité de l'onde

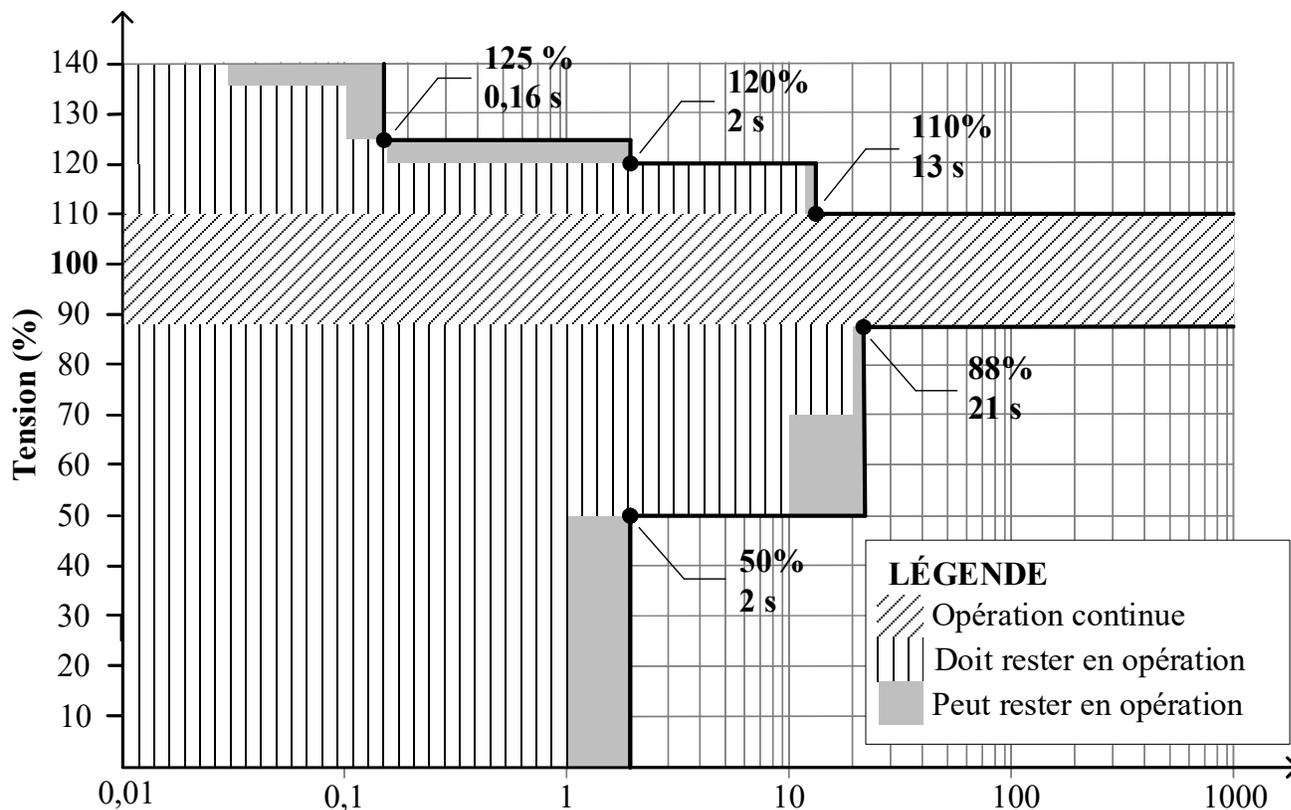
ANNEXE 18 : Fichier de réglages du relais de protection

