

**EXIGENCES TECHNIQUES DU TRANSPORTEUR  
RELATIVES AU RACCORDEMENT DES CENTRALES  
ÉLECTRIQUE AU RÉSEAU D'HYDRO-QUÉBEC**

Direction Planification des actifs

Février 2009

# Table des matières

|                                                                                                                                            | PAGE      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION .....</b>                                                                                             | <b>1</b>  |
| 1.1 OBJET .....                                                                                                                            | 1         |
| 1.2 DOMAINE D'APPLICATION .....                                                                                                            | 2         |
| <b>2. DEFINITIONS.....</b>                                                                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>3. POINT DE RACCORDEMENT ET ETUDES REQUISES .....</b>                                                                                   | <b>12</b> |
| 3.1 RACCORDEMENT .....                                                                                                                     | 12        |
| 3.1.1 Détermination de la solution de raccordement de la centrale.....                                                                     | 12        |
| 3.1.2 Point de raccordement.....                                                                                                           | 12        |
| 3.1.2.1 Centrale n'appartenant pas à Hydro-Québec .....                                                                                    | 13        |
| 3.1.2.2 Centrale appartenant à Hydro-Québec .....                                                                                          | 15        |
| 3.2 ÉTUDES REQUISES .....                                                                                                                  | 15        |
| 3.2.1 Responsabilité du producteur quant aux informations techniques à transmettre<br>au transporteur .....                                | 16        |
| 3.2.2 Étude d'intégration.....                                                                                                             | 16        |
| 3.2.3 Étude d'avant-projet.....                                                                                                            | 17        |
| 3.2.4 Étude de protection des installations du producteur .....                                                                            | 18        |
| <b>4. EXIGENCES GENERALES .....</b>                                                                                                        | <b>19</b> |
| 4.1 RESEAU « BULK » .....                                                                                                                  | 19        |
| 4.2 EXIGENCES GENERALES RELATIVES A LA CONCEPTION, A LA REALISATION ET A<br>L'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS DU PRODUCTEUR .....           | 20        |
| 4.2.1 Exigence relative à la perte maximale de production suite à une contingence simple ...                                               | 20        |
| 4.2.2 Exigences concernant le comportement de la centrale lors de perturbations dan<br>le réseau de transport .....                        | 20        |
| 4.2.2.1 Exigence minimale applicable à toutes les centrales .....                                                                          | 20        |
| 4.2.2.2 Exigence supplémentaire applicable aux centrales requises pour protéger l'intégrité<br>des équipements du réseau de transport..... | 23        |
| 4.2.3 Îlotage de la centrale .....                                                                                                         | 24        |
| 4.2.4 Démarrage en mode autonome.....                                                                                                      | 24        |
| 4.3 ACCES AUX INSTALLATIONS DU PRODUCTEUR ET DROITS SUR SA PROPRIETE POUR<br>LA LIGNE DE RACCORDEMENT .....                                | 25        |
| <b>5. EXIGENCES RELATIVES A LA TENSION ET A LA FREQUENCE .....</b>                                                                         | <b>26</b> |
| 5.1 PLAGES DE TENSION EN REGIME PERMANENT .....                                                                                            | 26        |
| 5.2 PLAGE DE FREQUENCE EN REGIME PERMANENT .....                                                                                           | 26        |

