

titre				numéro	
Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec				E.12-01	
				page 1 de 40	
				révision de la version de 2004/11	
				date d'entrée en vigueur 2009/02	
préparé par <i>Charles-Étienne Côté</i> ing. jr. Charles-Étienne Côté ing. jr. Orientations technologiques Orientations du réseau	vérifié par <i>[Signature]</i> Révision linguistique	validé par <i>[Signature]</i> 09/01/30 Éric Le Courtois, ing. LTE, Groupe Technologie	date	recommandé par <i>[Signature]</i> 2009/02/09 Bruno Houle, chef Orientations technologiques	date
unités intéressées Toutes les unités de la vice-présidence Réseau de distribution	sceau d'ingénieur  2009/01/30	approuvé par <i>[Signature]</i> 10/02/2009 Denis Chartrand, chef, Orientations du réseau	date		

SOMMAIRE

Titre	Page
1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION.....	3
2 PORTÉE.....	3
3 ENCADREMENTS CONNEXES.....	3
4 DÉFINITIONS.....	4
5 CONFIGURATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'HYDRO-QUÉBEC.....	6
5.1 Renseignements généraux.....	6
5.2 Réseau aérien MT d'Hydro-Québec.....	6
5.3 Réseau souterrain MT d'Hydro-Québec.....	7
5.4 Point de raccordement.....	7
6 RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'HYDRO-QUÉBEC.....	7
6.1 Exigences générales relatives à la conception, à la réalisation et à l'exploitation des installations du producteur.....	7
6.2 Informations à transmettre à Hydro-Québec.....	8
6.3 Puissance limite sur une ligne de distribution.....	8
6.4 Schémas types de raccordement.....	8
7 EXIGENCES RELATIVES À LA TENSION.....	8
7.1 Fluctuations de tension.....	8
7.2 Distorsions harmoniques.....	9
7.3 Injection de courant continu.....	9
7.4 Régulation de tension et facteur de puissance.....	9
8 EXIGENCES RELATIVES À L'APPAREILLAGE DE LA CENTRALE.....	11
8.1 Régime du neutre.....	11
8.2 Point de sectionnement.....	11
8.3 Caractéristiques électriques des appareils moyenne tension.....	11
8.4 Choix du type d'équipement de production.....	12
8.5 Parafoudres.....	12
8.6 Transformateurs de distribution et de puissance.....	12
8.7 Disjoncteur principal.....	14

8.8	Inductance ou résistance dans le neutre	14
8.9	Condensateurs	14
8.10	Services auxiliaires	15
9	EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS DE LA CENTRALE	15
10	EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DU RÉSEAU D'HYDRO-QUÉBEC	15
10.1	Types de protections	16
10.2	Modèles de relais	17
10.3	Alimentation des relais	18
10.4	Conditionnement de la fermeture du disjoncteur principal	18
10.5	Transformateurs d'instrumentation pour la protection	18
10.6	Coordination et réglages des protections	19
10.7	Scellement des protections	23
10.8	Étude de protection	23
11	APPAREILLAGE DE CONTRÔLE	24
11.1	Régulateurs de tension	24
11.2	Régulateurs de vitesse (alternateurs synchrones)	24
11.3	Synchronisation de la centrale avec le réseau d'Hydro-Québec	24
12	EXIGENCES SPÉCIFIQUES RELATIVES À LA PRODUCTION ÉOLIENNE	25
12.1	Exigences lors de sous-tension «Low-Voltage Ride-Through» (LVRT)	25
12.2	Régulation de tension	26
12.3	Régulation de fréquence (réponse inertielle)	26
12.4	Exigence lors de variation de fréquence	27
12.5	Taux maximaux de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance	27
12.6	Exigences lors de l'arrêt des éoliennes en prévision d'une température très froide ou de grand vent	27
13	PRODUCTION EN MODE ÎLOTÉ	28
14	PRODUCTION AUTONOME (D'URGENCE)	28
15	RESPONSABLE DE L'IMPLANTATION	28
16	RESPONSABLES DE L'APPLICATION	28

ANNEXES

A -	Informations techniques à transmettre à Hydro-Québec pour la réalisation de l'étude d'intégration	29
B -	Schémas types de raccordement et de protection des installations	33
C -	Contenu de l'étude de protection du producteur	38

numéro	E.12-01		
page	3	de	40

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 moyenne tension (MT) d'Hydro-Québec. Elle s'applique également lorsqu'une centrale existante fait l'objet d'une modification ou d'une réfection.

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.

La filière éolienne est un mode de production en évolution rapide qui comporte certains aspects techniques spécifiques. Les exigences complémentaires propres à cette technologie sont énoncées à la section 12 du présent document.

2 PORTÉE

La présente norme s'adresse au personnel du distributeur responsable de l'intégration de la production décentralisée au réseau de distribution.

Elle s'adresse également aux producteurs d'électricité dont la centrale est raccordée au réseau de distribution MT d'Hydro-Québec. Ils ont l'obligation de s'y conformer.

3 ENCADREMENTS CONNEXES

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

- E.12-03, *Maintenance des équipements de protection des installations de production décentralisée se raccordant au réseau moyenne tension d'Hydro-Québec ;*
- E.12-05, *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée de 600 kVA et moins au réseau basse tension d'Hydro-Québec;*
- E.12-06, *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée sans injection de puissance au réseau de distribution d'Hydro-Québec;*
- E.12-07, *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée utilisant des onduleurs de faible puissance au réseau de distribution basse tension d'Hydro-Québec;*
- E.12-08, *Exigences relatives à la mise en parallèle momentanée d'équipements de production d'urgence avec le réseau de distribution d'Hydro-Québec;*
- 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.21-10, *Service d'électricité en basse tension;*

- E.21-11, *Service d'électricité en basse tension à partir des postes hors réseau;*
- E.21-12, *Fourniture de l'électricité en moyenne tension;*
- E.21-13, *Exigences techniques relatives à la protection et à l'émission de perturbations des installations de clients raccordées au réseau de distribution d'Hydro-Québec.*

4 DÉFINITIONS

Basse tension (BT) : Tension nominale entre phases n'excédant pas 750 volts.

Blocage : Opération destinée à éviter la continuation de la conversion par un convertisseur en interdisant les impulsions de grille ou de gâchette sur des valves appropriées. Cette opération peut aussi comprendre l'allumage de la ou des valves choisies pour former un chemin de shuntage. Le blocage permet donc à l'installation de demeurer en service sans toutefois produire de puissance électrique.

Branchement d'Hydro-Québec : Circuit qui prolonge le réseau d'Hydro-Québec, de sa ligne de réseau jusqu'au point de raccordement.

Branchement du producteur : Toute partie de l'installation électrique du producteur, à partir de son poste de départ jusqu'au point de raccordement inclusivement.

Centrale : Installation servant à la production d'énergie électrique. Comprend les unités de production d'électricité, le poste de départ, ainsi que les équipements d'instrumentation et de protection.

Défaut : Modification imprévue des caractéristiques mécaniques ou électriques provoquant un court-circuit.

Défaut de phase : Court-circuit où deux ou trois phases sont mises en contact.

Défaut phase-terre : Court-circuit où une phase est mise en contact avec le conducteur neutre ou la terre.

Défaut phase-terre résistif : Court-circuit où une phase est mise en contact avec le conducteur neutre ou la terre à travers une résistance.

Défaut triphasé : Court-circuit où les trois phases sont mises en contact.

Distributeur : Hydro-Québec Distribution.

Enroulement primaire des transformateurs du producteur : Enroulement du transformateur se trouvant du côté du réseau d'Hydro-Québec.

Enroulement secondaire des transformateurs du producteur : Enroulement du transformateur se trouvant du côté des équipements de production.

Groupe : Ensemble d'appareils servant à la production ou à la conversion d'énergie électrique.

Îlotage : Séparation d'un réseau électrique en sous-réseaux comprenant de la charge et de la production, survenant à la suite d'une perturbation ou d'une manœuvre.

Ligne réservée : Ligne de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec (incluant le départ de ligne au poste de distribution) servant à l'usage exclusif d'un producteur.

Moyenne tension (MT) : Tension nominale entre phases de plus de 750 volts jusqu'à 44 000 volts inclusivement.

Point commun de raccordement (PCR) : Point situé sur le réseau de distribution, le plus proche électriquement du producteur, et auquel l'installation d'autres clients ou producteurs est, ou peut être, raccordée.

Poste de départ : Poste auquel sont raccordées les installations du producteur au réseau de distribution. Le poste de départ est constitué de la partie moyenne tension du poste et inclut les transformateurs-élévateurs, à partir de la borne basse tension du ou des transformateurs élévateurs. Lorsque plus d'un niveau de transformation est requis au poste de départ, les transformateurs associés à ces niveaux sont également inclus.

Point de raccordement (du producteur) : Point où est reliée au réseau d'Hydro-Québec l'installation électrique du producteur.

Producteur : Personne, société, corporation ou organisme, incluant Hydro-Québec, propriétaire ou locataire d'une centrale de production d'électricité. Un réseau voisin d'Hydro-Québec n'est pas considéré comme un producteur.

Réseau électrique avec neutre effectivement mis à la terre : Réseau électrique dont le régime du neutre est effectivement mis à la terre et qui satisfait aux deux conditions suivantes :

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

où:

X_0 : réactance de séquence homopolaire,

X_1 : réactance de séquence positive,

R_0 : résistance de séquence homopolaire.

Sectionneur : Appareil qui relie ou sépare des conducteurs.

5 CONFIGURATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'HYDRO-QUÉBEC

5.1 Renseignements généraux

Le réseau moyenne tension d'Hydro-Québec a un régime du neutre effectivement mis à la terre et il est constitué de lignes de distribution monophasées et triphasées.

Le raccordement d'une centrale moyenne tension est triphasé. Il s'effectue généralement à la tension nominale de 25 kV (14,4/24,94 kV). Lorsque le raccordement s'effectue à une tension inférieure à 25 kV, les installations doivent être conçues de façon à être raccordées à la tension existante au moment du raccordement et à la tension de 25 kV, à moins qu'Hydro-Québec ait envoyé une exemption écrite au producteur.

Lorsque la tension du réseau de distribution est supérieure à 25 kV, Hydro-Québec communique au producteur les exigences spécifiques à ce réseau.

