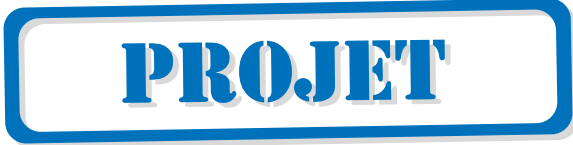


NORME E.12-05

| | | | |
|---|------------|--|---|
| | | numéro E.12-05 | |
| | | page 1 de 42 | |
| titre Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée de 600 kVA et moins, au réseau basse tension d'Hydro-Québec | | révision | |
| | | en vigueur le 2005/08 | |
| unités intéressées Toutes les unités Plans de réseau | | préparé par (unité administrative) Éric Le Courtois Orientations du réseau | recommandé par date Georges Simard |
| | | | validé par date Denis Chartrand |
| approbation <input type="checkbox"/> conseil d'administration <input type="checkbox"/> président du conseil et chef de la direction <input type="checkbox"/> président et chef de l'exploitation <input type="checkbox"/> cadre relevant p.-d.g. <input type="checkbox"/> vice-président | scellé par | signature  Jean Bouchard, directeur Planification du Réseau | |

| Titre | Page |
|--|-----------|
| 1 ENCADREMENTS CONNEXES | 4 |
| 2 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION | 4 |
| 3 PORTÉE..... | 4 |
| 4 DÉFINITIONS..... | 5 |
| 5 CONFIGURATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION..... | 7 |
| 5.1 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX..... | 7 |
| 5.2 RÉSEAU AÉRIEN BT | 8 |
| 5.3 RÉSEAU SOUTERRAIN BT | 8 |
| 5.4 POINT DE RACCORDEMENT | 8 |
| 6 EXIGENCES GÉNÉRALES | 8 |
| 6.1 CONCEPTION, RÉALISATION ET EXPLOITATION DES INSTALLATIONS DU PRODUCTEUR..... | 8 |
| 6.2 INFORMATIONS À TRANSMETTRE À HYDRO-QUÉBEC | 9 |
| 6.3 PUISSANCE LIMITE DE CENTRALE..... | 9 |
| 6.4 MODIFICATIONS AUX INSTALLATIONS | 10 |
| 6.5 SCHÉMAS TYPES DE RACCORDEMENT | 10 |
| 7 EXIGENCES RELATIVES À LA TENSION..... | 11 |
| 7.1 FLUCTUATIONS DE TENSION | 11 |
| 7.2 DISTORSIONS HARMONIQUES | 11 |
| 7.3 INJECTION DE COURANT CONTINU..... | 11 |
| 7.4 RÉGULATION DE TENSION ET FACTEUR DE PUISSANCE | 12 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 8 | EXIGENCES RELATIVES À L'APPAREILLAGE DE LA CENTRALE | 13 |
| 8.1 | RÉGIME DU NEUTRE..... | 13 |
| 8.2 | TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE | 14 |
| 8.3 | CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES APPAREILS BASSE TENSION | 15 |
| 8.4 | POINTS DE SECTIONNEMENT | 16 |
| 8.5 | DISPOSITIF DE PROTECTION | 16 |
| 8.6 | INDUCTANCE OU RÉSISTANCE DANS LE NEUTRE | 16 |
| 8.7 | CONDENSATEURS | 17 |
| 8.8 | SERVICES AUXILIAIRES..... | 17 |
| 8.9 | TÉLÉMESURE | 17 |
| 8.10 | APPAREILLAGE DE CONTRÔLE..... | 18 |
| 9 | EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS DE LA CENTRALE | 19 |
| 10 | EXIGENCES RELATIVES À LA PROTECTION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION | 19 |
| 10.1 | ARRÊT DE L'INJECTION DE PUISSANCE EN PARALLÈLE AU RÉSEAU | 19 |
| 10.2 | TYPES DE PROTECTION | 20 |
| 10.3 | MODÈLES DE RELAIS..... | 21 |
| 10.4 | ALIMENTATION DES RELAIS | 22 |
| 10.5 | CONDITIONNEMENT DE LA FERMETURE DU DISPOSITIF DE PROTECTION | 22 |
| 10.6 | TRANSFORMATEURS D'INSTRUMENTATION POUR LA PROTECTION..... | 22 |
| 10.7 | COORDINATION ET RÉGLAGES DES PROTECTIONS | 23 |
| 10.8 | ÉTUDE DE PROTECTION..... | 26 |
| 10.9 | SCELLAGE DES PROTECTIONS | 26 |
| 11 | PRODUCTION EN MODE ÎLOTÉ..... | 26 |
| 12 | PRODUCTION EN URGENCE..... | 26 |
| 13 | INSPECTION ET ESSAI DE VÉRIFICATION | 27 |
| 14 | MAINTENANCE..... | 27 |
| 15 | RESPONSABLE DE L'IMPLANTATION | 27 |
| 16 | RESPONSABLES DE L'APPLICATION..... | 27 |



PROJET

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 telle centrale existante fait l'objet d'une modification ou d'une réfection. Les centrales couvertes par ce document présentent les caractéristiques suivantes :

- puissance nominale maximale triphasée de 600kVA;
- utilisation d'onduleurs certifiés selon la section 15 de la norme CSA C22.2 no 107.1-01. Les onduleurs certifiés selon la dernière révision de la norme UL1741 pourraient aussi être acceptés par Hydro-Québec¹.
- utilisation d'onduleurs qui ne sont pas couverts par le point précédent, les alternateurs synchrones, les alternateurs synchrones à aimant permanent, les alternateurs asynchrones et les alternateurs asynchrones à alimentation double. Ces applications nécessitent l'utilisation de relais de protection autorisés par Hydro-Québec.

Compte tenu de la diversité des modes de production, des modes de raccordement et des contraintes de réseau qui peuvent se présenter (dont notamment un taux élevé de pénétration de production décentralisée sur une partie de son réseau ou un déséquilibre de tension élevé), Hydro-Québec pourrait définir certaines exigences spécifiques au moment de l'étude de chaque cas.

De même, suite à une étude d'intégration, le présent encadrement pourrait être utilisé pour couvrir le raccordement, à basse tension, de centrales ayant une puissance supérieure à 600 kVA si les conditions de réseau le permettent.²

2 Portée

La présente norme s'adresse au personnel d'Hydro-Québec, 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 BT d'Hydro-Québec. Ils ont l'obligation de s'y conformer.

¹ L'acceptation selon la norme UL1741 représente une solution temporaire dû au fait que la norme CSA C22.2 No. 107.1-01 est peu utilisée par les manufacturiers pour la certification. La certification aux normes canadiennes (CSA) est préférable.

² La principale limitation concerne les mises à la terre portatives utilisées pour la protection des employés sur le réseau basse tension. Leur capacité est de 15 kA, 15 cycles.

3 ENCADREMENTS CONNEXES

Cet encadrement fait partie d'une série de 5 documents régissant les exigences techniques relatives au raccordement des centrales de production d'électricité au réseau de distribution d'Hydro-Québec :

- E.12-01 Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution 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 de génératrices d'urgence au réseau de distribution d'Hydro-Québec;

L'encadrement connexe E.12-03 "Maintenance préventive des équipements de protection dans les centrales des producteurs privés" traite de la maintenance des installations de production.

4 Définitions

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

Branchement d'Hydro-Québec : Le 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 coffret de branchement jusqu'au point de raccordement inclusivement.

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

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

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

Dispositif de protection : Dans le cadre de cette norme, le dispositif de protection peut être :

- Un disjoncteur lors d'une protection complète par relais discrets pour la protection primaire et contre l'îlotage ;

- Une protection fusible, un disjoncteur ou un contacteur commandés par les fonctions de protection contre l'îlotage.

En règle générale, le dispositif de protection permettra d'interrompre l'injection de puissance au réseau de distribution, suite à un défaut ou une condition d'îlotage.

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 du Producteur.

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.

Moyenne tension : Tension nominale entre phase de plus de 750 volts et de moins de 44 000 volts.

Personnel reconnu compétent : Dans le cadre de ce document, par personnel compétent, on entend les ingénieurs. Un maître électricien, de même qu'un technicien responsable d'offrir le support technique et reconnu comme tel par le fabricant de l'équipement de production pourraient être acceptés comme personnel reconnu compétent par Hydro-Québec.

Point commun de raccordement (PCR) : Point situé sur le réseau de distribution, le plus proche électriquement de la centrale, et auquel les installations d'autres clients ou producteurs sont ou peuvent être raccordés.

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, autre qu'un réseau voisin d'Hydro-Québec, propriétaire ou locataire d'une centrale de production d'électricité.

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 :

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

X_0 : réactance de séquence homopolaire,

X_1 : réactance de séquence positive,

R_0 : résistance de séquence homopolaire.

Réseau stabilisé : Le réseau de distribution est considéré stabilisé si, pour une durée minimale de 5 minutes, l'amplitude de sa tension est à l'intérieur des conditions marginales d'exploitation et la fréquence de sa tension est à l'intérieur de sa plage de variation normale.

Sectionneur : Dispositif, groupe de dispositifs ou autres moyens par lesquels le courant des conducteurs d'un circuit peut être coupé.

5 Configuration du réseau de distribution

5.1 Renseignements généraux

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

Le raccordement d'une centrale au réseau de distribution basse tension peut être triphasé ou monophasé. Il s'effectue à la tension nominale de 120, 240, 347 ou 600 V. Lorsque l'équipement de production présente une tension nominale autre que celles présentées au Tableau 1, les installations doivent être conçues de façon à être raccordées à la tension existante au moment du raccordement.