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Annexe D**

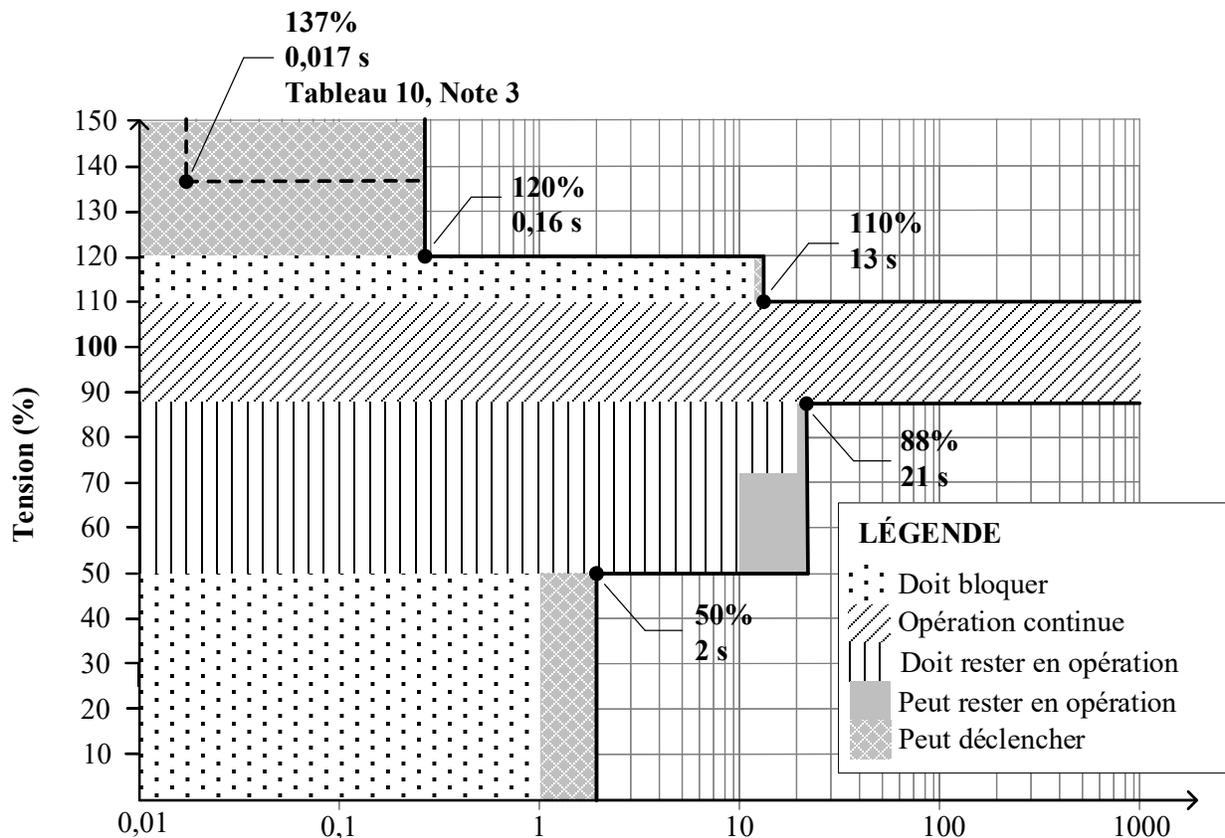
(À titre informatif)

Graphiques illustrant de manière superposée les exigences de passages à travers et les seuils de protection.