La tension est fournie selon les dispositions des *Conditions de service d'électricité* et conformément à la norme CAN3-C235-83 préparée par l'Association canadienne de normalisation et approuvée par le Conseil canadien des normes. Le tableau I présente les tensions nominales qui sont tirées des *Conditions de service d'électricité*.

Tableau I
Tensions nominales pour le réseau de distribution MT

Tension nominale ligne-neutre (kV)	Tension nominale ligne-ligne (kV)
2,4	4,16
7,2	12,47
7,6	13,2
8,0	13,8
14,4	24,94
20,0	34,5
	44,0

En conditions normales d'exploitation, la tension planifiée du réseau de distribution d'Hydro-Québec est maintenue à l'intérieur des limites de 115 volts et 125 volts sur une base de 120 volts.

Sur les réseaux moyenne tension, le taux de déséquilibre de tension de séquence inverse type (V2/V1), en régime normal, est de moins de 2 %. Il pourrait dépasser 2 % à certains endroits.

5.2 Réseau aérien MT d'Hydro-Québec

Le réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec est principalement constitué de lignes aériennes. La partie triphasée de ces lignes est généralement composée de trois conducteurs de phase et d'un conducteur de neutre.

5.3 Réseau souterrain MT d'Hydro-Québec

Le réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec est partiellement constitué de lignes souterraines. La partie triphasée de ces lignes est généralement composée de trois câbles monophasés torsadés à neutre concentrique.

Lorsque le réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec est souterrain, le branchement du producteur doit également être composé d'une ligne souterraine. Il est recommandé au producteur d'installer une ligne ou un câble de relève.

5.4 Point de raccordement

Le point de raccordement sert de point de démarcation pour définir la limite entre le réseau d'Hydro-Québec et celui du producteur. Hydro-Québec y installe, à des fins de sécurité lors de la maintenance ou de l'isolement du réseau, un appareil de sectionnement condamnable qui permet d'accomplir une vérification visuelle ou positive de la séparation du point de coupure électrique (Hydro-Québec, méthode D.24-20). Cet appareil est manœuvrable uniquement par les employés d'Hydro-Québec. La localisation du point de raccordement varie d'une configuration de réseau à une autre, mais le point de raccordement doit être situé à un endroit accessible en tout temps par les employés d'Hydro-Québec et ce, sans nécessiter l'intervention d'un tiers. L'interrupteur appartient à Hydro-Québec, qui en assure la maintenance et l'exploitation.

5.4.1 Point de raccordement au réseau aérien MT d'Hydro-Québec

Le point de raccordement est situé au point où les conducteurs du branchement du producteur sont rattachés aux isolateurs de fin de course de support sur lequel Hydro-Québec a installé l'interrupteur.

5.4.2 Point de raccordement au réseau souterrain MT d'Hydro-Québec

Le point de raccordement est situé aux boîtes d'extrémité des câbles du producteur dans l'ouvrage civil abritant l'interrupteur installé par Hydro-Québec.

6 RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'HYDRO-QUÉBEC

6.1 Exigences générales relatives à la conception, à la réalisation et à l'exploitation des installations du producteur

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

Les installations de tout producteur doivent être conçues, réalisées et exploitées de manière à ne pas causer de déclenchement de la centrale à l'intérieur des limites de déclenchement prohibé et de manière à causer un déclenchement dans les zones de déclenchement obligatoire décrites au paragraphe 10.6.

Des exigences complémentaires et particulières aux éoliennes et centrales éoliennes sont présentées au paragraphe 12.1.

numéro	E.12-01		
page	8	de	40

6.2 Informations à transmettre à Hydro-Québec

L'intégration d'une centrale au réseau de distribution peut nécessiter des modifications aux installations existantes d'Hydro-Québec. Le producteur doit transmettre à Hydro-Québec les informations spécifiées à l'annexe A de la présente norme, afin que cette dernière soit en mesure de réaliser l'étude préliminaire qui lui permettra d'identifier les modifications à apporter à ses installations et d'établir les conditions de raccordement de la centrale au réseau de distribution. Ces informations lui permettront d'effectuer le suivi des installations de production raccordées à son réseau.

6.3 Puissance limite sur une ligne de distribution

La puissance maximale d'une centrale pouvant être intégrée à une ligne de distribution est limitée par les facteurs suivants :

- profil de tension sur la ligne suite à l'intégration de la production ;
- capacité des éléments du réseau d'Hydro-Québec ;
- stabilité des équipements de production du producteur lors de perturbations ou de variations de charge sur le réseau d'Hydro-Québec ;
- fluctuations de tension lors du démarrage et de l'arrêt de la centrale ;
- coordination de la protection et la qualité du service.

Lors de l'étude préliminaire, le représentant planification distribution d'Hydro-Québec procède à l'analyse de la demande d'intégration du producteur et détermine si la centrale excède la puissance limite pouvant être raccordée au réseau de distribution concerné¹.

6.4 Schémas types de raccordement

À titre informatif, des schémas unifilaires types de raccordement respectant les exigences de la présente norme sont fournis à l'annexe B. D'autres configurations de raccordement peuvent être acceptables à la condition qu'elles respectent les exigences du présent document.

7 EXIGENCES RELATIVES À LA TENSION

7.1 Fluctuations de tension

Le niveau de papillotement au point de raccordement, causé par les installations du producteur, doit respecter les limites définies à 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.

¹ La norme interne E.12-02 fournit plus de précisions sur ce point.

numéro	E.12-01		
page	9	de	40

Dans le cas où le producteur a plus d'un équipement pouvant provoquer des fluctuations de tension, 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*.

Le producteur doit effectuer les calculs relatifs aux fluctuations de tension à l'aide des données du réseau d'Hydro-Québec au point commun 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 commun de raccordement à utiliser pour effectuer les calculs.

7.2 Distorsions harmoniques

Les distorsions de tension et de courant causées par les harmoniques doivent satisfaire aux exigences en vigueur pour les installations industrielles.

Le producteur doit effectuer les calculs relatifs aux perturbations harmoniques à l'aide des données du réseau d'Hydro-Québec au point commun 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, les installations du producteur doivent être modifiées ou munies de filtres pour limiter l'injection de courants harmoniques dans le réseau d'Hydro-Québec. Lorsque de tels filtres sont requis, le producteur doit réévaluer les indices précédents pour démontrer qu'il 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 les installations du producteur respectent les limites prévues.

7.3 Injection de courant continu

Aucune centrale 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 installations munies d'onduleurs.

7.4 Régulation de tension et facteur de puissance

La centrale devra être conçue de façon à ce que, au point de raccordement, la tension soit toujours maintenue à l'intérieur des limites permises en conditions normales d'exploitation, telles que présentées au paragraphe 5.1. Le producteur devra donc s'assurer que sa centrale est capable de générer sa pleine puissance active en tout temps sans que le niveau de tension, au point de raccordement, ne dépasse les limites permises en conditions normales d'exploitation.

Pour les centrales éoliennes, des exigences particulières sont présentées au paragraphe 12.2.

En général, les centrales doivent maintenir, au point de raccordement, un facteur de puissance unitaire.

numéro	E.12-01		
page	10	de	40

7.4.1 Installations pouvant réguler la tension

Cette catégorie d'équipement englobe les alternateurs synchrones, les onduleurs pouvant agir sur le facteur de puissance et les alternateurs asynchrones à alimentation double.

Le facteur de puissance, au point de raccordement, doit être unitaire, tant et aussi longtemps que le niveau de tension, au point de raccordement, se situe à l'intérieur des limites permises (voir paragraphe 5.1).

Dans certaines conditions, le maintien d'un facteur de puissance unitaire peut entraîner temporairement des surtensions sur le réseau de distribution. Durant ces situations, les équipements pouvant réguler la tension doivent absorber, de façon dynamique, la puissance réactive nécessaire pour maintenir la tension à l'intérieur des limites permises en conditions normales d'exploitation.

Aussi, dans les cas où le maintien d'un facteur de puissance unitaire peut entraîner un fonctionnement inadéquat des appareils de régulation de tension sur le réseau, Hydro-Québec peut demander que les équipements de production produisent ou absorbent suffisamment de puissance réactive pour obtenir, au point de raccordement, le niveau de tension assurant le bon fonctionnement de son réseau.

Les installations du producteur doivent être conçues pour fournir ou absorber, à la sortie de la centrale (côté réseau), la puissance réactive équivalente à un facteur de puissance nominal surexcité et sous-excité égal ou inférieur à 0,95. Cette puissance réactive doit être disponible dans toute la plage de production de puissance active.

Si la puissance de la centrale est importante (plus de 5 MW), il pourrait être requis que les installations du producteur soient conçues pour fournir ou absorber, à la sortie de la centrale (côté réseau), la puissance réactive équivalente à un facteur de puissance nominal surexcité et sous-excité égal ou inférieur à 0,9.

7.4.2 Installations ne pouvant réguler la tension

Cette catégorie d'équipement englobe les onduleurs ne pouvant agir sur le facteur de puissance et les alternateurs synchrones à aimant permanent.

Lorsqu'il n'est pas possible de produire ou de consommer de la puissance réactive, le facteur de puissance, au point de raccordement de la centrale, doit faire en sorte que l'installation respecte les limites de tension permises en conditions normales d'exploitation au point de raccordement, tout en étant le plus près possible de l'unité.

7.4.3 Installations avec alternateurs asynchrones

La puissance réactive nécessaire au fonctionnement des alternateurs asynchrones provient des installations du producteur et du réseau d'Hydro-Québec (voir paragraphes 8.4 et 8.9).

8 EXIGENCES RELATIVES À L'APPAREILLAGE DE LA CENTRALE

8.1 Régime du neutre

Le mode de raccordement privilégié par Hydro-Québec est celui où les caractéristiques des appareils de la centrale font en sorte que le régime du neutre, au point de raccordement, est effectivement mis à la terre et ce, en conditions normales d'exploitation et en conditions de défauts.

8.2 Point de sectionnement

Un appareil de sectionnement condamnable, appartenant au producteur, est nécessaire à l'intérieur des installations du producteur afin de permettre aux employés d'Hydro-Québec de réaliser l'entretien de l'appareil de sectionnement d'Hydro-Québec installé au point de raccordement. L'appareil de sectionnement du producteur doit permettre d'accomplir une vérification visuelle ou positive (Hydro-Québec, méthode D.24-20) de la séparation du point de coupure électrique.

Un disjoncteur débouchable 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 tous les cas, un espace suffisant doit être prévu pour permettre l'installation des mises à la terre temporaires.