Tel que stipulé à l'article 18 du règlement 634 sur les conditions de fourniture de l'électricité, pour la basse tension, Hydro-Québec se conforme à la norme CSA/ACNOR No. CAN3-C235-83 approuvée par le Conseil canadien des normes dont un extrait est présenté au Tableau 1.

Tableau 1 Limites recommandées pour les variations de tension au point de raccordement pour les circuits allant jusqu'à 1000 V (tiré de la norme CSA/ACNOR No. CAN3-C235-83)

| Tensions nominales | Limites de variations de tension applicables au point de branchement | | | |
|----------------------|--|---------|---------|---------|
| | 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 |

Sous les conditions normales d'exploitation, le taux de déséquilibre de tension de séquence inverse type (V_2/V_1), en régime normal, est inférieur ou égal à 2 %. Ce taux pourrait dépasser les 2 % en certains endroits.

La fréquence nominale du réseau électrique d'Hydro-Québec est de 60 Hz. Sa plage de variation normale³ est de 59,4 Hz à 60,6 Hz.

5.2 Réseau aérien BT

Le réseau BT aérien est composé de câbles torsadés de deux conducteurs isolés et un conducteur nu pour le 120/240 V et de trois conducteurs isolés et un conducteur nu pour le 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.

5.3 Réseau souterrain BT

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

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. Dans le cadre de cette norme, le point de raccordement est tel qu'illustré par la norme E.21-10 "norme de fourniture d'électricité en basse tension" communément appelé "livre bleu" en remplaçant le terme "client" par "producteur".

6 Exigences générales

6.1 Conception, réalisation et exploitation des installations du producteur

Les équipements et les installations du producteur doivent être conformes aux codes, normes et règles applicables au Québec. Entre autre, le producteur doit s'assurer de la conformité de son installation à la section 84 du code de l'électricité du Québec (CSA C22.10-99 ou toute version plus récente) ainsi qu'aux normes applicables du code de l'électricité, 2^e et 3^e parties (normes CSA des séries C22.2 et C22.3).

Les équipements de la centrale devront être installés du côté charge du coffret de branchement du client ainsi que du côté charge de tout équipement de sectionnement ou de mesurage utilisé par Hydro-Québec, le cas échéant.

Les installations du producteur sont raccordées au réseau MT d'Hydro-Québec via un transformateur de distribution appartenant à Hydro-Québec. Ce transformateur possède généralement des enroulements raccordés Y-Y dont les neutres primaires et secondaires sont mis directement à la terre. Ce transformateur est protégé par fusible au primaire.

³ Information disponible dans le document "Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec".



À moins d'entente avec Hydro-Québec (voir paragraphe 8.1), l'installation du producteur devra être conçue de façon à maintenir un régime de neutre effectivement mis à la terre afin de ne pas générer des surtensions sur le réseau de distribution en présence de défaut phase-terre.

Lorsqu'un client-consommateur prévoit ajouter des équipements de production à son installation existante, le planificateur d'Hydro-Québec évaluera si le raccordement du transformateur de distribution ainsi que le branchement du client sont adéquats pour respecter cette exigence.

Toutes les fonctions de protection de la centrale (utilisées pour la protection du réseau ou des équipements de la centrale) doivent être conçues ou réglées pour ne pas s'activer à l'intérieur des zones de déclenchement prohibé décrites au paragraphe 10.7.

Les éventuels déséquilibres de tension et de courant résultant de certaines conditions d'exploitation et du déséquilibre normal des charges du réseau de distribution peuvent engendrer la circulation d'un courant dans le neutre de la centrale, produisant un échauffement des alternateurs et pouvant mener à un bris des alternateurs. Le producteur devra en tenir compte au moment de la conception de ses installations.

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. Lors de la demande de raccordement, certaines informations doivent être transmises à Hydro-Québec pour réaliser les études requises permettant d'identifier les modifications à apporter à ses installations, s'assurer que l'installation respecte ses règles, d'établir les conditions de raccordement de la centrale au réseau de distribution et de permettre d'effectuer le suivi des installations de production raccordées à son réseau.

L'annexe A présente, à titre d'exemple, les informations qui devraient être fournies à Hydro-Québec par le producteur.

6.3 Puissance limite de centrale

Dans le cadre de cette norme, la puissance limite d'une centrale est fixée à 600 kVA pour une installation triphasée. Cette puissance limite correspond à la somme de la puissance nominale de chaque équipement de production ou de conversion de puissance de la centrale.

La puissance maximale de l'installation pourrait être limitée à une valeur inférieure, dans le cas, par exemple, où la puissance de production déjà raccordée localement sur la ligne BT en question est importante où suite à une demande de raccordement d'un équipement de production monophasé qui augmenterait le déséquilibre de tension à un niveau inacceptable.

C'est pourquoi, suite à la réception de la demande d'intégration du producteur, le représentant planification d'Hydro-Québec procède à l'analyse de cette demande et détermine si la centrale excède la puissance limite pouvant être raccordée à la ligne de distribution BT concerné⁴.

⁴ Pour les employés d'Hydro-Québec, la norme E.12-02, fournit plus de précisions sur ce point.



Dépendamment de la puissance prévue de la centrale, il pourrait être requis de remplacer le transformateur de distribution, ainsi que le branchement d'Hydro-Québec. La capacité du branchement du producteur demeure sa responsabilité.

La puissance limite pouvant être intégrée à une ligne de distribution est établie en fonction des facteurs suivants :

- capacité des éléments du réseau de distribution;
- stabilité des équipements de production du producteur lors de perturbations ou de variations de charge sur le réseau de distribution;
- fluctuations de tension lors du démarrage et de l'arrêt de la centrale;
- profil de tension sur la ligne suite à l'intégration de la production;
- Déséquilibre de tension sur le réseau de distribution local;
- coordination de la protection et la qualité du service.
- La capacité de court-circuit totale des centrales raccordées sur une même portion de ligne (contribution aux défauts monophasés et triphasés) doit être inférieure à la capacité des mises à la terre portatives utilisées pour la basse tension et pour la moyenne tension.

Dans certains cas, il est possible qu'un raccordement au réseau BT ne soit pas acceptable. Dans ce cas, le représentant d'Hydro-Québec informera le Producteur et des solutions alternatives (tel qu'un raccordement à Moyenne tension) pourront être évaluées à la demande du Producteur.

6.4 Modifications aux installations

Si le producteur désire apporter des modifications matérielles et/ou logicielles (logicielles dans le cas des équipements de type onduleur) à ses installations existantes, il doit préalablement obtenir l'autorisation écrite d'Hydro-Québec. Pour ce faire, il doit transmettre une demande écrite à Hydro-Québec et joindre à celle-ci les plans complets et à jour de son installation existante, une version révisée ou projetée des spécifications de sa centrale (l'annexe A présente, à titre d'exemple, les informations qui devraient être fournies à Hydro-Québec par le producteur) ainsi que le détail des modifications envisagées.

L'application des modifications devra être supervisée et approuvée par du personnel reconnu compétent.

Suite à la modification matérielle ou logicielle, une inspection de la centrale de même qu'un essai de vérification (voir section 13) pourraient être effectués par un représentant d'Hydro-Québec.

6.5 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 en autant que les exigences du présent document soient respectées.

7 Exigences relatives à la tension

7.1 Fluctuations de tension

Lorsque ses installations comportent des équipements susceptibles de produire des fluctuations de tension, 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. 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.

Le niveau de papillotement au point commun de raccordement, causé par les installations du producteur, doit respecter les limites définies à la norme de distribution C.22.2 Limites de papillotement applicables à l'abonné. 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 manoeuvre 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 le producteur a plus d'un équipement pouvant provoquer des fluctuations de tension, leurs effets cumulatifs doivent être évalués selon la méthode définie dans le guide technique A.41.2 Notions et règles du phénomène de papillotement.

7.2 Distorsions harmoniques

Lorsque ses installations comportent des équipements susceptibles de produire des harmoniques, 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. Les indications précises sur la méthode de calcul à utiliser de même que les exigences à satisfaire sont définies dans le guide C.25-01 "Niveaux d'harmoniques imputables à un client" (ou toute version révisée de ce guide). Le document s'applique en tenant compte que certains équipements produisant des harmoniques peuvent se comporter comme des sources de tensions harmoniques.

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.

Pour les onduleurs, Hydro-Québec considère que les équipements certifiés selon la section 15 de la norme CSA C22.2 No. 107.1-01 ou toute version plus récente de cette norme respectent cette exigence.

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.

Hydro-Québec considère que les onduleurs certifiés selon la section 15 de la norme CSA C22.2 No. 107.1-01 ou toute version plus récente de cette norme respectent cette exigence.

7.4 Régulation de tension et facteur de puissance

En général, la centrale ne devra pas être conçue pour réguler activement la tension, lorsqu'elle est raccordée au réseau de distribution.

De même, la centrale ne devra pas faire en sorte que la tension, au point commun de raccordement, se retrouve à l'extérieur des limites permises en conditions normales d'exploitation, tel 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 commun de raccordement, ne dépasse les limites permises présentées.

En général, les centrales doivent maintenir, au point de raccordement, un facteur de puissance le plus près possible de l'unité. Cependant, selon la puissance et la localisation de la centrale ainsi que des paramètres de charge de la ligne de distribution, le maintien d'un facteur de puissance unitaire pourrait entraîner temporairement des surtensions sur le réseau de distribution en période creuse de charge. Afin d'éviter cette situation, les équipements pouvant réguler la tension doivent être en mesure d'absorber la puissance réactive nécessaire pour maintenir la tension à l'intérieur des limites 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.