|           |                                                                                                                                            |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3       | REGULATION DE LA TENSION, SYSTEME D'EXCITATION ET REGULATION DE LA FREQUENCE ...                                                           | 27        |
| 5.3.1     | <i>Régulation de tension</i> .....                                                                                                         | 27        |
| 5.3.2     | <i>Système d'excitation statique</i> .....                                                                                                 | 28        |
| 5.3.3     | <i>Régulation de fréquence</i> .....                                                                                                       | 29        |
| 5.4       | QUALITE DE L'ONDE ELECTRIQUE – LIMITES D'EMISSION .....                                                                                    | 29        |
| 5.4.1     | <i>Variations rapides de tension et papillotement</i> .....                                                                                | 30        |
| 5.4.2     | <i>Harmoniques</i> .....                                                                                                                   | 30        |
| 5.4.3     | <i>Exigences additionnelles en matière de qualité de l'onde électrique</i> .....                                                           | 31        |
| 5.5       | SYNCHRONISATION .....                                                                                                                      | 32        |
| <b>6.</b> | <b>EXIGENCES RELATIVES A L'APPAREILLAGE .....</b>                                                                                          | <b>33</b> |
| 6.1       | REGIME DU NEUTRE.....                                                                                                                      | 33        |
| 6.1.1     | <i>Régime du neutre du réseau de transport</i> .....                                                                                       | 33        |
| 6.1.2     | <i>Réseau effectivement mis à la terre</i> .....                                                                                           | 34        |
| 6.1.3     | <i>Réseau non effectivement mis à la terre</i> .....                                                                                       | 35        |
| 6.2       | CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES GENERALES DE L'APPAREILLAGE .....                                                                             | 35        |
| 6.3       | SECTIONNEURS DE RACCORDEMENT .....                                                                                                         | 36        |
| 6.4       | PARAFOUDRES DU COTE HAUTE TENSION DU POSTE DE DEPART .....                                                                                 | 37        |
| 6.5       | DISJONCTEURS .....                                                                                                                         | 37        |
| 6.5.1     | <i>Disjoncteurs de raccordement</i> .....                                                                                                  | 37        |
| 6.6       | ALTERNATEURS SYNCHRONES ET GENERATRICES ASYNCHRONES.....                                                                                   | 38        |
| 6.7       | FACTEUR DE PUISSANCE DE CONCEPTION DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION .....                                                                     | 38        |
| 6.7.1     | <i>Alternateurs synchrones classiques synchronisés au réseau</i> .....                                                                     | 38        |
| 6.7.2     | <i>Autres types d'équipement de production</i> .....                                                                                       | 39        |
| 6.8       | CONSTANTE D'INERTIE DES GROUPES .....                                                                                                      | 39        |
| 6.9       | TRANSFORMATEURS ELEVATEURS.....                                                                                                            | 40        |
| 6.9.1     | <i>Prises</i> .....                                                                                                                        | 40        |
| 6.9.2     | <i>Connexions des enroulements des transformateurs élévateurs</i> .....                                                                    | 40        |
| 6.9.3     | <i>Valeurs d'impédance</i> .....                                                                                                           | 40        |
| 6.10      | CONVERSION EVENTUELLE DE TENSION DE CERTAINES SECTIONS DU<br>RESEAU DE TRANSPORT .....                                                     | 40        |
| 6.11      | LIGNES DE TRANSPORT ERIGÉES PAR LE PRODUCTEUR.....                                                                                         | 41        |
| <b>7.</b> | <b>EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTEMES DE PROTECTION.....</b>                                                                                 | <b>42</b> |
| 7.1       | EXIGENCES GENERALES.....                                                                                                                   | 42        |
| 7.1.1     | <i>Sélectivité des systèmes de protection des installations du producteur face aux<br/>perturbations dans le réseau de transport</i> ..... | 42        |
| 7.1.2     | <i>Exigences à respecter dans le cas d'une centrale raccordée au réseau « bulk »</i> .....                                                 | 43        |
| 7.1.3     | <i>Réenclenchement automatique</i> .....                                                                                                   | 43        |
| 7.2       | EXIGENCES RELATIVES AU REGIME DU NEUTRE .....                                                                                              | 43        |
| 7.3       | EXIGENCES RELATIVES AUX DISJONCTEURS .....                                                                                                 | 44        |