8.3 Caractéristiques électriques des appareils moyenne tension

Le tableau II définit les caractéristiques électriques des appareils moyenne tension que doivent rencontrer les équipements du producteur.

Tableau II
Caractéristiques électriques des appareils moyenne tension

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES APPAREILS	TENSIONS NOMINALES DU RÉSEAU				
	12,47 kV	13,2 kV	13,8 kV	24,94 kV	34,5 kV et 44 kV
Tension efficace maximale d'exploitation	13,2 kV	13,97 kV	14,6 kV	26,4 kV	(note 3)
Tension de tenue aux chocs de foudre par rapport à la terre et entre bornes (kV crête)	125 kV (note 1)	125 kV (note 1)	125 kV (note 1)	125 kV (note 2)	(note 3)
Pouvoir minimal de coupure symétrique sur un court-circuit triphasé (pour disjoncteur et coupe-circuit)	12 kA (note 1)	12 kA (note 1)	12 kA (note 1)	12 kA	(note 3)
Courant minimal de fermeture asymétrique sur un court-circuit triphasé momentané (kA crête) avec un facteur d'asymétrie de 2,7	32,4 kA (note 1)	32,4 kA (note 1)	32,4 kA (note 1)	32,4 kA	(note 3)
Courant efficace de courte durée 20 cycles	12 kA (note 1)	12 kA (note 1)	12 kA (note 1)	12 kA	(note 3)
Tension de tenue à fréquence industrielle (1 minute) (phase-terre et entre bornes)	50 kV (note 1)	50 kV (note 1)	50 kV (note 1)	50 kV	(note 3)
Tension assignée des parafoudres (phase-terre)	10 kV	10 kV	10 kV	21 kV	(note 3)
Tension de régime permanent des parafoudres (Uc ou MCOV)	8,4 kV	8,4 kV	8,4 kV	17 kV	(note 3)

numéro	E.12-01		
page	12	de	40

Notes :

- 1- Tout équipement utilisé initialement à une tension d'alimentation inférieure à 24,94 kV doit avoir les mêmes caractéristiques que les appareils utilisés à 24,94 kV.
- 2- Cette valeur s'applique également aux transformateurs à isolation solide et aux transformateurs isolés à l'huile. En ce qui a trait aux appareils de sectionnement à coupure dans l'air, une tension de tenue au choc de foudre de 136,5 kV (125 kV + 10 %) est exigée lorsque les contacts sont ouverts.
- 3- Caractéristiques disponibles sur demande.

8.4 Choix du type d'équipement de production

Le choix du type d'équipement de production est laissé à la discrétion du producteur, sauf dans les cas où la production de la centrale pourrait compromettre la régulation de tension du réseau d'Hydro-Québec. Dans ces cas, Hydro-Québec peut exiger que les installations du producteur soient dotées d'alternateurs de type synchrone ou d'onduleurs en mesure de produire ou d'absorber suffisamment de puissance réactive pour assurer le bon fonctionnement du réseau d'Hydro-Québec (voir paragraphe 7.4).

8.5 Parafoudres

Des parafoudres de classe distribution, service intense ("heavy duty"), sans éclateur, doivent être installés dans les installations du producteur et situés en amont de tout équipement de celui-ci. De plus, les varistances de ces parafoudres doivent être constituées d'oxyde métallique (MOV). Les parafoudres qui ne sont pas de type antidéflagrant doivent être situés à au moins 15 mètres de toute installation d'Hydro-Québec, à moins qu'ils soient munis d'une protection mécanique (enveloppe métallique ou autre dispositif).

8.6 Transformateurs de distribution et de puissance

8.6.1 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.

8.6.2 Types de raccordements

Le type de raccordement des transformateurs de la centrale affecte le régime du neutre des équipements de la centrale. Pour que le régime du neutre des équipements de la centrale soit effectivement mis à la terre, l'enroulement primaire des transformateurs doit obligatoirement être mis à la terre de façon directe ou à travers une certaine impédance (voir paragraphe 8.8), tel que présenté à la figure 1.

De plus, les critères suivants doivent être respectés :

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

où:

X_0 : réactance de séquence homopolaire,

X_1 : réactance de séquence positive,

R_0 : résistance de séquence homopolaire.

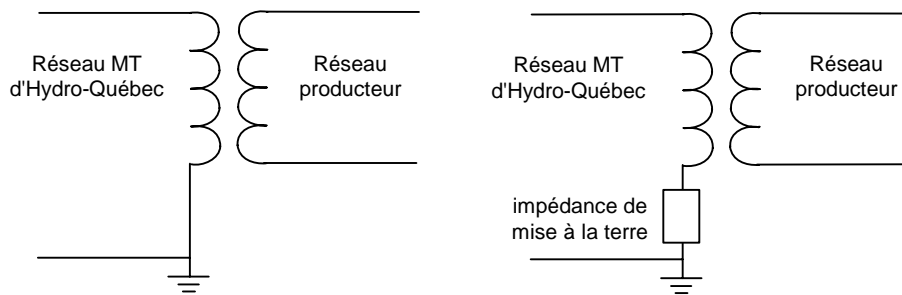


Figure 1 - Raccordement de transformateur pour un régime du neutre effectivement mis à la terre

8.6.3 Raccordement sans transformateur

L'utilisation d'un transformateur entre le réseau d'Hydro-Québec et les équipements de production du producteur est facultatif si la tension nominale des équipements de production permet un raccordement direct et que le régime du neutre, au point de raccordement, est conforme au régime convenu avec Hydro-Québec (voir sous-paragraphe 8.6.2). Cependant, le producteur doit tenir compte qu'une installation sans transformateur de couplage pourrait subir les inconvénients suivants :

- les équipements de production 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 défaut dans le bobinage de l'alternateur (soudage des plaques et destruction de l'alternateur) ;
- il n'y aurait pas de filtre de la 3^e harmonique (en supposant un raccordement en triangle du côté secondaire) ;
- l'installation ne pourra bénéficier de l'avantage des prises de tension pour satisfaire aux exigences de régulation de tension définies au paragraphe 7.4.

numéro	E.12-01		
page	14	de	40

8.7 Disjoncteur principal²

Les installations du producteur doivent être munies de disjoncteurs afin de prévenir des dommages à leurs installations ou à celles d'Hydro-Québec. Le disjoncteur principal sert à isoler simultanément tous les équipements du producteur de ceux du réseau de distribution et doit être situé en amont (côté réseau) de tout équipement de production du producteur. Le déclenchement du disjoncteur principal sera initié par les différents relais ou fonctions de protection. Son pouvoir de coupure doit être suffisant pour interrompre les défauts de toute nature qui surviennent dans les installations du producteur ou sur le réseau d'Hydro-Québec.

Lors de l'utilisation de plusieurs groupes raccordés par des transformateurs indépendants, Hydro-Québec pourrait accepter que les installations du producteur soient munies de plus d'un disjoncteur principal. Le tableau II présente les caractéristiques que doivent respecter les disjoncteurs raccordés au réseau moyenne tension d'Hydro-Québec.

8.8 Inductance ou résistance dans le neutre

L'utilisation d'une inductance ou d'une résistance dans le neutre du transformateur principal ou dans chaque neutre des alternateurs de la centrale peut s'avérer nécessaire pour diminuer la contribution de la centrale aux défauts phase-terre du réseau d'Hydro-Québec et respecter les règles de protection énumérées au sous-paragraphe 10.6.1. La valeur de l'impédance dépend des caractéristiques du réseau d'Hydro-Québec et des installations du producteur. Elle doit être établie par le producteur 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.

8.9 Condensateurs

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

- montée rapide de la tension (possibilité de 2 p.u. en 1 seconde) pouvant entraîner de la ferromagnétisme et de l'autoexcitation à la suite d'un îlotage sur une partie du réseau d'Hydro-Québec ;
- surtensions sur le réseau d'Hydro-Québec 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 la centrale 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 d'Hydro-Québec.

² Pour les centrales de faible puissance, il pourrait être acceptable que le disjoncteur principal soit remplacé par un jeu de fusibles. Dans ce cas, l'installation d'un disjoncteur principal du côté secondaire du transformateur ainsi qu'un relais d'intensité à équilibre des phases (fonction 46) sera nécessaire. La protection fusible devra être coordonnée avec la protection d'Hydro-Québec et acceptée par Hydro-Québec.

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

8.10 Services auxiliaires

Les services auxiliaires nécessaires au fonctionnement de la centrale doivent rester fonctionnels en tout temps et ne pas, directement ou indirectement, causer de déclenchement pendant les conditions de variations de tension et de fréquence à l'intérieur des zones de déclenchement prohibé, tel que décrit au paragraphe 10.6.

9 EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS DE LA CENTRALE

Le producteur a la responsabilité de protéger correctement ses équipements. Il doit s'assurer que les systèmes de protection sont en nombre suffisant et en mesure de réaliser les fonctions adéquates pour protéger ses équipements contre tout défaut et toute condition normale et anormale d'opération ou d'exploitation du réseau d'Hydro-Québec et de ses installations. En effet, certaines conditions d'exploitation du réseau d'Hydro-Québec et des installations du producteur peuvent provoquer des surtensions ou des phénomènes de résonance (ex : autoexcitation de machines, ferorésonance, résonance sous-synchrone en présence de compensation série sur le réseau, etc.). Afin de contrôler les effets de tels phénomènes sur son réseau, Hydro-Québec peut imposer des exigences supplémentaires ou des restrictions applicables à certains modes d'exploitation des installations du producteur.

Aussi, le producteur doit protéger correctement ses équipements contre les éventuels déséquilibres de tension et de courant résultant de certaines conditions d'exploitation et du déséquilibre normal des charges du réseau d'Hydro-Québec. Ces déséquilibres peuvent engendrer la circulation d'un courant homopolaire et de séquence inverse, produisant un échauffement des alternateurs et pouvant mener à un bris.

Les protections servant à protéger les installations du producteur doivent être suffisamment sélectives pour éviter des déclenchements indésirables lors d'événements sévères provoquant des perturbations transitoires affectant la tension, la puissance ou la fréquence sur le réseau de transport ou de distribution d'Hydro-Québec. Ainsi, aucune protection ne doit occasionner directement ou indirectement un déclenchement pour les variations de tension ou de fréquence comprises dans les zones de déclenchement prohibé présentées au paragraphe 10.6.