Pour ce faire, Hydro-Québec peut spécifier, pour tous les équipements de production ayant la capacité d'agir sur le facteur de puissance, l'un des quatre modes d'opération suivants ainsi que les paramètres qui s'y rattachent:

- une tension constante;
- une tension variable en fonction des conditions de charge du réseau (consigne de tension);
- un facteur de puissance constant (autre que l'unité);
- un facteur de puissance variable en fonction des conditions de charge.

Les centrales comprenant des équipements n'ayant pas la capacité d'agir sur le facteur de puissance (certains types d'onduleurs, les alternateurs synchrones à aimant permanent et les alternateurs asynchrones) devront faire en sorte de respecter les limites de variation de tension permises au point commun de raccordement tout en maintenant le facteur de puissance, au point de raccordement, le plus près possible de l'unité (voir paragraphe 8.7). Afin de respecter cette condition, Hydro-Québec pourrait exiger que ces centrales produisent une puissance inférieure à la puissance nominale, pendant les périodes où la centrale peut avoir un impact négatif sur la tension du réseau de distribution.

7.4.1 Installations pouvant réguler la tension

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

Lorsqu'il est requis de réguler activement la tension, les installations du producteur devront 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.

7.4.2 Installations ne pouvant pas réguler la tension

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

Lorsqu'il n'est pas possible de produire ou consommer de la puissance réactive, le facteur de puissance, au point de raccordement de la centrale, doit être tel qu'il permette le respect des variations de tension permises au point commun de raccordement, même en période creuse de charge, tout en étant le plus près possible de l'unité, à moins d'entente particulière avec Hydro-Québec.

La puissance réactive nécessaire au fonctionnement des alternateurs de type asynchrone (à induction) provient des installations du producteur et du réseau d'Hydro-Québec (voir paragraphe 8.7).

8 Exigences relatives à l'appareillage de la centrale

8.1 Régime du neutre

Afin de ne pas générer des surtensions sur le réseau de distribution, en présence de défaut phase-terre, le mode de raccordement privilégié par le Hydro-Québec est celui où les caractéristiques des appareils de la centrale font en sorte que le régime du neutre, au point de raccordement, soit effectivement mis à la terre et ce, en conditions normales d'exploitation et en conditions de défauts. Dans ce cas, l'enroulement primaire du transformateur du producteur, le cas échéant, doit obligatoirement être mis à la terre de façon directe ou à travers une certaine impédance (voir paragraphe 8.6).

Cependant, dans le cas où le producteur désire se raccorder via une installation où le régime du neutre ne respecte pas le mode de raccordement privilégié par Hydro-Québec, le régime du neutre proposé pourrait être accepté suite à une étude particulière. Aussi, dans le but de limiter la contribution aux défauts monophasés, il pourrait être souhaitable que le régime du neutre, du côté primaire du transformateur de distribution ne soit pas effectivement mis à la terre. Suite à une étude particulière où le risque de surtensions sur le réseau de distribution a été évalué, le mode de raccordement favorisé pourrait être différent de celui généralement privilégié par Hydro-Québec.

8.2 Transformateurs de puissance

Dans certains cas, le producteur pourrait avoir à utiliser des transformateurs de puissance, entre autre, pour adapter le niveau de tension de ses appareils de production au niveau de tension du réseau de distribution. La section qui suit présente les règles relatives à l'utilisation de ces transformateurs.

8.2.1 Caractéristiques

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 recommande l'utilisation de 3 transformateurs monophasés ou d'un transformateur à 5 colonnes. Les transformateurs à colonnes ("core type") possédant trois colonnes raccordées étoile-étoile favorisent le passage des courants homopolaires du réseau. Leur utilisation n'est pas recommandée par Hydro-Québec mais peut être acceptée dans le cas de faibles puissances (l'impédance plus élevée des transformateurs de faible puissance limite la contribution homopolaire).

8.2.2 Types de raccordement

Excluant les transformateurs d'isolations intégrés aux onduleurs, tout transformateur de puissance utilisé entre le point de raccordement et le point de mesure des fonctions de protection de la centrale devra avoir ses enroulements raccordés de façon à assurer que le système de protection pourra détecter tout type de défauts pouvant se produire sur le réseau de distribution ou dans l'installation du producteur.

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 8.6), tel que présenté à la Figure 1.

De plus, les critères suivants doivent être respectés :

$$X0/X1 \leq 3 \text{ et } R0/X1 < 1$$

où:

X0 : réactance de séquence homopolaire,

X1 : réactance de séquence positive,

R0 : résistance de séquence homopolaire.

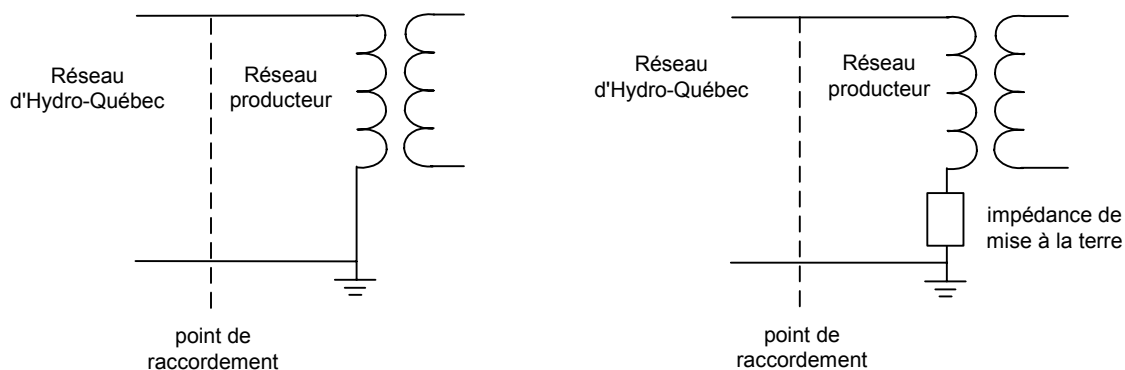


Figure 1 Raccordement de transformateur pour un régime du neutre effectivement mis à la terre

Lorsque Hydro-Québec accepte ou spécifie que le régime du neutre des équipements de la centrale ne sera pas effectivement mis à la terre, le type de raccordement des transformateurs de la centrale sera déterminé ou accepté suite à une étude particulière.

8.2.3 Raccordement sans transformateur

L'utilisation d'un transformateur entre le point de raccordement 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 8.1). 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 dans le bobinage de l'alternateur pourrait être excessif dans le cas d'un défaut (soudage des plaques et destruction de l'alternateur);
- il n'y aurait plus de filtre de la 3^e harmonique (en supposant un raccordement triangle du côté secondaire).
- la centrale devrait toujours satisfaire aux exigences en régulation de tension, définies au paragraphe 7.4 et ce, en considérant les limites normales de la tension d'exploitation du réseau de distribution.

8.3 Caractéristiques électriques des appareils basse tension

Le respect des normes CSA suivantes, par les équipements de la centrale, est recommandé :

- CAN/CSA-CEI/IEC 61000-4-5 Electromagnetic compatibility (EMC)-part 4: Testing and measurement techniques-Section 5: Surge immunity test
- CAN/CSA-CEI/IEC 61000-4-12 Electromagnetic compatibility (EMC)-part 4: Testing and measurement techniques-Section 12: Oscillatory waved immunity test - basic EMC publication

Le respect des critères de la dernière version de ANSI/IEEE C62.41 "Recommended Practice for Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits" ou de la dernière version de ANSI/IEEE C37.90.1 "Standard Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Protective Relays and Relay Systems" est considéré équivalent aux normes CSA/CEI précédentes.

8.4 Points de sectionnement

Afin d'assurer la sécurité des intervenants en mesurage, les dispositions prévues par la norme E.21-10 "norme de fourniture de l'électricité en basse tension" communément appelé "livre bleu" concernant la nécessité de points de coupure en amont et en aval du compteur, lorsque applicable, doivent être respectées.⁵

⁵ 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 ne requièrent généralement pas d'équipements de sectionnement pour les besoins de mesurage. La norme fournit les précisions sur les exigences.

8.5 Dispositif de protection

Les installations des producteurs doivent être munies de dispositifs de protection afin de prévenir des dommages à leurs installations ou à celles d'Hydro-Québec. Le dispositif de protection 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 et en aval (côté centrale) de tout équipement de mesurage ou de sectionnement requis pour les besoins d'Hydro-Québec. Le déclenchement du dispositif de protection sera initié par un défaut ou par les différents relais ou fonctions de protection. Son pouvoir de coupure doit être suffisant pour interrompre tout défaut de toute nature situé dans les installations du producteur ou sur le réseau de distribution. Hydro-Québec pourrait accepter que les installations du producteur soient munies de plus d'un disjoncteur. Les caractéristiques du dispositif de protection doivent être acceptées par Hydro-Québec, sauf dans le cas d'onduleurs certifiés selon des normes reconnues par Hydro-Québec (CSA C22.2 No. 107.1-01 et UL1741¹).

8.6 Inductance ou résistance dans le neutre

Dans le cas d'un raccordement où le régime du neutre est effectivement mis à la terre, une inductance ou une résistance dans chaque neutre des alternateurs de la centrale peut s'avérer nécessaire pour diminuer la contribution de celle-ci dans les défauts phase-terre du réseau de distribution et permettre le respect des règles de protection énumérés au paragraphe 10.7. La valeur de l'impédance est fonction des caractéristiques du réseau de distribution et des installations du producteur. Elle doit être établie par le producteur et approuvée par Hydro-Québec. Sa valeur doit faire en sorte que le régime du neutre, au point de raccordement, demeure effectivement mis à la terre.