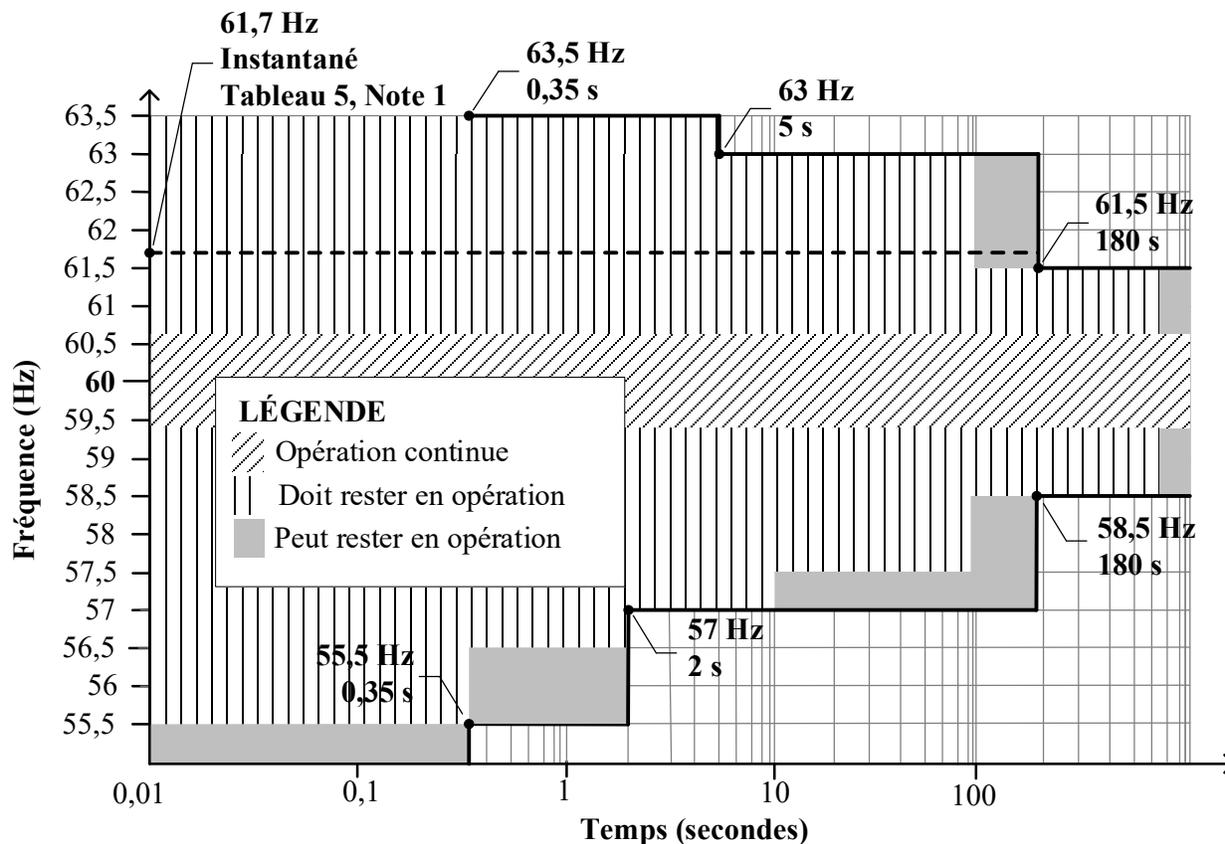
**Figure 1 : Réglages de déclenchement de la protection en tension et de passage à travers les sous-tensions et les surtensions de l'IPE**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