10 EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DU RÉSEAU D'HYDRO-QUÉBEC

Le présent article traite des exigences d'Hydro-Québec relatives aux systèmes de protection installés à la centrale pour assurer la protection du réseau Hydro-Québec. Les installations du producteur doivent respecter ces exigences, et pour ce faire, celui-ci doit fournir et installer à l'intérieur de ses installations les différents dispositifs de protection exigés. À titre informatif, l'annexe B présente des schémas types de raccordement et de protection des installations.

10.1 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 défauts et de perturbations pouvant affecter le réseau d'Hydro-Québec.

10.1.1 Protection primaire ou protection contre les défauts

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 :

- la centrale se compose de plusieurs équipements de production dont un ou plusieurs peuvent être hors service (la contribution de la centrale au défaut pourrait alors s'avérer insuffisante pour répondre aux règles spécifiées au sous-paragraphe 10.6.1) ;
- les caractéristiques des équipements de production (alternateurs) sont inconnues ;
- la technologie utilisée ne permet pas de produire une surintensité suffisante pour répondre aux règles spécifiées au sous-paragraphe 10.6.1 ;
- la contribution de la centrale au défaut s'avère trop importante et dégrade la coordination des fusibles du réseau d'Hydro-Québec.

Dans ces cas, une protection à distance à plusieurs gradins de phase et de terre (fonction 21) pourrait être utilisée. À la demande du producteur et suite à l'approbation d'Hydro-Québec, cette dernière pourrait être remplacée par une protection contre les surintensités à retenue de tension (fonction 51V) et une protection de surintensité de neutre (fonctions 50/51N).

10.1.2 Protection de réserve ou protection contre l'îlotage

Ces protections servent principalement à détecter une situation pouvant conduire à l'îlotage de la centrale suite à 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).

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

10.1.3 Disponibilité de la fonction chien de garde ("watchdog")

Si un relais de protection utilisé dispose d'une fonction de vérification d'état de fonctionnement de type chien de garde ("watchdog"), cette fonction doit être utilisée dans les conditions de déclenchement du dispositif de protection de la centrale 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 du chien de garde de ce relais doit déclencher sans délai le dispositif de protection de la centrale;
- 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 dispositif de protection de la centrale. Cependant, un signal de dysfonctionnement provenant des deux relais indépendants doit déclencher sans délai le dispositif de protection de la centrale.

10.1.4 Protections supplémentaires à la centrale

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

- télédéclenchement du disjoncteur principal de la centrale ;
- protection de ligne avec télécommunication ;
- toute autre protection jugée nécessaire par Hydro-Québec.

10.2 Modèles de relais

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 centrales de plus de 300 kW, la protection primaire et la protection secondaire devront 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 en autant que plus d'un relais soient utilisés pour assurer la redondance.

Pour les centrales de 300 kW et moins, l'utilisation des fonctions de protection intégrées dans certains onduleurs pourrait être acceptée par le distributeur, suite à une analyse particulière. La certification de ces équipements à la norme CSA C22.2 n° 107.1-01 ou toute version plus récente représente une exigence minimale.

numéro	E.12-01		
page	18	de	40

10.3 Alimentation des relais

Pour les systèmes de production de plus de 300 kW, l'alimentation des relais discrets doit s'effectuer à partir d'un service auxiliaire en courant continu 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. L'alimentation des relais en courant continu ou en courant alternatif doit posséder une autonomie minimale de 15 minutes. La perte d'un ou de plusieurs circuits de déclenchement des systèmes de protection qui sont raccordés au dispositif de protection servant à la protection du réseau doit provoquer le déclenchement de celui-ci sans temporisation.

Pour les systèmes de production de 300 kW et moins, 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 du producteur sans temporisation.

10.4 Conditionnement de la fermeture du disjoncteur principal

Afin d'assurer la sécurité des employés d'Hydro-Québec et du public en général, la centrale, 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 dispositif de protection de la centrale 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 dispositif de protection.

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 dispositif de protection doit être désactivé ou condamné de façon permanente.

10.5 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 ;
- ils doivent être installés le plus près possible du disjoncteur principal ou du jeu de fusibles, du côté du réseau d'Hydro-Québec ;
- un transformateur de tension par phase est nécessaire. Les transformateurs de tension doivent être raccordés phase-terre ;
- un transformateur de courant par phase est nécessaire. Un quatrième transformateur de courant peut être utilisé pour mesurer le courant de neutre du transformateur principal pour détecter les défauts de terre.

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

10.6 Coordination et réglages des protections

10.6.1 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 défauts de phase ou de terre sur le réseau de distribution (incluant la barre du poste), le déclenchement du disjoncteur du producteur doit être initié par sa protection primaire durant le régime transitoire de l'alternateur, si possible. Dans le cas des alternateurs asynchrones et des onduleurs, il est acceptable, pour les défauts de phase, que le déclenchement du disjoncteur de la centrale soit initié par la protection de réserve ou par la protection contre l'îlotage ;
- la protection de la centrale doit être en mesure de détecter tous les défauts que les protections d'Hydro-Québec peuvent détecter et ce, incluant les défauts résistifs avec impédance de 13,3 ohms ($3R_f = 40$ ohms) ;
- le courant de défaut total, incluant la contribution de la centrale, ne doit pas dépasser les valeurs suivantes, évaluées du côté MT du réseau de distribution :
 - Icc 3ϕ : 12 kA efficace symétrique ;
 - Icc ligne-terre : 8 kA efficace symétrique ;
- la contribution de la centrale aux défauts 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 défauts sur le réseau de distribution, l'aveuglement temporaire d'une source par une autre n'a pas d'importance à la condition que le défaut soit isolé par les systèmes de protection ;
- la dégradation de la coordination disjoncteur-fusible due au raccordement de la centrale à la ligne de distribution doit être limitée au minimum ;
- toute situation pouvant conduire à l'îlotage non désiré de la centrale sur une partie de la charge du réseau de distribution doit entraîner le déclenchement de la centrale avant le premier temps de réenclenchement du dispositif de protection d'Hydro-Québec. Le premier temps de réenclenchement doit être ajusté à une valeur minimale de 10 secondes ;
- le déséquilibre normal de la charge sur le réseau de distribution ne doit pas entraîner le déclenchement du disjoncteur principal de la centrale.

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

10.6.2 Réglages types des protections

10.6.2.1 Protection de fréquence

Le tableau III et la figure 2 présentent les réglages de la protection de fréquence.

Tableau III
Réglages de la protection de fréquence

Fréquence (Hz)	Durées minimales pendant lesquelles la centrale doit demeurer en service sans déclenchement (déclenchement prohibé)	Durées maximales pendant lesquelles la centrale peut demeurer en service (déclenchement obligatoire)
$f < 55,5$	instantané	instantané
$55,5 \leq f < 56,5$	0,35 seconde	0,35 seconde
$56,5 \leq f < 57,0$	2 secondes	2 secondes
$57,0 \leq f < 57,5$	10 secondes	infini
$57,5 \leq f < 58,5$	1,5 minute	infini
$58,5 \leq f < 59,4$	11 minutes	infini
$59,4 \leq f \leq 60,6$	déclenchement prohibé	déclenchement prohibé
$60,6 < f \leq 61,5$	11 minutes	infini
$61,5 < f \leq 63$ (voir note figure 2)	1,5 minute	infini
$63 < f \leq 63,5$	5 secondes	5 secondes
$f > 63,5$	instantané	instantané

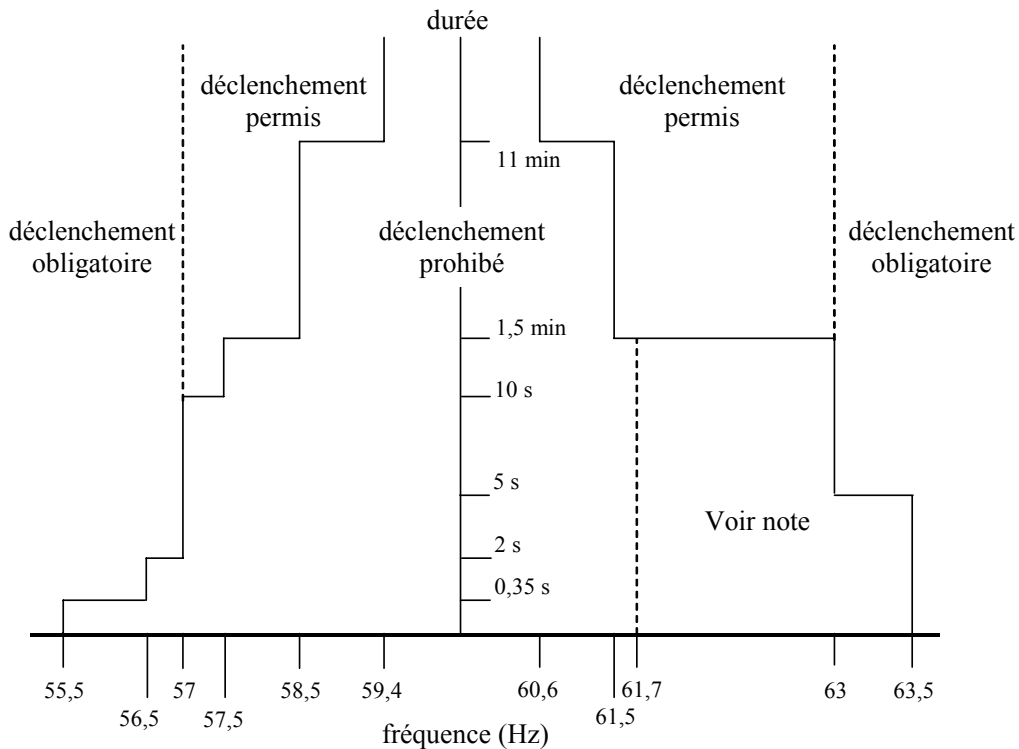


Figure 2 - Réglages de la protection de fréquence

Note:

Un déclenchement instantané est permis à partir de 61,7 Hz pour les centrales suivantes :

- munies d'alternateurs synchrones ou d'onduleurs, dont la capacité totale est inférieure ou égale à 300 kW ;
- centrales thermiques et turbines à gaz ;
- centrales éoliennes ;
- centrales munies d'alternateurs asynchrones.