8.7 Condensateurs

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

- montée rapide de la tension (2 p.u. en 1 seconde possible) 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 condition 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 de son 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 la centrale doivent être situées près des équipements de production et subdivisées à parts égales par groupe (en proportion si les groupes ne sont pas identiques). De plus, l'arrêt normal ou forcé d'un groupe de la centrale doit entraîner le déclenchement des condensateurs qui y sont associés afin de maintenir un ratio de compensation adéquat.

8.8 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 10.7.

8.9 Télémessure

Pour les centrales de puissance supérieure à 250 kVA, il pourrait être requis que certains paramètres soient télémessurés pour les besoins du centre d'exploitation de distribution (CED).

Si tel était le cas, le représentant d'Hydro-Québec transmettra au Producteur les besoins concernant les équipements, liens de communication et protocoles à utiliser ainsi que les paramètres à transmettre au CED.

Les paramètres à transmettre au CED peuvent comprendre :

- L'amplitude de la tension
- La puissance active, réactive, le facteur de puissance
- L'état de production (en production ou non)
- L'état du raccordement (déconnecté ou raccordé)

La mesure des paramètres devrait être effectuée au point de raccordement du Producteur. Il peut être acceptable que la mesure soit effectuée à un autre point, à l'intérieur des installations du Producteur. Dans ce cas, les corrections nécessaires devront être mises en place pour transmettre au CED la valeur équivalente de la mesure au point de raccordement.

8.10 Appareillage de contrôle

8.10.1 Régulateur de tension

Lorsqu'il est requis de réguler activement la 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 autres systèmes comparables) et être en mesure de fournir ou absorber la puissance réactive afin de pouvoir satisfaire aux exigences d'Hydro-Québec relatives à la régulation de tension (voir paragraphe 7.4.1).

8.10.2 Régulateurs de vitesse

Lorsqu'un régulateur de vitesse est installé, celui-ci doit être mis hors fonction (l'utilisation de la fréquence du réseau pour servir de consigne à l'asservissement de vitesse doit être désactivé) suite à la synchronisation de la centrale 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 télé-déclenchement pour assurer la séparation de la centrale et du réseau lors de défauts ou de l'opération des systèmes de protection situés sur le réseau de distribution.



PROJET

8.10.3 Synchronisation de la centrale

Suite à l'activation des protections de la centrale, cette dernière ne devra pas reprendre sa production en parallèle au réseau avant qu'il ne soit stabilisé.

Hydro-Québec indiquera, dans son instruction commune d'exploitation, s'il est nécessaire de contacter le centre d'exploitation de distribution (CED) avant chaque reprise de production.

8.10.3.1 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 commun de raccordement doit respecter la norme C.22.2 (voir paragraphe 7.1).

8.10.3.2 Alternateurs asynchrones

La synchronisation des alternateurs au réseau de distribution 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 commun de raccordement doit respecter la norme C.22.2 (voir paragraphe 7.1).

8.10.3.3 Onduleurs

Hydro-Québec ne définit pas les paramètres de synchronisation. Toutefois, le niveau de perturbation de la tension au point commun de raccordement doit respecter la norme C.22.2 (voir paragraphe 7.1).

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 et de ses installations. En effet, certaines conditions d'exploitation du réseau et/ou des installations du producteur peuvent provoquer des surtensions ou des phénomènes de résonance (ex : auto-excitation de machines, ferrorésonance, 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.

Au moment de la conception des protections de la centrale, le Producteur devra tenir compte des pratiques de réenclenchement du réseau de distribution local. En effet, un réenclenchement hors-phase pourrait endommager considérablement ses équipements. Le représentant d'Hydro-Québec pourra fournir plus d'information à la demande du producteur.

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. Ainsi, aucune protection ne doit occasionner directement ou indirectement, de déclenchement de groupe de production pour les variations de tension ou de fréquence comprises dans les zones de déclenchement prohibé présentées au paragraphe 10.7.

10 Exigences relatives à la protection du réseau de distribution

Le présent article traite des exigences d'Hydro-Québec relatives aux systèmes de protection installés à la centrale pour assurer la protection du réseau de distribution. 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.

10.1 Arrêt de l'injection de puissance en parallèle au réseau

Afin de prévenir des dommages aux installations du producteur et d'Hydro-Québec, la centrale doit cesser sa production en parallèle au réseau de distribution à la suite de tout défaut de toute nature situé dans les installations du producteur ou sur le réseau de distribution. Le pouvoir de coupure du dispositif de protection utilisé doit permettre d'interrompre ces défauts.

10.2 Types de protection

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 de distribution.

Ces protections servent principalement à détecter une situation de défaut sur le réseau de distribution ou dans l'installation du producteur. Elles permettent aussi de détecter une situation pouvant conduire à l'îlotage de la centrale suite à une ouverture accidentelle ou au déclenchement d'un appareil du réseau de distribution.

10.2.1 Protection primaire ou contre les défauts du réseau de distribution

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

Cependant, les situations suivantes pourraient rendre inefficace et inacceptable la protection de surintensité :

- 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 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 paragraphe 10.7, par exemple, lors de l'utilisation d'un onduleur présentant une faible capacité de court-circuit ;
- la contribution de la centrale aux défauts s'avère trop importante et dégrade la coordination des fusibles du réseau de distribution.

Suite à l'approbation d'Hydro-Québec, une protection à retenue de tension (fonction 51V) et une protection de surintensité de neutre (fonction 50/51N) pourraient être utilisées. Finalement, Hydro-Québec pourrait accepter que la protection de réserve constitue une protection primaire (solution généralement acceptée pour les onduleurs et alternateurs asynchrones).

La protection primaire (fonctions 50/51 et 50/51N) peut être remplacée par un jeu de fusibles, sur approbation d'Hydro-Québec, en autant que les conditions suivantes soient respectées :

- dans le cas d'un défaut dans les installations du producteur, les fusibles doivent être coordonnés avec la protection lente du poste d'Hydro-Québec et celle du transformateur de distribution;
- dans le cas des défauts sur le réseau de distribution, la contribution de la centrale ne doit pas provoquer la fusion du fusible avant que le dispositif de protection de la centrale ne déclenche et isole le défaut.
- la contribution de la centrale aux défauts phase-terre du réseau de distribution ne doit pas entraîner la fusion du fusible ou faire en sorte d'empêcher le déclenchement du mécanisme de protection d'Hydro-Québec

Puisque le transformateur de distribution, appartenant à Hydro-Québec, est protégé par fusible, il pourrait être requis d'installer un relais d'intensité à équilibre des phases (fonction 46) avec disjoncteur et/ou une impédance de mise à la terre à l'alternateur.

10.2.2 Protection de réserve ou contre l'îlotage

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

- lorsque disponible, protection active d'anti-îlotage pour les onduleurs certifiés selon les normes reconnues par Hydro-Québec (tel que la norme CSA C22.2 No. 107.1-01).
- protections de sous-tension et de surtension (fonctions 27 et 59); Ces protections doivent être triphasées dans le cas d'un raccordement triphasé et monophasé dans le cas d'un raccordement monophasé.
- protections de sous-fréquence et de surfréquence (fonctions 81U et 81O). Ces protections sont généralement monophasées.

10.2.3 Protections supplémentaires à la centrale

Toute autre protection jugée nécessaire peut être exigée par Hydro-Québec.

À titre d'exemples, les situations suivantes peuvent exiger des protections supplémentaires :

- Le maintien de la régulation de vitesse asservie par la fréquence du réseau pourrait nécessiter une fonction de télédéclenchement;
- le raccordement au réseau par un régime du neutre qui ne serait pas effectivement mis à la terre pourrait nécessiter l'utilisation d'une protection de surtension instantanée de terre (fonction 59G).

10.3 Modèles de relais

Les modèles de relais pouvant être utilisés pour la protection du réseau de distribution sont énumérés dans une liste disponible sur le site Internet d'Hydro-Québec. Ces relais sont acceptés par Hydro-Québec et ont été sélectionnés en fonction des performances requises pour assurer la protection de son réseau.

Pour les centrales de plus de 300 kW (excluant les onduleurs approuvés par Hydro-Québec), la protection primaire et la protection de réserve 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.

L'utilisation de fonctions de protection intégrées aux onduleurs est permise si l'onduleur a été certifié selon les normes reconnues par Hydro-Québec (CSA C22.2 No. 107.1-01, UL1741).

10.4 Alimentation des relais

Pour les centrales de plus de 300 kW, excluant les onduleurs certifiés, 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. La perte d'un ou de plusieurs circuits de déclenchement des systèmes de protection qui sont raccordés au dispositif de protection doit provoquer le déclenchement de celui-ci sans temporisation.

Pour les centrales de 300 kW et moins et les centrales utilisant un onduleur certifié, d'autres méthodes ou systèmes peuvent être acceptés par Hydro-Québec s'il peut lui être démontré que le dysfonctionnement du système de protection de la centrale déclenchera la centrale sans temporisation ou si l'onduleur est certifié selon les normes reconnues par Hydro-Québec. Lors de la certification des onduleurs, il a été vérifié qu'ils n'injecteront pas de courant ou de puissance au réseau de distribution tant que ce dernier n'est pas stabilisé.

10.5 Conditionnement de la fermeture du dispositif de protection

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, autorisés par Hydro-Québec, 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 (27) doivent être insérés en série dans le circuit d'enclenchement du dispositif de protection. De plus, tout mécanisme permettant la fermeture manuelle du dispositif de protection doit être désactivé ou condamné de façon permanente.

Pour les centrales utilisant un onduleur certifié, la certification de l'équipement a permis de vérifier que l'intension de ce paragraphe était respectée.

10.6 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 ;
- ils doivent être installés le plus près possible du dispositif de protection (côté réseau) ;
- 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 transformateur de courant supplémentaire peut être installé dans le neutre pour détecter les défauts de terre.