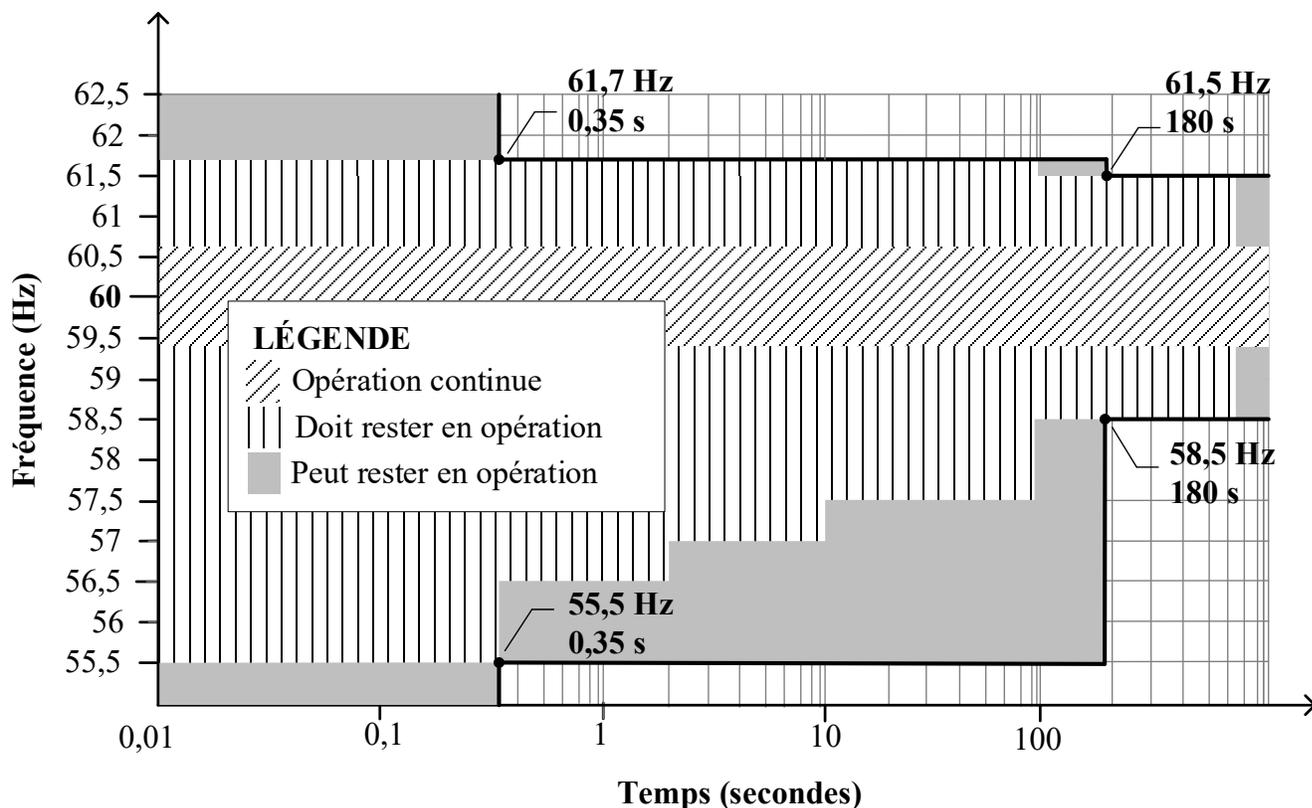
**Figure 2 : Réglages de déclenchement de la protection en tension et de passage à travers les sous-tensions et les surtensions d'une IPE de moins de 250 kW équipée de SERMO et d'un onduleur certifiés UL1741-SB**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 3 : Réglages de déclenchement de la protection de fréquence et de passage à travers les variations de fréquence d'une IPE**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



**Figure 4 : Réglages de déclenchement de la protection de fréquence et de passage à travers les variations de fréquence d'une IPE de moins de 250 kW équipée de SERMO et d'un onduleur certifiés UL1741-SB**

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**Annexe E**
**Valeurs des variables numériques requises pour l'application de la norme IEC 62786-1  
 Distributed energy resources connection with the grid – Part 1: General requirements**

Variables	Valeur	Unité	Définition
<b>4.4.2 Operating frequency range</b>			
$P_{th-fd}$	250	kW	Power threshold for frequency deviation
$f_{min1}$	59,4	Hz	Continuous operating minimum frequency
$f_{max1}$	60,6	Hz	Continuous operating maximum frequency
$f_{min2}$	55,5	Hz	Limited operating minimum frequency
$f_{max2}$	61,7	Hz	Limited operating maximum frequency
$T_{f1}$	660	s	Limited operating frequency minimum time
<b>4.4.3 Operating voltage range</b>			
$P_{th-vd}$	250	kW	Power threshold for voltage deviation
$U_{min1}$	0,88	per unit	Continuous operating minimum voltage
$U_{max1}$	1,10	per unit	Continuous operating maximum voltage
$U_{min2}$	0,5	per unit	Limited operating minimum voltage
$U_{max2}$	1,2	per unit	Limited operating maximum voltage
$T_{u1}$	21	s	Limited operating voltage disconnection time
$T_{u2}$	1	s	Outside of limited operating voltage disconnection time
<b>4.5.2 Rate of change of frequency (ROCOF) immunity</b>			
$ROCOF_{hi}$	4	Hz/s	Higher rate of change of frequency threshold
$ROCOF_{lo}$	1,25	Hz/s	Lower rate of change of frequency threshold
$t_{ROCOFlo}$	2,00	s	Minimum withstand violation time for higher rate of change of frequency threshold
$t_{ROCOFhi}$	0,5	s	Minimum withstand violation time for lower rate of change of frequency threshold
<b>4.5.2 Instantaneous ride through capability requirements</b>			
$f_{max}$		Hz	Continuous operation maximum frequency
$T_f$		s	Maximum frequency duration time