A) Centrales munies d'alternateurs synchrones ou d'onduleurs et dont la puissance totale des installations est supérieure à 300 kW

Les réglages pour cette catégorie de centrales priorisent le bon fonctionnement du réseau principal. Les exigences s'appliquant dans ce cas sont les suivantes :

- la protection de surfréquence et de sous-fréquence doit être réglée à des valeurs de seuils élevés et des temporisations longues afin d'être suffisamment sélective et d'éviter la mise au travail pour des événements survenant sur le réseau principal ;
- la protection de fréquence doit assurer une certaine protection contre l'ilotage sur une ligne de distribution ou sur la charge de la barre du poste.

Les réglages présentés au tableau III et à la figure 2 permettent de satisfaire à ces exigences. Tous les seuils peuvent ne pas être exigés, selon le cas.

B) Centrales munies d'alternateurs synchrones ou d'onduleurs et dont la puissance totale est inférieure ou égale à 300 kW, centrales thermiques et à turbines à gaz, centrales éoliennes et centrales munies d'alternateurs asynchrones

Les réglages pour cette catégorie de centrales priorisent le bon fonctionnement du réseau local (réseau de distribution et poste) sans toutefois interférer indûment avec le bon fonctionnement du réseau principal.

La protection de fréquence doit :

- assurer une certaine protection contre l'îlotage sur la ligne de distribution ou sur la charge de la barre du poste ;
- être suffisamment rapides pour être coordonnées avec les temps de réenclenchement des lignes du réseau de distribution et de transport ;
- être réglées à des seuils de mise au travail en surfréquence près de 60 Hz et être suffisamment rapides pour éviter les problèmes de surtension associés aux alternateurs asynchrones ;
- être suffisamment sélectives pour éviter la plupart des déclenchements dus à des événements survenant sur le réseau principal.

Les réglages présentés au tableau III et à la figure 2 permettent de satisfaire à ces exigences. Tous les seuils peuvent ne pas être exigés, selon le cas.

10.6.2.2 Protection de tension

La protection de tension doit :

- constituer une protection efficace contre l'îlotage sur la ligne de distribution ou sur la charge de la barre du poste ;
- constituer une protection de réserve efficace contre les défauts survenant sur le réseau de distribution ;
- pouvoir interrompre la production dans un délai raisonnable advenant un problème de régulation de tension à la centrale ;
- être suffisamment sélective pour éviter leur mise au travail lors d'événements survenant sur le réseau principal.

Les réglages présentés à la figure 3 permettent de satisfaire à ces exigences. Tous les seuils peuvent ne pas être exigés, selon le cas.

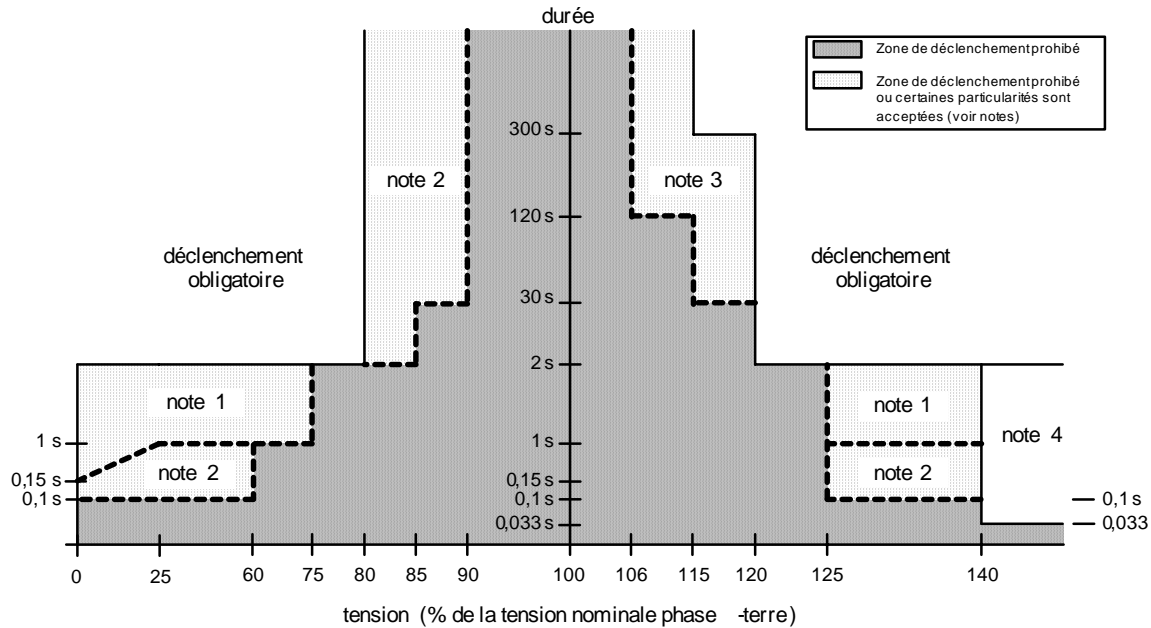


Figure 3 - Réglages de la protection de tension

Notes :

- 1 - Zone de blocage temporaire ou de déclenchement permis pour les éoliennes et les onduleurs.
- 2 - Zone de blocage temporaire permis pour les éoliennes et les onduleurs.
- 3 - Zone de déclenchement permis ou obligatoire. Elle peut être obligatoire dans le cas où la centrale est raccordée à une ligne de distribution qui alimente des clients et lorsque la production est importante (environ 5 MW et plus) afin de permettre le respect de la norme CSA/ACNOR CAN3-C235-83.
- 4 - Zone de déclenchement permis ou obligatoire selon le cas.

10.7 Scellement des protections

Aucune modification des réglages des protections ne doit être effectuée sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec. Le scellement par mot de passe est accepté par Hydro-Québec.

10.8 Étude de protection

Le producteur doit remettre à Hydro-Québec une étude de protection de ses installations approuvée par un ingénieur. Cette étude doit comprendre les informations spécifiées à l'annexe C de la présente norme. La mise en service de la centrale ne pourra être autorisée tant qu'Hydro-Québec et le producteur ne se seront pas entendus sur l'acceptation de l'étude de protection. De plus, les résultats de l'étude de protection pourraient faire en sorte que certaines modifications doivent être apportées au réseau du distributeur. Ces modifications pourraient retarder l'autorisation de la mise en service.

numéro	E.12-01		
page	24	de	40

En général, l'étude de protection finale, incluant les réglages définitifs, doit être remise à Hydro-Québec deux mois avant la mise sous tension initiale prévue de la centrale afin de permettre la vérification de l'étude et d'effectuer les correctifs, lorsque nécessaire.

Afin de réaliser cette étude de protection, Hydro-Québec fournit, à la demande du producteur, les données requises pour déterminer les systèmes de protection requis.

11 APPAREILLAGE DE CONTRÔLE

11.1 Régulateurs de tension

Les alternateurs synchrones, les onduleurs pouvant agir sur leur facteur de puissance et les alternateurs asynchrones à alimentation double doivent être munis de régulateurs de tension (ou d'autres systèmes équivalents) et être en mesure de fournir ou d'absorber la puissance réactive afin de pouvoir satisfaire aux exigences d'Hydro-Québec relatives à la régulation de tension (voir sous-paragraphe 7.4.1). Pour les centrales éoliennes, se référer au paragraphe 12.2.

11.2 Régulateurs de vitesse (alternateurs synchrones)

Afin de contribuer à la régulation de la fréquence sur le réseau, tout groupe dont la puissance nominale est de plus de 10 MW doit être muni d'un système de régulation de vitesse avec un statisme permanent (σ) ayant une plage réglable de 0 à 5 % au moins et aucune bande morte d'insensibilité en fréquence.

Pour les groupes dont la puissance nominale est de 10 MW et moins, Hydro-Québec n'exige pas, à moins d'avis contraire de sa part, que les groupes de la centrale 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'îlotage. 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 la centrale et du réseau.

11.3 Synchronisation de la centrale avec le réseau d'Hydro-Québec

Le niveau de tension auquel peut se faire la manœuvre de synchronisation dépend de la capacité des installations du producteur et des caractéristiques du réseau d'Hydro-Québec. En effet, pour éviter des déclenchements de la protection rapide de phase du disjoncteur concerné d'Hydro-Québec lors de l'énergisation des transformateurs du producteur, celui-ci pourrait se voir contraint d'énergiser ses transformateurs avant de se synchroniser au réseau d'Hydro-Québec. La capacité limite des transformateurs pouvant être énergisés par le réseau d'Hydro-Québec (après rétablissement du service sur celui-ci) est établie en fonction de plusieurs facteurs. En général, à 25 kV, la limite se situe à environ 5 MVA.

Hydro-Québec communiquera au producteur le niveau de tension auquel devra s'effectuer la manœuvre de synchronisation.

numéro	E.12-01		
page	25	de	40

11.3.1 Alternateurs synchrones

La synchronisation au réseau de distribution doit s'effectuer à l'aide d'un système de vérification de synchronisme d'alternateur (fonction 25). Hydro-Québec ne définit pas les paramètres de synchronisation tels que les degrés d'adéquation de la vitesse du générateur, de l'angle de phase ou de l'amplitude de la tension. Cependant, le niveau de perturbation de la tension au point de raccordement doit respecter la norme C.22-03 (voir paragraphe 7.1).

11.3.2 Alternateurs asynchrones

La synchronisation des alternateurs asynchrones au réseau d'Hydro-Québec doit s'effectuer lorsque ceux-ci approchent de leur vitesse nominale. Hydro-Québec ne définit pas le paramètre de synchronisation qui, dans ce cas-ci, est le niveau d'adéquation entre la vitesse de l'alternateur et sa vitesse nominale. Toutefois, le niveau de perturbation de la tension au point de raccordement doit respecter la norme C.22-03 (voir paragraphe 7.1).

Le producteur doit concevoir ses installations de façon que les transformateurs de la centrale puissent être énergisés par le réseau d'Hydro-Québec et ce, sans déclenchement de la protection de ligne d'Hydro-Québec.

11.3.3 Onduleurs

Hydro-Québec ne définit pas les paramètres de synchronisation. Toutefois, le niveau de perturbation de la tension au point de raccordement doit respecter la norme C.22-03 (voir paragraphe 7.1).

Le producteur doit concevoir ses installations de façon que les transformateurs de la centrale puissent être énergisés par le réseau d'Hydro-Québec et ce, sans déclenchement de la protection de ligne d'Hydro-Québec.