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

10.7 Coordination et réglages des protections

10.7.1 Généralités

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 de distribution.

- lors de défauts de phase ou de terre sur le réseau de distribution, le déclenchement du dispositif de protection 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 convertisseurs de puissance, il est acceptable, pour les défauts phase-terre, que le déclenchement du dispositif de protection de la centrale soit initié par la protection de réserve ou contre l'îlotage ;
- les protections de la centrale doivent être en mesure de détecter tous les défauts que les protections d'Hydro-Québec sont en mesure de détecter et ce, incluant les défauts résistifs sur le réseau MT, avec une impédance de 13,3 ohms ($3R_f = 40$ ohms) ;



- les systèmes de protection de la centrale ne doivent pas permettre la fermeture du dispositif de protection en absence de tension sur le réseau de distribution ;
- lors de défauts sur le réseau de distribution, l'aveuglement temporaire d'une source par une autre n'a pas d'importance en autant que le défaut soit isolé par les systèmes de protection. L'ordre de déclenchement entre les dispositifs de protection du réseau de distribution sur la ligne de raccordement et celui de la centrale n'a pas d'importance ;
- toute situation pouvant conduire à l'flotage 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. Ce dernier doit être ajusté à au moins 5 secondes si sa refermeture n'a pas été conditionnée à l'absence de tension ;
- le déséquilibre normal de la charge sur le réseau de distribution ne doit pas entraîner le déclenchement du dispositif de protection de la centrale.

10.7.2 Protection de fréquence

Les seuils de déclenchement en fréquence exigés par Hydro-Québec sont présentés au tableau III et à la figure 3.

Tableau III
Seuils de déclenchement en fréquence exigés par Hydro-Québec

| Fréquence | Durée de la condition avant déclenchement |
|--|---|
| $f \leq 57 \text{ Hz}$ | instantané |
| $57 \text{ Hz} < f \leq 58 \text{ Hz}$ | 0,5 seconde |
| $58 \text{ Hz} < f < 61,5 \text{ Hz}$ | Déclenchement prohibé |
| $61,5 \text{ Hz} \leq f < 62 \text{ Hz}$ | 0,5 seconde |
| $f \geq 62 \text{ Hz}$ | instantané |

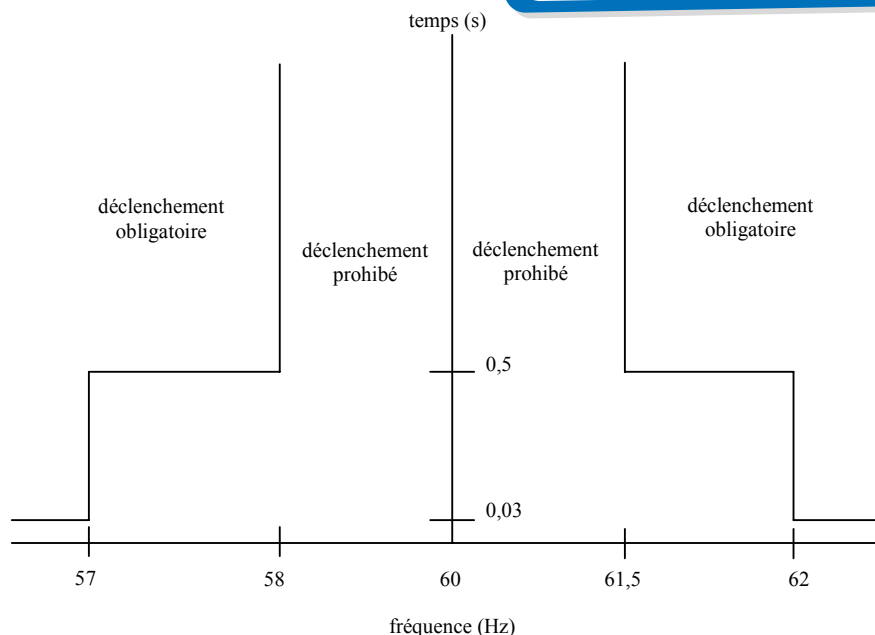


Figure 2 Seuils de déclenchement en fréquence exigés par Hydro-Québec

Dans le cas des onduleurs certifiés selon la norme CSA C22.2 No. 107.1-01, il pourrait ne pas être possible d'ajuster les protections en fréquence aux valeurs exigées par Hydro-Québec (voir Annexe E). Dans ce cas, le représentant d'Hydro-Québec pourrait accepter des ajustements différents. Les réglages devront être ajustés à des valeurs les plus près possibles des réglages exigés par Hydro-Québec.

10.7.3 Protections de tension

Les protections de tension doivent :

- constituer une protection efficace contre l'îlotage sur une ligne de distribution ou sur la charge de la barre du poste;
- constituer une protection de réserve efficace contre les défauts sur le réseau de distribution;
- pouvoir interrompre la production dans un délai raisonnable advenant un problème de régulation de tension à la centrale;

Les réglages du Tableau 2 et de la Figure 3 permettent de satisfaire aux exigences.

Tableau 2 Réglages de la protection de tension

| Amplitude (% de tension nominale, voir note 1) | Durées minimales pour lesquelles les centrales doivent demeurer en service sans déclenchement |
|---|---|
| V < 50 % | 0,1 seconde |



| | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| $50 \% \leq V < 88 \%$ | 2 secondes |
| $88 \% \leq V \leq 106 \%$ | déclenchement prohibé |
| $106 \% < V \leq 120 \%$ (note 2) | 2 minutes |
| $120 \% < V \leq 137 \%$ (note 3) | 2 secondes |
| $V \geq 137 \%$ | 0,1 seconde |

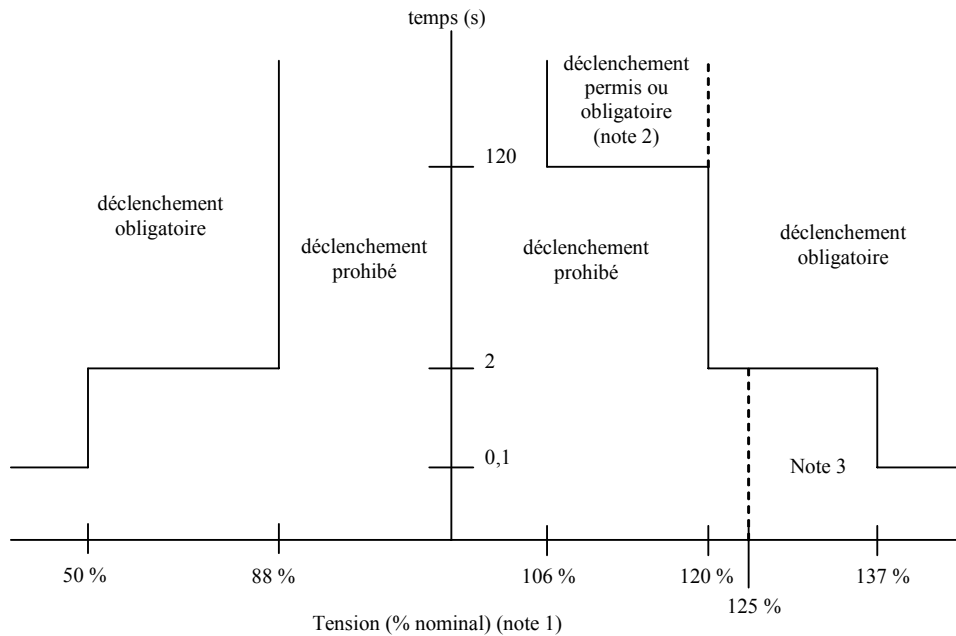


Figure 3 Réglages de la protection en tension

- Note 1 :** L'amplitude représente la tension de composante directe à la fréquence fondamentale en pourcentage de la tension nominale du réseau où se raccorde la centrale (voir Tableau 1).
- Note 2 :** Déclenchement permis ou obligatoire, selon le cas, afin de permettre le respect de la norme CSA/ACNOR No. CAN3-C235-83. Elle peut être obligatoire dans les cas où la centrale est raccordée sur une ligne qui alimente des clients et lorsque la production est importante.
- Note 3 :** Les installations utilisant de l'électronique de puissance pour le raccordement (onduleurs, éoliennes à alimentation double) doivent demeurer en fonctionnement dans la zone de déclenchement prohibé sauf pour les tensions supérieures à 125 % où un blocage temporaire est accepté.

10.8 Étude de protection

Sauf avis contraire d'Hydro-Québec, le producteur devra lui remettre 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 que Hydro-Québec et le producteur ne 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 de distribution. Ces modifications pourraient retarder l'autorisation de la mise en service.

En général, l'étude de protection finale, incluant les réglages définitifs, doit être remise à Hydro-Québec au moins 2 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 de ses installations.

10.9 Scellage des protections

Aucune modification des réglages des protections ne devra être effectuée sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec. Le scellage par mot de passe est accepté par Hydro-Québec. L'accessibilité aux réglages des protections doit être limitée au personnel reconnu compétent.

11 Production en mode îloté

Hydro-Québec ne permet pas la production en mode îloté sur les charges autres que celles du producteur, pour les centrales encadrées par cette norme (voir article 12).

12 Production en urgence

Le producteur pourra alimenter ses propres charges en urgence. Pour se faire son équipement de production devra être déconnecté du réseau de distribution et son installation devra être dotée d'un appareil de commutation à commande manuelle ou automatique autorisé par Hydro-Québec (règlement 634, clause 70). Cet appareil permet d'assurer l'incapacité de la centrale de produire en parallèle au réseau de distribution lorsque ce dernier est hors tension.