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

<b>4.5.3 Undervoltage ride through (UVRT) requirements</b>			
$U_1$	0,05	per unit	Undervoltage ride through - voltage value 1
$U_2$	0,25	per unit	Undervoltage ride through - voltage value 2
$U_3$	0,75	per unit	Undervoltage ride through - voltage value 3
$U_4$	0,85	per unit	Undervoltage ride through - voltage value 4
$U_5$	0,85	per unit	Undervoltage ride through - voltage value 5
$U_6$	0,9	per unit	Undervoltage ride through - voltage value 6
$t_1$	0,25	s	Undervoltage ride through - time value 1
$t_2$	1	s	Undervoltage ride through - time value 2
$t_3$	2	s	Undervoltage ride through - time value 3
$t_4$	2	s	Undervoltage ride through - time value 4
$t_5$	30	s	Undervoltage ride through - time value 5
$t_6$	30	s	Undervoltage ride through - time value 6
$S_{rec}$	0,9	per unit	Proportion of pre-fault output power required after a fault is cleared
$T_{rec}$	1	s	Duration time after a fault is cleared when proportion of pre-fault output power is required
<b>4.5.4 Overvoltage ride through (OVRT) requirements</b>			
$U_1$	1,32	per unit	Overvoltage ride through - voltage value 1
$U_2$	1,25	per unit	Overvoltage ride through - voltage value 2
$U_3$	1,25	per unit	Overvoltage ride through - voltage value 3
$U_4$	1,2	per unit	Overvoltage ride through - voltage value 4
$U_5$	1,15	per unit	Overvoltage ride through - voltage value 5
$U_6$	1,1	per unit	Overvoltage ride through - voltage value 6
$t_1$	0,1	s	Overvoltage ride through - time value 1
$t_2$	0,1	s	Overvoltage ride through - time value 2
$t_3$	2	s	Overvoltage ride through - time value 3
$t_4$	2	s	Overvoltage ride through - time value 4
$t_5$	12	s	Overvoltage ride through - time value 5
$t_6$	12	s	Overvoltage ride through - time value 6
<b>4.5.5 Rapid phase angle change immunity</b>			
$Phase_{max-1p}$	60	deg	Rapid phase angle change immunity to single-phase fault
$Phase_{max-3p}$	20	deg	Rapid phase angle change immunity to three-phase fault
<b>4.6 Active power response to frequency deviation</b>			
$P_{th-apc}$	250	kW	Power threshold for active power control
$f_n$	60	Hz	Nominal network Frequency
$\Delta f$		Hz	Active power control dead-band for high frequency
$G_{pu}$		per unit	Active power control gradient for high frequency
$\Delta f'$		Hz	Active power control dead-band for low frequency
$G'_{pu}$		per unit	Active power control gradient for low frequency
<b>4.7.2 Voltage support by reactive power</b>			
$P_{th-rp}$	250	kW	Power threshold for reactive power