12 EXIGENCES SPÉCIFIQUES RELATIVES À LA PRODUCTION ÉOLIENNE

Afin de couvrir les aspects techniques complémentaires propres à la technologie éolienne, des exigences spécifiques sont requises. Elles s'ajoutent ou modifient celles déjà énoncées dans la présente norme. Elles assurent que, lors de perturbation sur le réseau de transport, la centrale contribuera au maintien de la stabilité du réseau principal et au rétablissement de la tension et de la fréquence.

12.1 Exigences lors de sous-tension «Low-Voltage Ride-Through» (LVRT)

À moins d'avis contraire de la part d'Hydro-Québec, toute centrale éolienne de 1 MW et plus doit être conçue, réalisée et exploitée de manière à demeurer en service et ne pas déclencher, directement ou indirectement, pour la zone au-dessus de la courbe présentée à la figure 4. Pour le réglage de la protection de tension, on doit se référer à la figure 3.

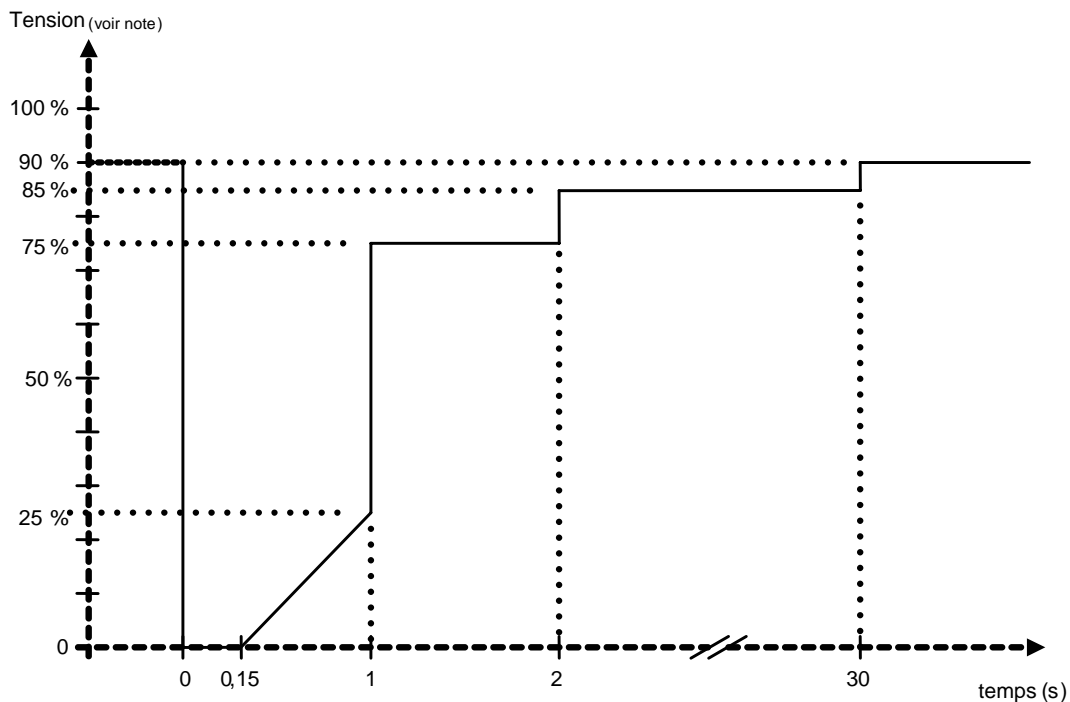


Figure 4 – Courbe caractéristique du LVRT pour les centrales éoliennes de 1 MW et plus

Note: L'amplitude représente la tension phase-terre en pourcentage de la tension nominale du réseau auquel se raccorde la centrale.

12.2 Régulation de tension

À moins d'avis contraire de la part d'Hydro-Québec, les centrales éoliennes de plus de 5 MW doivent être conçues pour fournir ou absorber, à la sortie de la centrale (côté réseau), la puissance réactive équivalente à un facteur de puissance nominal surexcité et sous-excité égal ou inférieur à 0,95 (voir paragraphe 7.4). Dans certain cas, il pourrait même être requis que la centrale doive être conçue pour pouvoir opérer avec un facteur de puissance nominale aussi faible que 0,9 ou de réduire sa production de puissance active afin de permettre le respect de la norme CSA/ACNOR CAN3-C235-83.

12.3 Régulation de fréquence (réponse inertielle)

Les centrales éoliennes dont la puissance assignée est supérieure à 10 MW doivent être dotées d'un système de régulation de fréquence. Ce système doit être en service continuellement mais prendra action seulement lors d'écarts importants de fréquence. Il ne devra pas être utilisé à des fins de régulation de fréquence en régime permanent.

Le but de ce système est d'obtenir la participation des centrales éoliennes au rétablissement de la fréquence et ainsi de maintenir le niveau de performance actuel du réseau de transport lors de perturbation importante.

numéro	E.12-01		
page	27	de	40

À cette fin, le système doit permettre une atténuation des écarts importants et temporaires de fréquence au moins équivalente à celle obtenue de la réponse inertielle d'une machine synchrone classique, dont l'inertie (H) est de 3,5 s. À titre indicatif, cet objectif est atteint lorsque le système fait varier la puissance active de manière dynamique et rapide d'un minimum d'environ 5 % pendant environ 10 s au moment d'une excursion importante et temporaire de la fréquence du réseau.

Son utilisation lors de la production nécessite, à moins d'avis contraire de la part d'Hydro-Québec, l'utilisation d'une fonction de télédéclenchement pour assurer la séparation de la centrale et du réseau.

Pour les centrales éoliennes dont la puissance assignée est inférieure ou égale à 10 MW, l'utilisation d'un système de régulation de fréquence est prohibée (voir paragraphe 11.2).

12.4 Exigence lors de variation de fréquence

À moins d'avis contraire de la part d'Hydro-Québec, toute centrale éolienne de 1 MW et plus doit être conçue de manière à ce qu'elle puisse demeurer en service lors d'une variation de la fréquence du réseau en régime perturbé de ± 4 Hz/seconde.

12.5 Taux maximaux de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance

À moins d'avis contraire de la part d'Hydro-Québec, les centrales éoliennes dont la puissance assignée est supérieure ou égale à 1 MW doivent être conçues de manière à pouvoir respecter les taux maximaux de rampe suivants, lors des montées ou des baisses de leur puissance 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 Pmax (puissance maximale) de la centrale ;
- rampe avec un temps minimal ajustable de 2 à 60 minutes pour une variation de production de Pmax (puissance maximale) à 0 MW (arrêt) de la centrale.

Cette exigence vise à permettre l'opération adéquate des régulateurs de tension en réseau. Elle évite de perdre rapidement une trop grande quantité de production éolienne lors des hausses rapides de la charge à certaines heures de la journée, ou de recevoir rapidement une trop grande quantité de production éolienne lors des baisses rapides de la charge à d'autres heures de la journée.

12.6 Exigences lors de l'arrêt des éoliennes en prévision d'une température très froide ou de grand vent

À moins d'avis contraire de la part d'Hydro-Québec, les centrales éoliennes dont la puissance assignée est supérieure ou égale à 1 MW doivent être conçues de manière à ce qu'elles puissent réduire leur puissance graduellement sur une période variant entre 1 et 4 heures lorsque la prévision de grand froid ou de grand vent oblige leur arrêt.

numéro	E.12-01		
page	28	de	40

13 PRODUCTION EN MODE ÎLOTÉ

Dans une perspective d'amélioration de la continuité de service, Hydro-Québec peut accepter la reprise de production en mode îloté de façon contrôlée lors d'interruptions importantes si les études techniques et économiques démontrent la faisabilité d'un tel mode de production.

Lors de l'étude d'intégration, Hydro-Québec avise le producteur, de l'intérêt que représente la future centrale comme solution de rétablissement de service sur le réseau de distribution.

S'il y a lieu, des études conjointes visant à évaluer la faisabilité d'une production en mode îloté seront réalisées.

14 PRODUCTION AUTONOME (D'URGENCE)

Le producteur pourra alimenter ses propres charges tout en étant déconnecté du réseau d'Hydro-Québec.

15 RESPONSABLE DE L'IMPLANTATION

Le chef Orientations du réseau est responsable de l'implantation de la présente norme.

16 RESPONSABLES DE L'APPLICATION

Les chefs Plan de réseau sont responsables de l'application de la présente norme.

directive norme méthode

corporative sectorielle

numéro	E.12-01		
page	29	de	40

ANNEXE A

**Informations techniques à transmettre à Hydro-Québec
lors de la réalisation de l'étude d'intégration**

**Informations techniques à transmettre à Hydro-Québec
pour la réalisation de l'étude d'intégration
de la centrale de production décentralisée**

1. Date de mise en service prévue: _____
aaaa/mm/jj

2. Schéma de localisation des équipements de production

Fournir un schéma de localisation des différents équipements de production

3. Informations générales sur les équipements de production

	Alternateurs synchrones	Alternateurs asynchrones	Onduleurs
Nombre			

A) Alternateurs synchrones (*remplir pour chaque unité*)

Paramètres	Données
Puissance nominale	
Tension nominale	
Facteur de puissance nominal	
Réactances :	
Xd	
X'd	
X''d	
X'q	
X''q	
X2	
X0	
Résistance d'armature par phase	
Constante d'inertie H	
Constante de temps :	
T'd	
T''d	

B) Alternateurs asynchrones (*remplir pour chaque unité*)

Paramètres	Données
Puissance nominale	
Tension nominale	
Facteur de puissance nominal:	
100 % de puissance nominale	
75 % de puissance nominale	
50 % de puissance nominale	
Impédances:	
Xs	
Rs	
Xr	
Rr	
Xm (réactance de magnétisation)	
X"d	
X0	
Constante d'inertie H	
Constante de temps:	
T"d	

C) Onduleurs (*remplir pour chaque unité*)

Paramètres	Données
Source d'énergie (solaire, gaz naturel, biomasse, etc.)	
Puissance active nominale	
Tension nominale	
Facteur de puissance nominal:	
à 100% de puissance nominale	
Si ajustable, plage de variation possible du facteur de puissance	
Capacité de court-circuit (ampères crête/durée)	
Courant de démarrage (ampères crête)	
Certifié UL 1741 (oui/non)	
Certifié IEEE C62.41 (oui/non)	
Certifié IEEE C37.90 (oui/non)	
Certifié IEEE C37.90.1 (oui/non)	
Certifié IEEE C37.90.2 (oui/non)	
Certifié CSA C22.2 No 107.1-01 (oui/non)*	
Capacité de fonctionnement hors réseau (oui/non)	

* Fournir toute autre certification disponible.