13 Inspection et essai de vérification

Au moment d'effectuer la mise en service des équipements de production de la centrale de même que suite à la modification des installations du Producteur, tel que précisé au paragraphe 6.4, une inspection de la centrale de même qu'un essai de vérification pourraient être effectués par un représentant d'Hydro-Québec.

Lors de l'inspection, le représentant d'Hydro-Québec validera les informations qui lui auront été transmises (l'annexe A peut être utilisée à cet effet) dont notamment la version du microcode de l'onduleur et les réglages des relais de protection, le cas échéant. Il vérifiera aussi que l'installation est conforme au schéma unifilaire et que les équipements de production sont raccordés du côté charge du coffret de branchement.

Un essai de vérification est requis pour toute centrale ayant la capacité de fonctionner en urgence (déconnecté du réseau de distribution) et pour les centrales présentant un stockage d'énergie notamment sous forme d'accumulateurs électrochimiques (batteries), autre que pour les services auxiliaires. Un exemple de procédure d'essai est présenté à l'annexe D.

PROJET

14 Maintenance

Le producteur a l'obligation d'assurer le maintien des équipements de la centrale en bon état de fonctionnement. La maintenance des équipements de production et de protection de la centrale devra être effectuée selon les recommandations du(des) manufacturier(s) ainsi que selon les particularités présentées dans la norme E.12-03 "Maintenance préventive des équipements de protection dans les centrales des producteurs privés", lorsque applicable.

15 Responsable de l'implantation

Le directeur de la direction Planification du Réseau est responsable de l'implantation de la présente norme.

16 Responsables de l'application

Le chef Plan du Réseau est responsable de l'application de la présente norme.

Annexe A

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

1. Nom, prénom du client

| |
|--|
| |
|--|

2. Adresse civique du client

| | |
|------------------|--|
| # civique, appt. | |
| Rue | |
| Ville | |
| Code postal | |

3. Numéro de téléphone du client :

Au travail : _____ Résidence : _____

4. Adresse civique de l'appareillage de production d'électricité (si différente de l'adresse civique du client)

| | |
|------------------|--|
| # civique, appt. | |
| Rue | |
| Ville | |
| Code postal | |

5. Brève description du site et du projet

| |
|--|
| |
|--|

6. Particularités du projet (protection supplémentaire, consigne quelconque, etc.)

| |
|--|
| |
|--|

7. Date de mise en service prévue

| | |
|-------------|--|
| Date prévue | |
|-------------|--|

8. Schéma de localisation des équipements de production



Fournir un schéma de localisation des différents équipements de production

9. Informations générales sur les équipements de production

| | Alternateur synchrone | Alternateur asynchrone | Convertisseur de puissance |
|--------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| Nombre | | | |

a. Alternateurs synchrones (*remplir pour chaque unité*):

| Paramètres | Données |
|--|---------|
| manufacturier | |
| modèle | |
| puissance nominale (kVA) | |
| tension nominale (120, 240, 347, 600, autre) (V) | |
| Nombre de phases (monophasé/triphasé) | |
| 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 | |

PROJET

b. Alternateurs asynchrones (remplir pour chaque unité):

| Paramètres | Données |
|--|---------|
| manufacturier | |
| modèle | |
| puissance nominale (kVA) | |
| tension nominale (120, 240, 347, 600, autre) (V) | |
| Nombre de phases (monophasé/triphasé) | |
| 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 |
|--|---------|
| manufacturier | |
| modèle | |
| Version du microcode ("firmware") | |
| Source d'énergie (solaire, gaz naturel, biomasse, ...) | |
| Puissance active nominale de l'onduleur (kW) | |
| Puissance apparente nominale de l'onduleur (kVA) | |
| Tension nominale c.a. (120, 240, 347, 600, autre) (V) | |
| Nombre de phases (monophasé/triphasé) | |
| Facteur de puissance nominal | |
| à 100% de puissance nominale | |
| Ajustable ? (Oui/Non) | |



| | |
|---|--|
| Si ajustable, plage de variation possible | |
| Capacité de court-circuit c.a. (A crête/durée) | |
| Courant de démarrage (A crête) | |
| Certifié selon la section 15 de la CSA C22.2 No. 107.1-01 (oui/non)* | |
| Version du microcode (firmware) au moment de la certification à la norme CSA C22.2 No. 107.1-01 | |
| Certifié UL 1741 (oui/non)* | |

*Fournir toute autre certification disponible de même que les preuves de certification

10. Mode d'exploitation des équipements de production

- Puissance constante
- Écrêtage (effacement de charge)
- Autre : _____

11. Transformateurs

Lorsque des transformateurs sont utilisés entre l'équipement de production et le point de raccordement, les informations suivantes devront 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.

12. Profil annuel de production envisagé

Valeurs mensuelles moyennes de puissance produite évaluées pour une année type (kW).

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

13. Schéma unifilaire de l'installation envisagée

- Fournir un schéma unifilaire de principe.



Hydro Québec politique directive norme méthode

corporative sectorielle

| | | | |
|--------|---------|----|----|
| numéro | E.12-05 | | |
| page | 32 | de | 42 |

PROJET

13. Schéma de commande et de protection

Fournir un schéma de commande et de protection.

14. Production prévue en mode d'urgence

Oui

Non

Norme

| |
|--------|
| Numéro |
|--------|

| |
|---------|
| E.12-05 |
|---------|

PROJET

ANNEXE B

**Schémas types de raccordement et de protection
des installations**

PROJET

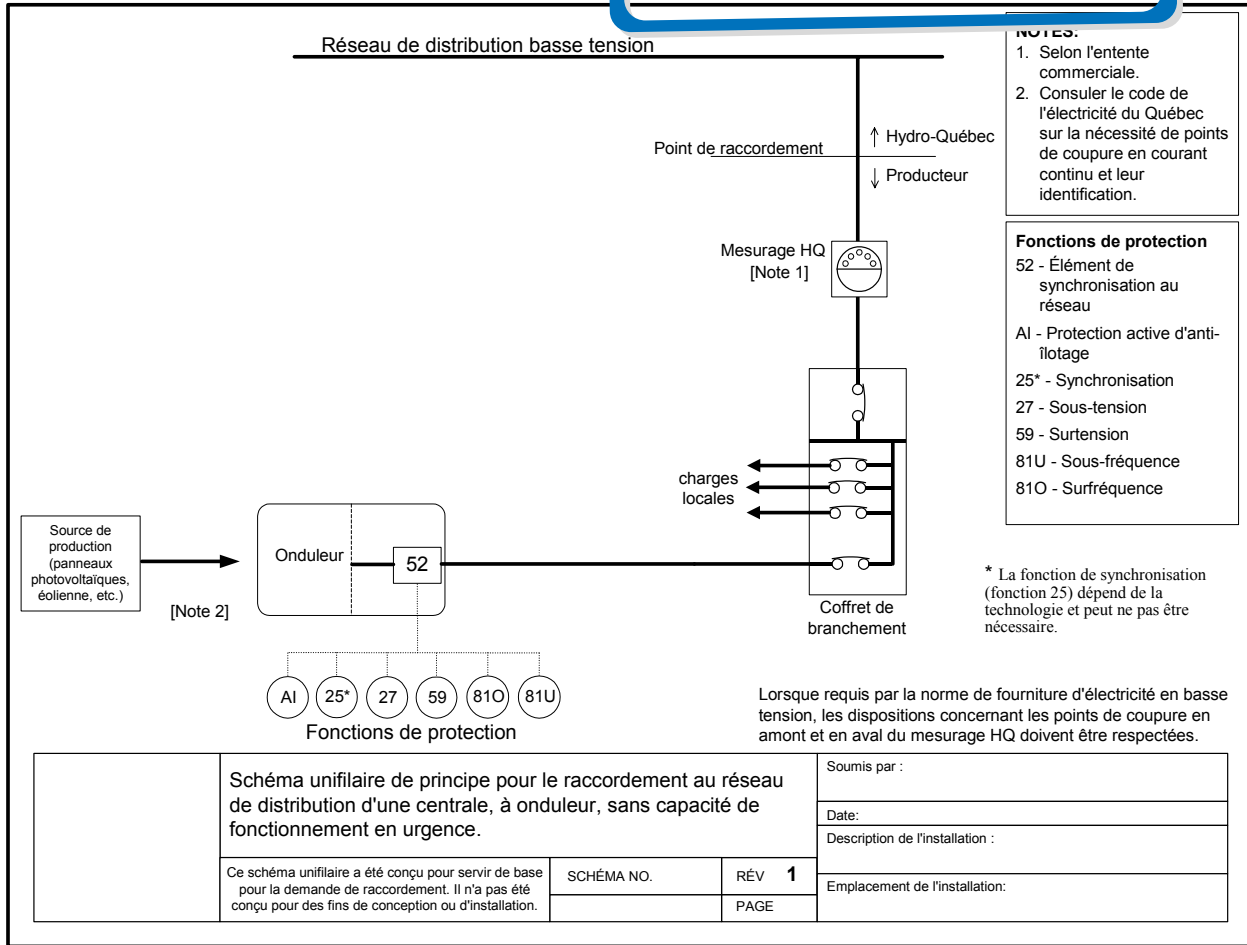


Figure 4 Exemple de schéma de principe pour le raccordement d'une centrale à onduleur sans capacité de fonctionnement autonome (urgence)