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

<b>4.7.3 Reactive power control modes</b>			
$Q = f(U)_{enable}$	YES	yes/no	Reactive power control - volt-var - enabled
$Q = f(U)_{priority}$	2	{1,8}	Reactive power control - volt-var - priority
$\cos(\varphi) = f(U)_{enable}$	NO	yes/no	Reactive power control - $\cos(\phi)=f(U)$ - enabled
$\cos(\varphi) = f(U)_{priority}$		{1,8}	Reactive power control - $\cos(\phi)=f(U)$ - priority
$Q = f(P)_{enable}$	NO	yes/no	Reactive power control - $Q=f(P)$ - enabled
$Q = f(P)_{priority}$		{1,8}	Reactive power control - $Q=f(P)$ - priority
$\cos(\varphi) = f(P)_{enable}$	NO	yes/no	Reactive power control - $\cos(\phi)=f(P)$ - enabled
$\cos(\varphi) = f(P)_{priority}$		{1,8}	Reactive power control - $\cos(\phi)=f(P)$ - priority
$Q = constant_{enable}$	NO	yes/no	Reactive power control - constant Q - enabled
$Q = constant_{priority}$		{1,8}	Reactive power control - constant Q - priority
$\cos(\varphi) = constant_{enable}$	YES	yes/no	Reactive power control - constant $\cos(\phi)$ - enabled
$\cos(\varphi) = constant_{priority}$	3	{1,8}	Reactive power control - constant $\cos(\phi)$ - priority
$Q = remote_{enable}$	NO	yes/no	Reactive power control - remote Q - enabled
$Q = remote_{priority}$		{1,8}	Reactive power control - remote Q - priority
$\cos(\varphi) = remote_{enable}$	YES	yes/no	Reactive power control - remote $\cos(\phi)$ - enabled
$\cos(\varphi) = remote_{priority}$	1	{1,8}	Reactive power control - remote $\cos(\phi)$ - priority
<b>4.7.4 Voltage related active power control (volt-watt)</b>			
$P_{th-vwm}$	250	kW	Power threshold for volt-watt mode
$U_{min2}$		per unit	Voltage related active power control - Limited operating minimum voltage
$U_{min1}$		per unit	Voltage related active power control - Continuous operating minimum voltage
$U_{nom}$		per unit	Nominal network Voltage
$U_{max1}$		per unit	Voltage related active power control - Continuous operating maximum voltage
$U_{max2}$		per unit	Voltage related active power control - Limited operating maximum voltage
$P_{max}$		per unit	Voltage related active power control - Limited operating maximum power
$P_{nom}$		per unit	Voltage related active power control - Continuous operating nominal power
$P_{min}$		per unit	Voltage related active power control - Limited operating minimum power

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

<b>4.7.5 Voltage related reactive power control (volt-var)</b>			
$P_{th-vvr}$	250	kW	Power threshold for volt-var mode
$U_{min2}$		per unit	Voltage related reactive power control - Limited operating minimum voltage
$U_{min1}$		per unit	Voltage related reactive power control - Continuous operating minimum voltage
$U_{nom}$		per unit	Nominal network Voltage
$U_{max1}$		per unit	Voltage related reactive power control - Continuous operating maximum voltage
$U_{max2}$		per unit	Voltage related reactive power control - Limited operating maximum voltage
$Q_{max,overexcited}$		per unit	Voltage related reactive power control - Limited operating maximum power overexcited
$Q_{max,underexcited}$		per unit	Voltage related reactive power control - Limited operating maximum power underexcited
<b>4.7.6 Additional reactive current requirements</b>			
$U_c$	120	V	Declared system supply voltage
$U_{static-undervoltage}$	0,88	per unit	Lower boundary of the static voltage range
$U_{static-overervoltage}$	1,06	per unit	Higher boundary of the static voltage range
$\Delta U_{Nper-deadband}$	0,00	per unit	Sudden voltage jump deadband
$k_1$		N/A	Positive sequence current gradient
$k_2$		N/A	Negative sequence current gradient
$N_{per}$	60	nb of periods	Number of periods over wich to calculate the average positive and negative sequence voltages
$N_{min}$	1	min	Duration time over wich to calculate the pre-fault positive and negative sequence voltages
$T_{rc-step}$	25	ms	Reactive current step response time
$T_{rc-set}$	50	ms	Reactive current settling time
<b>4.7.6 Optional modes</b>			
$Watt_{priority}$	no	yes/no	Active power priority
$I_Q-limitation$	1	per unit	Reactive current limitation
$I_{zero-limitation-enable}$	no	yes/no	Zero current threshold enabled
$U_{zero-limitation}$		per unit	Zero current threshold voltage
$I_{zero-limitation}$	0,05	per unit	Zero current limit
<b>4.9.3 Means to detect islanding situation</b>			
$T_{id}$	2	s	Unintended island detection time
<b>4.10 Connection and starting to generate electrical power</b>			
$T_{connect}$	300	s	Reconnection time after a disturbance
<b>4.11 Ceasing and reduction of active power on set point</b>			
$P_{th-dis}$	250	kW	Power threshold for disconnection
<b>4.12.2 Monitoring and control</b>			
$P_{th-inf}$	250	kW	Power threshold for information exchange