D) Éoliennes

Pour les éoliennes à alimentation double ("double-fed"), les éoliennes à entraînement direct avec génératrice à aimant permanent ("direct drive with permanent magnet generator"), les éoliennes munies de convertisseur, etc. :

Fournir un modèle EMTP détaillé utilisable par le distributeur dans ses études de simulation dynamique.

4. Mode d'exploitation des équipements de production

Puissance constante

Écrêtage de pointe

Autre : _____

5. Transformateurs

Lorsque des transformateurs sont utilisés entre l'équipement de production et le point de raccordement, les informations suivantes doivent être fournies à Hydro-Québec pour chaque transformateur:

Puissance et tension nominales,

Impédances de séquence directe et homopolaire,

Résistance d'enroulement,

Raccordement des enroulements primaire et secondaire.

6. Profil annuel de production envisagé

Valeurs mensuelles moyennes pour une année type :

janvier	kW	mai	kW	septembre	kW
février	kW	juin	kW	octobre	kW
mars	kW	juillet	kW	novembre	kW
avril	kW	août	kW	décembre	kW

7. Schéma unifilaire de l'installation envisagée

Fournir un schéma unifilaire complet de l'installation électrique.

8. Schéma de commande et de protection

Fournir un schéma de commande et de protection.

9. Production prévue en mode d'urgence

Oui

Non

numéro	E.12-01		
page	33	de	40

ANNEXE B

Schémas types de raccordement et de protection des installations

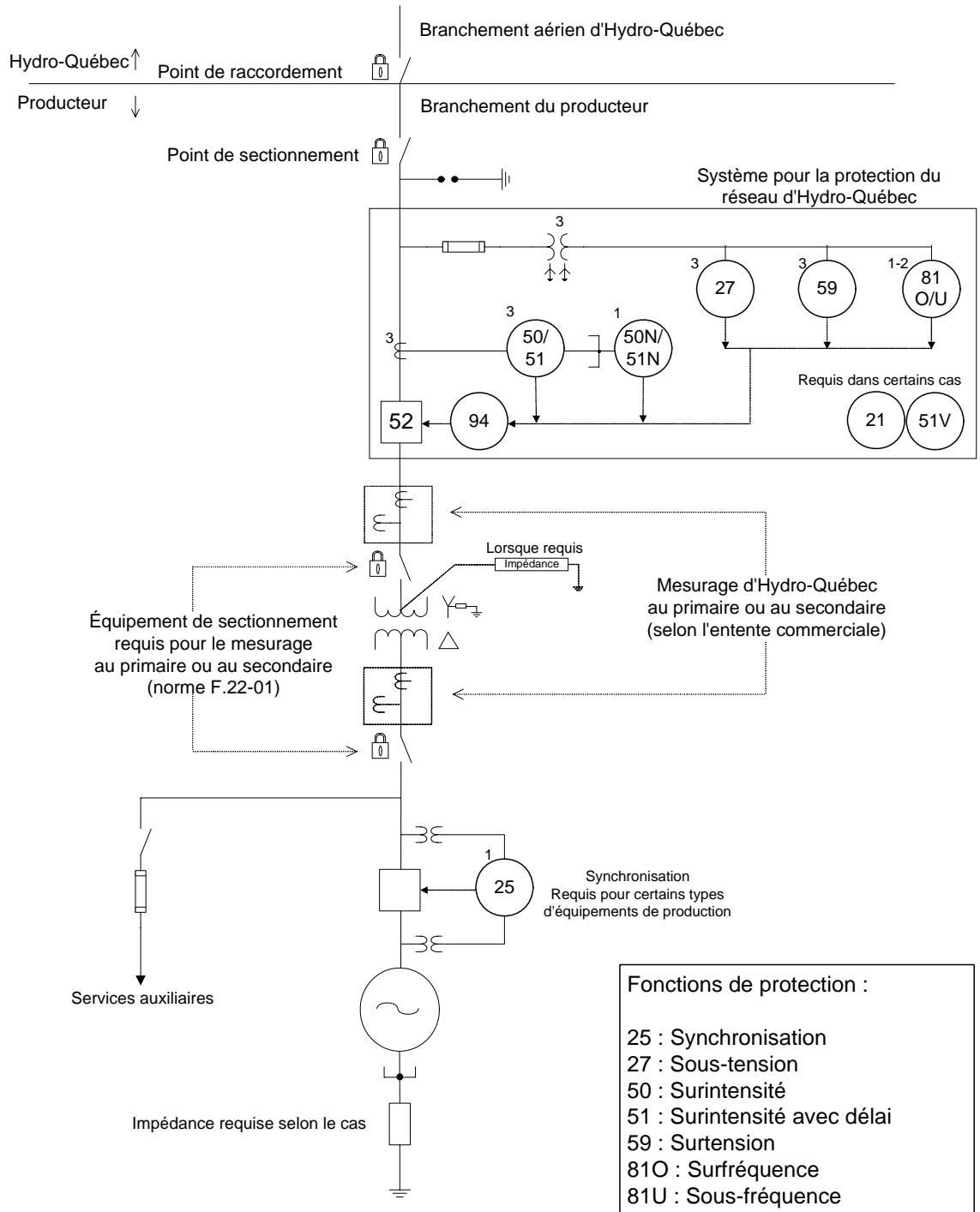


Figure 5 - Raccordement aérien-aérien MT, puissance maximale de 5 MW

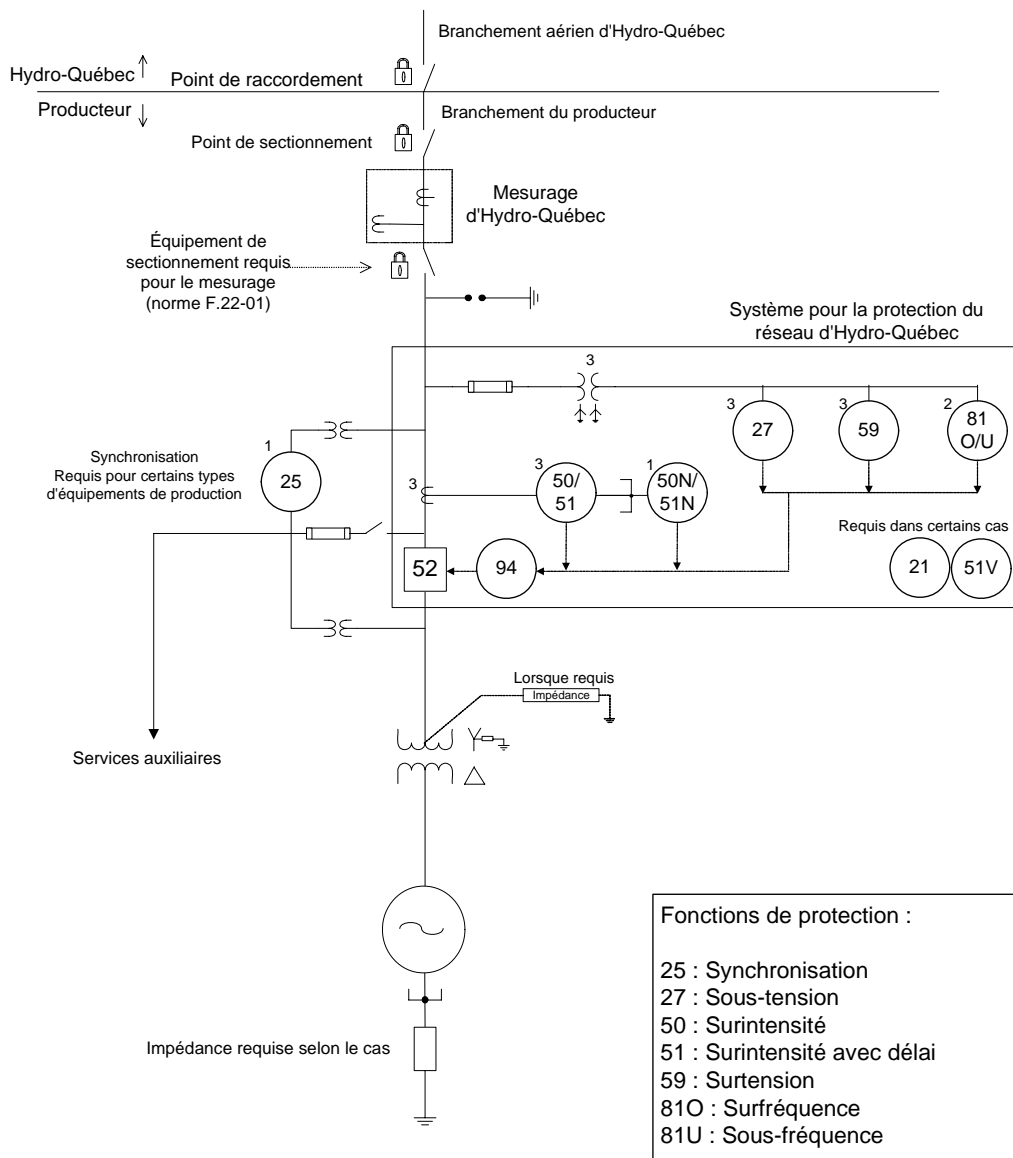


Figure 6 - Raccordement aérien-aérien MT, puissance supérieure à 5 MW

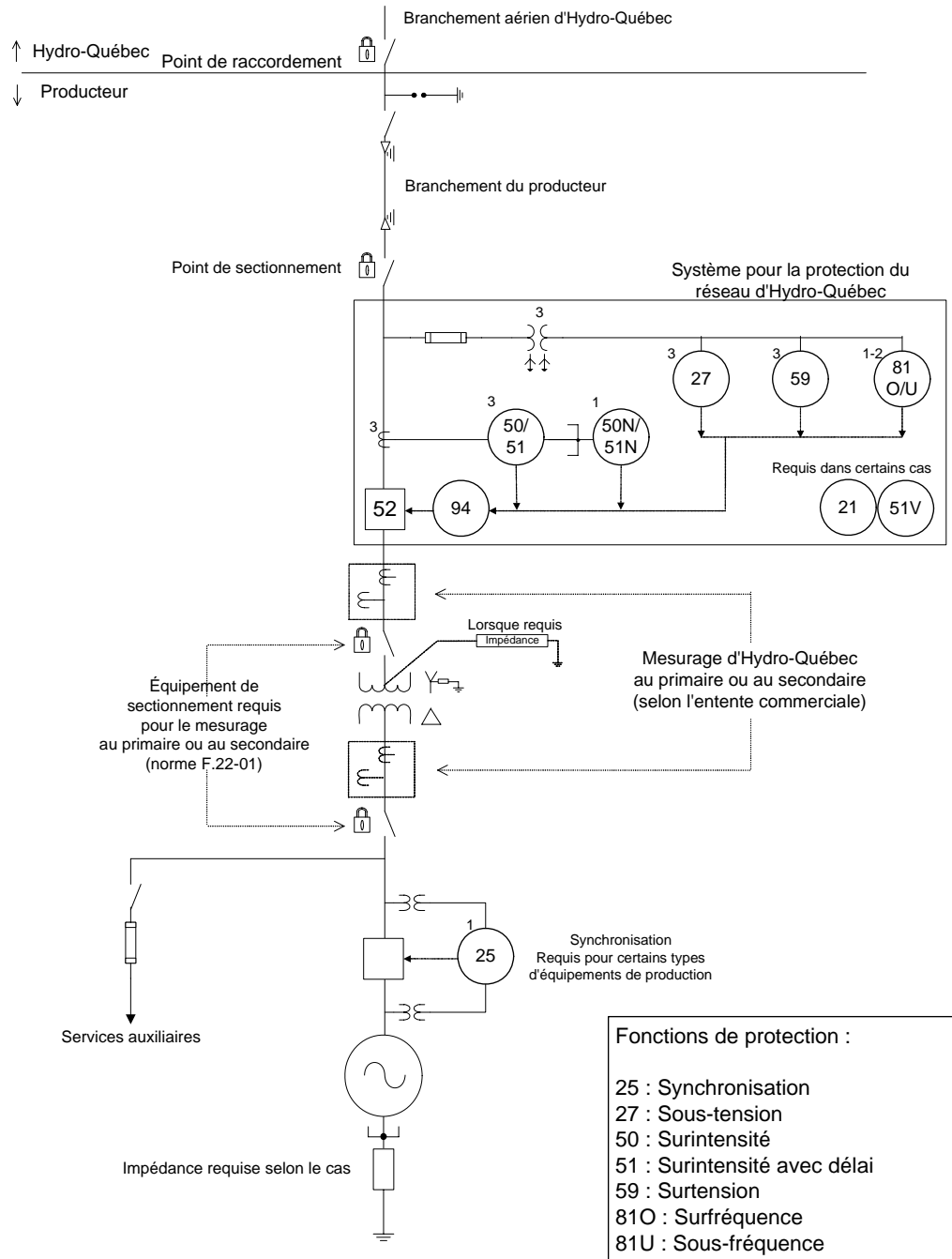


Figure 7 - Raccordement aérien-souterrain MT, puissance maximale de 5 MW

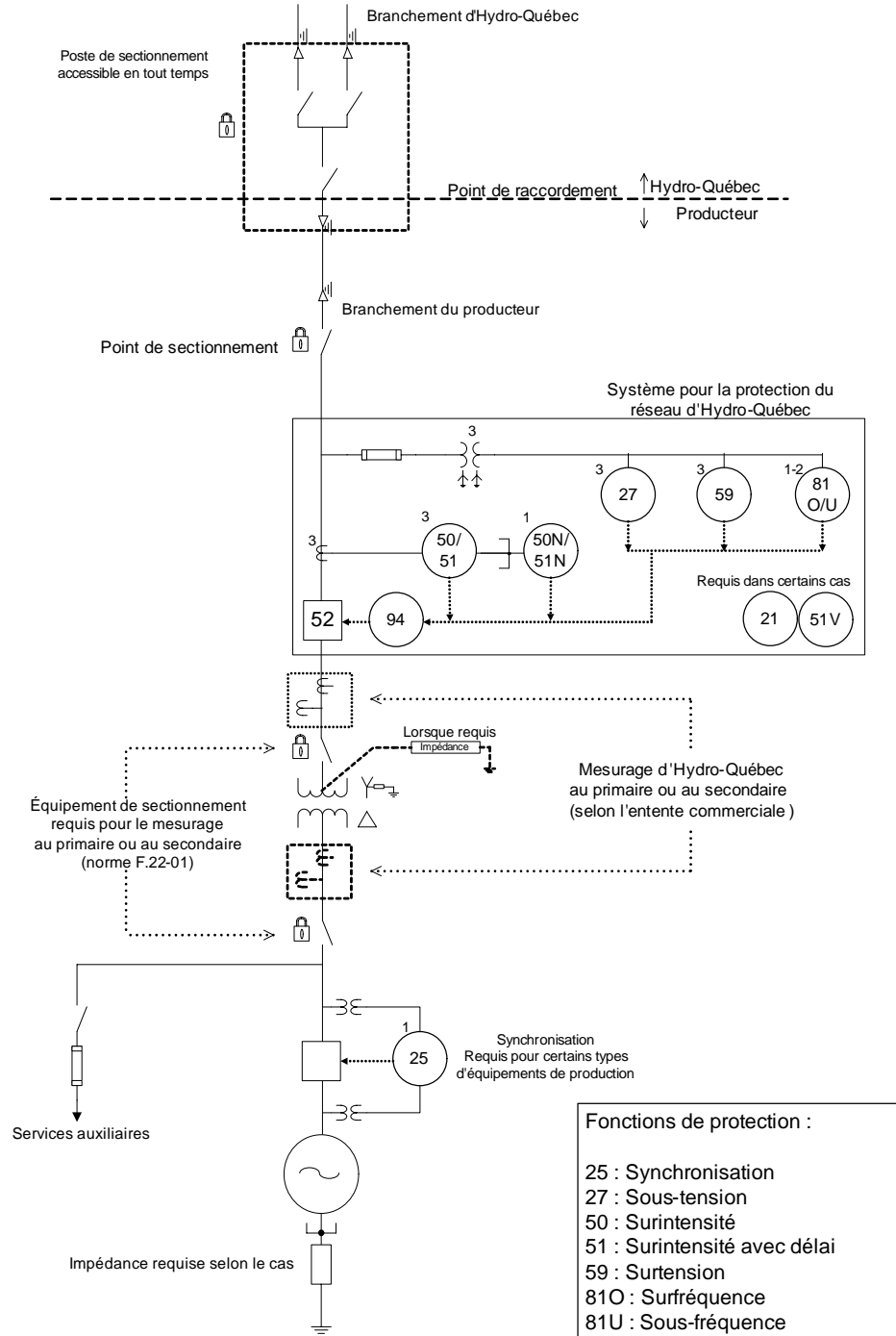


Figure 8 - Raccordement souterrain -souterrain MT, puissance maximale de 5 MW

politique directive norme méthode

corporative sectorielle

numéro	E.12-01		
page	38	de	40

ANNEXE C

Contenu de l'étude de protection du producteur

CONTENU DE L'ÉTUDE DE PROTECTION DU PRODUCTEUR

Le producteur doit remettre à Hydro-Québec une étude de protection contenant les informations spécifiées dans la présente annexe. Ainsi, Hydro-Québec sera en mesure de déterminer, dans les meilleurs délais, si les systèmes de protection installés à la centrale satisfont aux besoins de protection de son réseau.

Section 1 : Introduction

- Brève description du site, du projet et du réseau d'Hydro-Québec;
- Particularités du projet (protection supplémentaire, consignes spécifiques, etc.);
- Développements futurs (puissance additionnelle).

Section 2 : Caractéristiques des installations et du réseau d'Hydro-Québec

- Schéma unifilaire des installations de la centrale;