PROJET

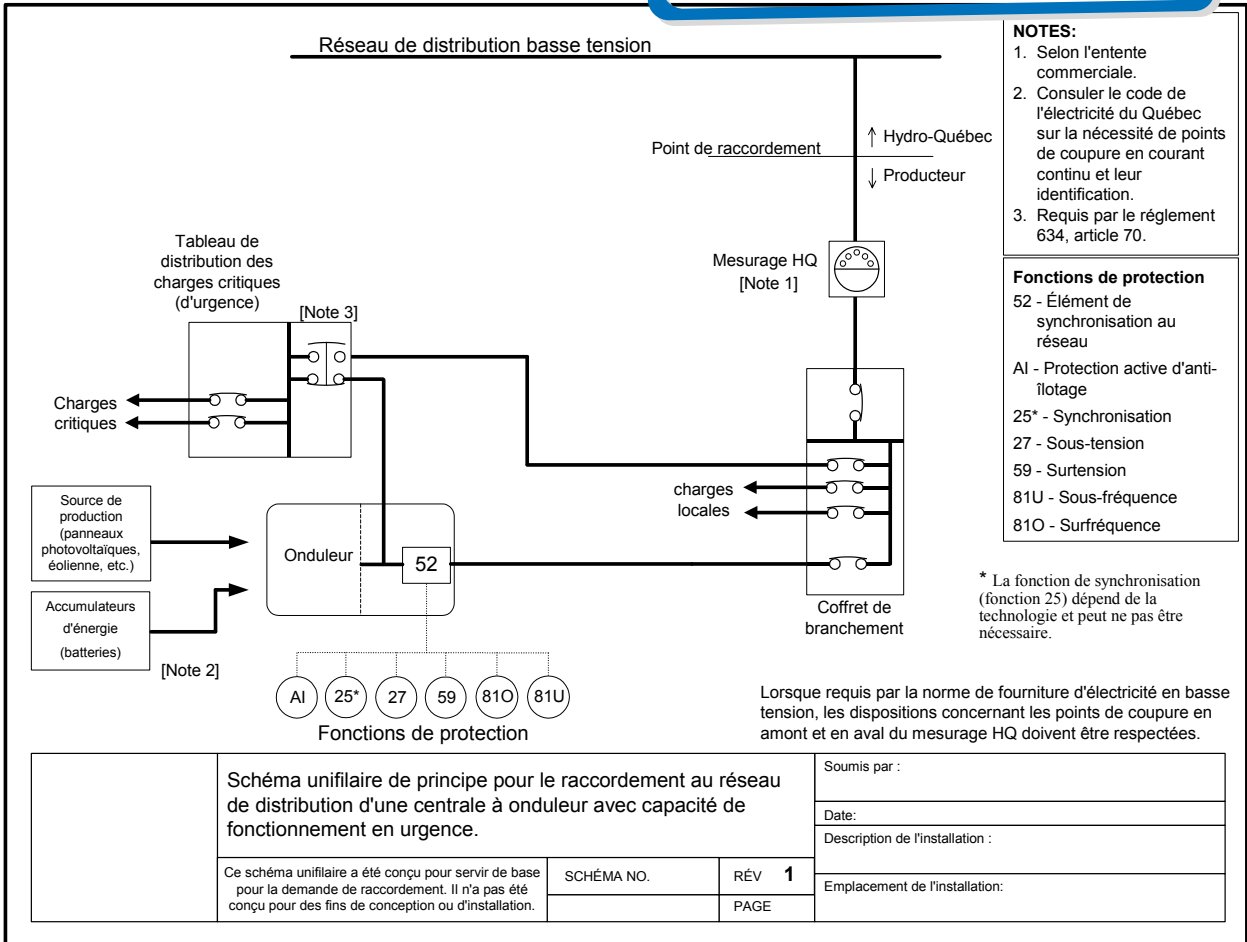


Figure 5 Exemple de schéma de principe pour le raccordement d'une centrale à onduleur avec capacité de fonctionnement autonome (urgence)

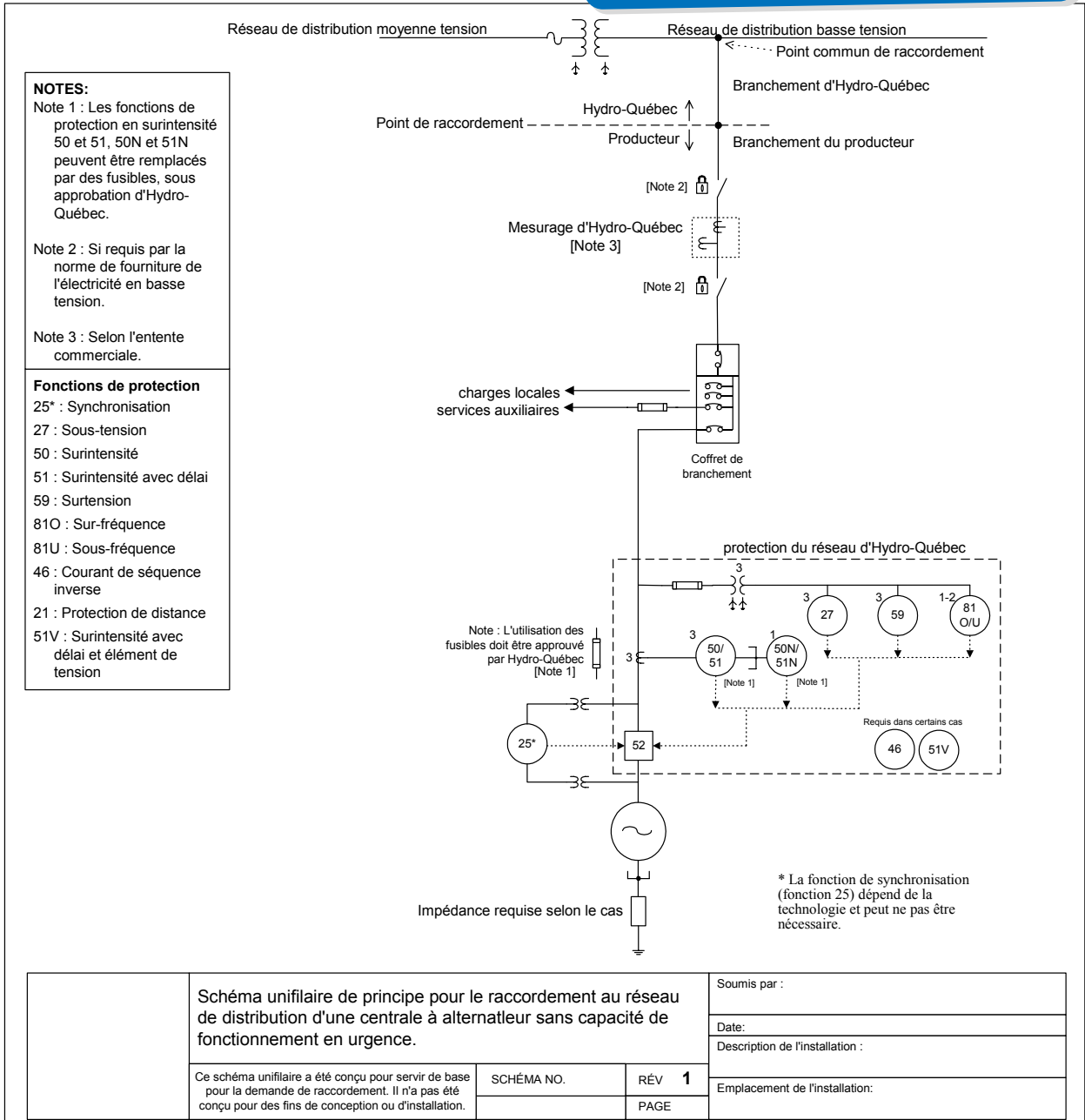
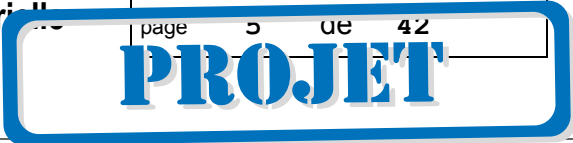


Figure 6 Exemple de schéma de principe pour le raccordement d'une centrale à alternateur triphasé sans capacité de fonctionnement autonome (urgence)