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Annexe F

(À titre informatif)

### Liste de vérification des éléments de conception d'une IPE équipée de SERMO permettant un raccordement simplifié au réseau

- Onduleur certifiés UL1741-SB (section 8.11.1)
- IPE conforme à la norme IEEE 2030.5 (section 10)
- Si le raccordement est monophasé, la puissance maximale est 40kW (section 5.1)
- Borne de neutre sur l'onduleur (section 8.11.2)
- Pas de transformateur de puissance ou transformateur Y-Y MALT 5 colonnes (section 8.10)
- Câblage de puissance à 5 conducteurs (A, B, C, Neutre, continuité des MALT) (section 8.3.1)
- Raccordement selon les figures 1, 2, 4 ou 8 de l'Annexe B (section 5.8)
- Toute la production derrière un seul disjoncteur, le disjoncteur principal de l'IPE (section 8.9)
- Un dispositif de protection contre les surtensions est installé en amont de l'IPE (section 8.8)
- IPE utilisée comme alimentation de secours est munie d'un commutateur de transfert à transition ouverte (section 12)

En supplément, pour une IPE de 250 kW et plus :

- Onduleur est certifiés IEC 62786-1 (sections 5.2 et 8.11.1)
- Onduleur triphasé uniquement (section 5.2)
- Des moyens de mitigation du courant d'appel du transformateur de puissance sont prévus lorsque requis (section 8.10.3)
- UTAPP (section 5.2)
- Conforme aux exigences d'immunité (sections 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 et 6.8)
- Conforme aux exigences de passage à travers (sections 6.4.1 et 6.7.2)
- Permet la configuration des taux de rampes volontaires maximaux (section 7.2.2)
- Modèle PSS/E disponible (section 5.9)
- Disjoncteur principal de l'IPE à deux commandes (section 8.9)
- Conception anti-défaillance des circuits de protection (section 9.5)

En supplément, lorsque des relais multifonctions sont requis :

- 3 transformateurs de tension phase-terre utilisés que pour la protection HQ (section 9.6)
- 3 transformateurs de courant utilisés que pour la protection HQ (section 9.6)
- Contact de surveillance de l'état de fonctionnement du relais (section 9.2)
- Pour une IPE de 250 kW et plus : la protection primaire et la protection de réserve sont réalisées par des relais différents et indépendants (section 9.2)
- Alimentation autonome de 15 minutes (section 9.3)

En supplément, lorsqu'une source de courant homopolaire est requise :

- Un transformateur de MALT supplémentaire est utilisé (section 8.3.1)
- Une résistance/inductance externe est utilisée pour atteindre un coefficient de MALT de 0.8 (section 8.3)

Avant d'utiliser ou de reproduire ce document, assurez-vous qu'il s'agit de la version en vigueur.