- Caractéristiques électriques des transformateurs, des équipements de production et des systèmes de protection:
 - alternateurs,
 - onduleurs, convertisseurs et autres équipements d'électronique de puissance,
 - transformateurs,
 - disjoncteurs (plus particulièrement le disjoncteur principal),
 - inductance ou résistance de mise à la terre,
 - relais de protection,
 - transformateurs d'instrumentation pour la protection,
 - système d'excitation;
 - constantes d'inertie des turbines et des alternateurs en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ou en $\text{MW}\cdot\text{s}/\text{MVA}$

Note:

*Une copie des caractéristiques **principales** provenant du manuel ou des spécifications techniques du fabricant est souhaitable (sauf pour les relais homologués par Hydro-Québec).*

- Caractéristiques du réseau d'Hydro-Québec:
 - schéma unifilaire de la ligne (avec caractéristiques des conducteurs),
 - schéma unifilaire du poste,
 - courbes de réglages des systèmes de protection d'Hydro-Québec et leurs séquences d'opération,
 - niveaux de court-circuit monophasé et triphasé à la barre du poste d'Hydro-Québec,
 - tout renseignement pertinent pour l'étude.

Section 3 : Calcul et analyse des défauts

- Évaluation de l'impédance de mise à la terre;
- Calcul des défauts 3 Φ , Φ - T et Φ -T($R_f = 13,3 \Omega$) :
 - à la barre primaire de la centrale,
 - à la barre secondaire de la centrale,
 - à la barre du poste d'Hydro-Québec,
 - dans un embranchement monophasé près de la centrale,
 - au point le plus éloigné de la centrale sur la ligne,
 - en aval du disjoncteur en réseau (si existant);

Note:

Les calculs de défauts doivent être effectués en considérant :

- *la contribution d'Hydro-Québec et de la centrale (avec exploitation maximale et minimale des équipements de production),*
- *la contribution de la centrale seule.*

Les résultats doivent être présentés sous la forme d'un tableau. Il est recommandé de fournir des exemples de calcul.

- Vérification de la coordination des fusibles avec les réglages proposés.

Section 4 : Réglages des relais et courbes de coordination

- Tableau présentant les réglages proposés des relais de protection pour la protection du réseau d'Hydro-Québec ainsi que le temps d'opération de ces relais pour les défauts à étudier;
- Courbes de coordination des protections;
- Schémas de commande (ou de logique) et de protection.

Annexe 1 : Prévisions mensuelles de production (en puissance)

Annexe 2 : Calcul du papillotement au point commun de raccordement (si requis)

Annexe 3 : Calcul des harmoniques au point commun de raccordement (si requis)

Annexe 4 : Réglages des protections des équipements de production et des transformateurs