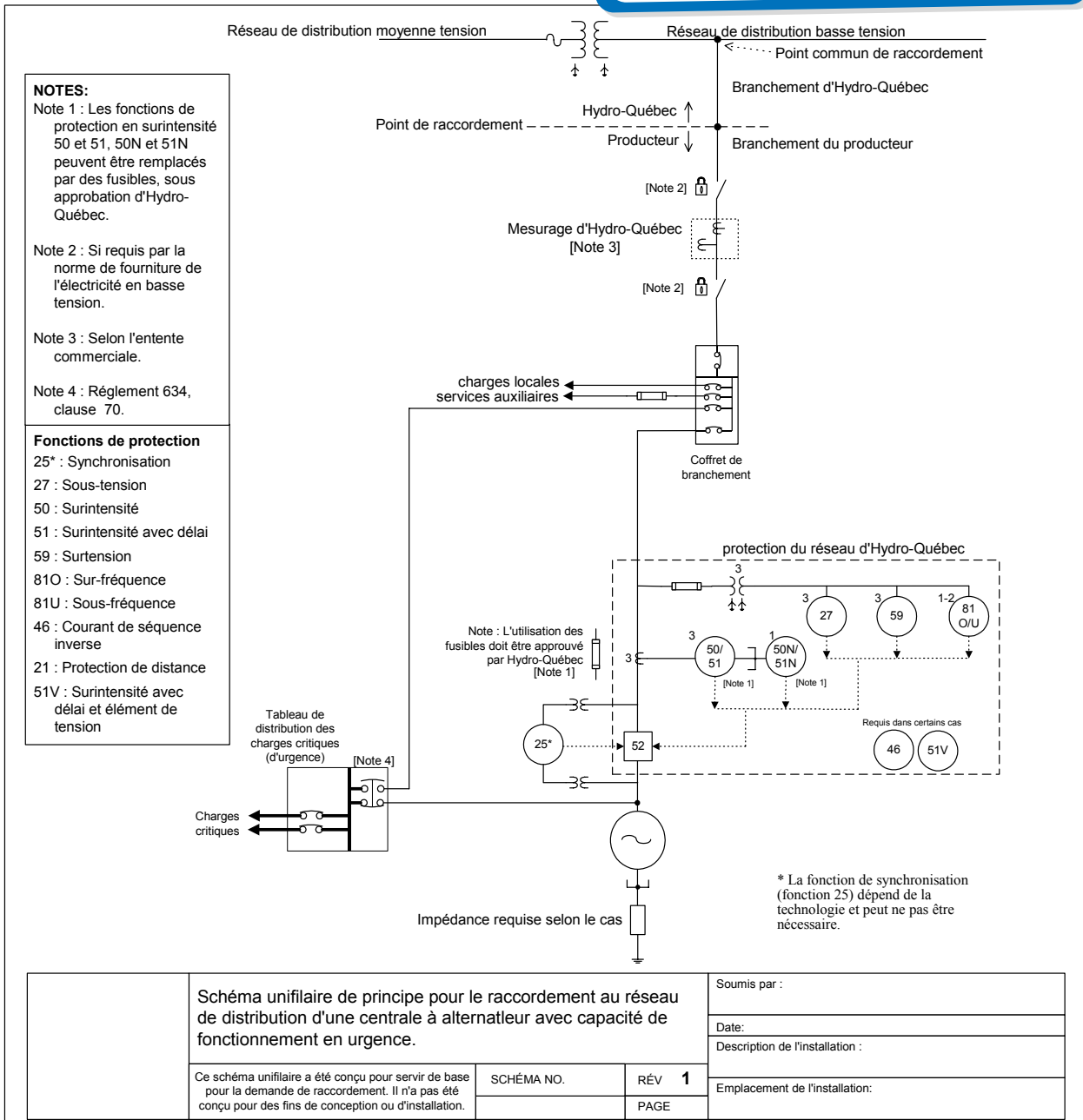


Figure 7 Exemple de schéma de principe pour le raccordement d'une centrale à alternateur triphasé avec capacité de fonctionnement autonome (urgence)

ANNEXE C

Contenu des études de protection des producteurs

Le producteur doit remettre à Hydro-Québec une étude de protection approuvée par un ingénieur 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 de distribution
- Particularités du projet (protection supplémentaire, consigne quelconque, etc.)
- Développements futurs (puissance additionnelle)

Section 2 : Caractéristiques des installations et du réseau de distribution

- Schéma unifilaire des installations de la centrale
- Caractéristiques électriques des transformateurs, des équipements de production et des systèmes de protection
 - Alternateurs
 - Transformateurs
 - Dispositif de protection (particulièrement le disjoncteur principal)
 - Inductance ou résistance de Mises à la Terre (MALT)
 - Relais de protection
 - Transformateurs d'instrumentation pour la protection
 - Système d'excitation

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

- Caractéristiques mécaniques des groupes
 - Constantes d'inertie des turbines et des alternateurs en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ou $\text{MW}\cdot\text{s}/\text{MVA}$
- Caractéristiques du réseau de distribution
 - Schéma unifilaire de la ligne (avec caractéristiques des conducteurs)
 - Schéma unifilaire du poste
 - Courbes de réglages des systèmes de protection du réseau de Distribution 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 MALT des génératrices ou du transformateur utilisé par le producteur pour raccorder la centrale au réseau de distribution BT.
- Calcul des défauts 3 Φ , Φ - T et Φ -T ($R_f = 13,3 \Omega$) :



- À 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)

Les calculs de défauts doivent être effectués en considérant :

- la contribution du réseau de distribution 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 n'est pas requis de fournir le détail des calculs, un exemple pour un cas de défaut triphasé et un cas de défaut phase-terre est suffisant.

- 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 de distribution 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 de raccordement (si requis)

Annexe 3 : Calcul relatif aux perturbations harmoniques au point de raccordement (si requis)

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

Norme

Numéro

E.12-05

PROJET

**Annexe D (informative)
Procédure type d'essai de vérification**

Cet essai permet d'obtenir une certaine assurance du bon fonctionnement des systèmes servant à la protection du réseau de distribution.

Une succession d'un minimum de 5 essais devra être effectuée afin d'assurer une confiance minimale.

L'essai consiste à vérifier 2 fonctionnalités de l'équipement de production ou de raccordement au réseau, soit :

1. Incapacité à supporter une condition d'îlotage pour une durée supérieure à 2 secondes;
2. Délai d'attente minimum de 5 minutes à la suite à l'activation des protections et du retour du réseau stabilisé avant la synchronisation de la production électrique au réseau.

L'essai se déroule comme suit :

- a) L'équipement doit être en mode de production, raccordé au réseau de distribution.
- b) Une charge minimale doit être raccordée et en fonctionnement dans l'installation du producteur (chauffage, éclairage, ...).
- c) Le représentant d'Hydro-Québec demande au producteur ou à son représentant d'actionner le sectionneur principal de son coffret de branchement.
- d) La durée entre l'ouverture du sectionneur principal et le déclenchement de la centrale doit être approximativement de 2 secondes ou moins.
Au besoin, une mesure de courant pourra être effectuée sur le conducteur reliant l'onduleur ou l'alternateur au coffret de branchement.
- e) Suite à l'activation des fonctions de protection de la centrale, le sectionneur principal est refermé par le producteur ou son représentant.
- f) La durée minimale entre la refermeture du sectionneur principal et la reprise de production ou synchronisation de la centrale au réseau doit être approximativement de 5 minutes.

Si, au cours d'un des essais, l'une des 2 fonctionnalités n'est pas respectée, des essais plus spécifiques devront être réalisés. L'utilisation d'un appareil de mesure plus sophistiqué pourrait être nécessaire pour s'assurer que l'équipement respecte ou non ces deux fonctionnalités, en mesurant la tension au coffret de branchement et le courant dans le conducteur reliant l'équipement de production au coffret de branchement.

ANNEXE E

Particularité de la fréquence du réseau d'Hydro-Québec

La présente norme s'applique à toutes les centrales raccordées au réseau de distribution basse tension, incluant les centrales utilisant des onduleurs certifiés selon la section 15 de la norme CSA C22.2 n° 107.1-01. Au moment de la rédaction du présent document, les onduleurs certifiés selon cette norme CSA doivent déclencher aux seuils de fréquence présentés au tableau suivant:

**Seuils de déclenchement en fréquence
de la section 15 de la norme CSA C22.2 n° 107.1-01**

| Fréquence | Nombre maximal de cycles de 60 Hz avant déclenchement. |
|---------------|--|
| $f < 59,5$ Hz | 6 |
| $f > 60,5$ Hz | 6 |

Cette exigence signifie que l'onduleur certifié cessera sa production électrique dès que la fréquence électrique mesurée sera soit :

- inférieure à 59,5 Hz pour une durée maximale de 0,1 seconde;
- supérieure à 60,5 Hz pour une durée maximale de 0,1 seconde.

De plus, l'onduleur s'assurera que la fréquence mesurée soit entre 59,5 Hz et 60,5 Hz pour une période minimale de 5 minutes avant de reprendre son injection de puissance au réseau de distribution.

Le réseau électrique principal d'Hydro-Québec présente certaines différences par rapport à la grande majorité des réseaux nord-américains. En effet, il n'est pas interconnecté aux réseaux voisins par des liens synchrones et est majoritairement alimenté par des centrales hydrauliques. Ces deux caractéristiques font en sorte que sa fréquence (nominale à 60 Hz) varie normalement de $\pm 1\%$ (soit de 59,4 Hz à 60,6 Hz). Plus d'informations sont disponibles dans le document *Caractéristiques et cibles de qualité de la tension fournie par les réseaux moyenne et basse tension d'Hydro-Québec*. En moyenne, près de 12 événements par année font en sorte que la fréquence du réseau atteigne une valeur comprise entre 59,5 Hz et 59 Hz. De plus, de un à deux événements par année font en sorte que la fréquence du réseau atteigne une valeur comprise entre 60,5 Hz et 61 Hz.

Pour le producteur, cette particularité fait en sorte que ces équipements, en utilisant les seuils de déclenchement prévus par la norme CSA, seront plus sensibles lorsqu'ils sont raccordés au réseau d'Hydro-Québec que s'ils étaient raccordés à un autre réseau. Les équipements du producteur pourront présenter des déclenchements plus fréquents en sous-fréquence ("under frequency") ou surfréquence ("over frequency"). Ces déclenchements intempestifs ne sont ni nécessaires ni souhaitables pour l'utilisation d'équipement de production raccordé au réseau d'Hydro-Québec.

Pour Hydro-Québec, qui a la responsabilité d'assurer la stabilité de son réseau, il est nécessaire que les seuils de déclenchement en fréquence soient réglés à des seuils suffisamment éloignés de la fréquence nominale. Ceci permet de limiter les déclenchements de centrale et donc les variations de la puissance injectée à son réseau, pendant son fonctionnement normal. Cependant, ces seuils ne doivent pas être non plus réglés à des seuils trop éloignés de la fréquence nominale pour assurer la sécurité de ses employés et du public en général.

Hydro-Québec œuvre au sein des organismes nationaux de normalisation afin de faire reconnaître la particularité du réseau québécois et assurer la disponibilité, à moyen terme, d'équipements compatibles avec son réseau.

Préliminaire