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## Annexe G

(À titre informatif)

### Exemples d'étiquettes et d'avertissements de sécurité

#### Liste des Figures

Figure 1 : Étiquette de cadenassage à la demande d'Hydro-Québec .....	83
Figure 2 : Étiquette de cadenassage de la fermeture manuelle du disjoncteur principal de l'IPE .....	84
Figure 3 : Avertissement de présence d'une IPE .....	85
Figure 4 : Avertissement à apposer sur point de sectionnement de l'IPE.....	85
Figure 5 : Avertissement à apposer sur le disjoncteur principal de l'IPE .....	86
Figure 6 : Avertissement à apposer sur le disjoncteur principal de l'IPE lorsqu'il nécessite la condamnation de ses commandes manuelles.....	86
Figure 7 : Avertissement à apposer sur les relais de protection de l'IPE.....	87
Figure 8 : Avertissement à apposer sur l'UTAPP de l'IPE .....	87
Figure 9 : Avertissement à apposer sur les systèmes de protection de l'IPE .....	87
Figure 10 : Avertissement à apposer sur un transformateur de MALT de l'IPE.....	88

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



Figure 1 : Étiquette de cadenassage à la demande d'Hydro-Québec

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



Figure 2 : Étiquette de cadenassage de la fermeture manuelle du disjoncteur principal de l'IPE

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---



Figure 3 : Avertissement de présence d'une IPE



Figure 4 : Avertissement à apposer sur point de sectionnement de l'IPE

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## **DISJONCTEUR PRINCIPAL INSTALLATION DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ**

**Ce système est utilisé pour assurer la sécurité du public et des employé(e)s d'Hydro-Québec.**

**Il est INTERDIT de le modifier sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec.**

Figure 5 : Avertissement à apposer sur le disjoncteur principal de l'IPE

## **DANGER RISQUE D'ÉLECTROCUTION**

**Condamnation des commandes manuelles  
du disjoncteur**

**Pour assurer la sécurité du public et des employé(e)s d'Hydro-Québec:**

**Il est INTERDIT d'utiliser la commande de fermeture manuelle du disjoncteur.**

Figure 6 : Avertissement à apposer sur le disjoncteur principal de l'IPE lorsqu'il nécessite la condamnation de ses commandes manuelles

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

## **RELAIS DE PROTECTION**

### **INSTALLATION DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ**

**Ce système est utilisé pour assurer la sécurité du public et des employé(e)s d'Hydro-Québec.**

**Il est INTERDIT de le modifier sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec.**

Figure 7 : Avertissement à apposer sur les relais de protection de l'IPE

## **UTAPP**

### **INSTALLATION DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ**

**Ce système est utilisé pour assurer la sécurité du public et des employé(e)s d'Hydro-Québec.**

**Il est INTERDIT de le modifier sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec.**

Figure 8 : Avertissement à apposer sur l'UTAPP de l'IPE

## **SYSTÈMES DE PROTECTION**

### **INSTALLATION DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ**

**Ce système est utilisé pour assurer la sécurité du public et des employé(e)s d'Hydro-Québec.**

**Il est INTERDIT de le modifier sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec.**

Figure 9 : Avertissement à apposer sur les systèmes de protection de l'IPE

Titre de l'encadrement <b>Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau basse tension d'Hydro-Québec</b>	Numéro de l'encadrement <b>E.12-05</b>	En vigueur le AAAA-MM-JJ <b>2024-11-18</b>
--	---	---

**TRANSFORMATEUR  
DE MISE À LA TERRE  
INSTALLATION DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ**

---

**Ce transformateur est utilisé pour assurer la sécurité du public et des employé(e)s d'Hydro-Québec.**

**Il est INTERDIT d'alimenter des charges à partir de ce transformateur.**

Figure 10 : Avertissement à apposer sur un transformateur de MALT de l'IPE