---

|            |                                                                                                                                              |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.4        | FONCTIONS MINIMALES DE PROTECTION EXIGÉES POUR LES BESOINS DU<br>RESEAU DE TRANSPORT D'HYDRO-QUEBEC .....                                    | 44        |
| 7.4.1      | Protections contre les défauts dans les installations du producteur.....                                                                     | 44        |
| 7.4.2      | Protections contre les défauts dans le réseau de transport d'Hydro-Québec.....                                                               | 44        |
| 7.4.3      | Protections de tension, protection de fréquence et Télédéclenchement.....                                                                    | 45        |
| 7.4.3.1    | Protection de tension .....                                                                                                                  | 46        |
| 7.4.3.2    | Protection de fréquence .....                                                                                                                | 46        |
| 7.4.3.3    | Télédéclenchement .....                                                                                                                      | 47        |
| 7.4.4      | Protections de défaillance de disjoncteur .....                                                                                              | 48        |
| 7.4.5      | Autres points à considérer .....                                                                                                             | 48        |
| 7.5        | EXIGENCES MINIMALES POUR LES EQUIPEMENTS ASSOCIES AUX PROTECTIONS INSTALLEES<br>POUR LES BESOINS DU RESEAU DE TRANSPORT D'HYDRO-QUEBEC ..... | 48        |
| 7.5.1      | Relais de protection et de déclenchement .....                                                                                               | 48        |
| 7.5.2      | Réglages des systèmes de protection .....                                                                                                    | 49        |
| 7.5.3      | Alimentation des systèmes de protection .....                                                                                                | 49        |
| 7.5.4      | Transformateurs de tension et de courant .....                                                                                               | 49        |
| 7.6        | SYSTEMES DE TELECOMMUNICATIONS POUR LES FONCTIONS DE TELEPROTECTION .....                                                                    | 50        |
| <b>8.</b>  | <b>EXIGENCES RELATIVES A L'EXPLOITATION ET A L'ENTRETIEN.....</b>                                                                            | <b>51</b> |
| 8.1        | EXIGENCES D'ENTRETIEN DES INSTALLATIONS DU PRODUCTEUR.....                                                                                   | 51        |
| 8.2        | EXIGENCES D'EXPLOITATION .....                                                                                                               | 51        |
| 8.3        | EXIGENCES RELATIVES AUX INFORMATIONS REQUISES POUR L'EXPLOITATION DU<br>RESEAU DE TRANSPORT .....                                            | 51        |
| 8.4        | SYSTEMES DE TELECOMMUNICATIONS POUR LES FONCTIONS D'EXPLOITATION.....                                                                        | 54        |
| <b>9.</b>  | <b>MODIFICATIONS DES INSTALLATIONS DU PRODUCTEUR .....</b>                                                                                   | <b>55</b> |
| <b>10.</b> | <b>VERIFICATION PAR LE TRANSPORTEUR.....</b>                                                                                                 | <b>55</b> |
| <b>11.</b> | <b>VERIFICATION PAR LE PRODUCTEUR.....</b>                                                                                                   | <b>56</b> |
| <b>12.</b> | <b>RAPPORTS D'ESSAIS DES EQUIPEMENTS DU PRODUCTEUR .....</b>                                                                                 | <b>57</b> |
| <b>13.</b> | <b>ENREGISTREURS D'EVENEMENTS .....</b>                                                                                                      | <b>58</b> |
| <b>14.</b> | <b>EXIGENCES COMPLEMENTAIRES SPECIFIQUES A LA PRODUCTION<br/>EOLIENNE .....</b>                                                              | <b>59</b> |
| 14.1       | POSTE DE DEPART .....                                                                                                                        | 59        |
| 14.2       | EXIGENCES CONCERNANT LE COMPORTEMENT DES CENTRALES EOLIENNES LORS DE<br>PERTURBATIONS DANS LE RESEAU DE TRANSPORT .....                      | 60        |
| 14.2.1     | Exigence lors de variation de tension.....                                                                                                   | 60        |
| 14.2.1.1   | Exigence lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through).....                                                                                | 60        |
| 14.2.1.2   | Exigence lors de surtension.....                                                                                                             | 63        |
| 14.2.2     | Exigence lors de variation de fréquence.....                                                                                                 | 63        |
| 14.3       | EXIGENCES RELATIVES A LA REGULATION DE TENSION ET AU FACTEUR DE PUISSANCE.....                                                               | 64        |

---

|        |                                                                                                                                     |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 14.4   | EXIGENCES RELATIVES A LA REGULATION DE FREQUENCE (REPONSE INERTIELLE) .....                                                         | 67 |
| 14.5   | EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTEMES DE PROTECTION.....                                                                                 | 67 |
| 14.5.1 | <i>Protection de tension</i> .....                                                                                                  | 67 |
| 14.5.2 | <i>Protection de fréquence</i> .....                                                                                                | 68 |
| 14.6   | EXIGENCES RELATIVES AUX INFORMATIONS REQUISES POUR L'EXPLOITATION DU<br>RESEAU DE TRANSPORT .....                                   | 69 |
| 14.7   | EXIGENCES RELATIVES AUX INFORMATIONS TECHNIQUES A TRANSMETTRE AU<br>TRANSPORTEUR POUR LA PLANIFICATION DU RESEAU DE TRANSPORT ..... | 69 |
| 14.8   | EXIGENCE RELATIVE AUX TAUX MAXIMUMS DE RAMPE LORS DES MONTEES OU<br>DES BAISSSES DE LA PUISSANCE PRODUITE .....                     | 71 |
| 14.9   | EXIGENCE RELATIVE A L'ARRET DES EOLIENNES EN PREVISION D'UNE TEMPERATURE<br>TRES FROIDE OU DE GRANDS VENTS .....                    | 71 |
| 14.10  | EXIGENCE RELATIVE AU STABILISATEUR.....                                                                                             | 72 |
| 14.11  | EXIGENCE RELATIVE AU PLAFONNEMENT DE LA PUISSANCE ACTIVE .....                                                                      | 72 |
| 14.12  | VERIFICATION PAR LE <i>PRODUCTEUR</i> .....                                                                                         | 72 |

## Liste des figures

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 – Centrale raccordée directement au réseau de transport.....                                                                                  | 13 |
| Figure 2 – Centrale raccordée par l'intermédiaire des installations d'un client industriel.....                                                        | 14 |
| Figure 3 – Centrale appartenant à Hydro-Québec .....                                                                                                   | 15 |
| Figure 4 – Position relative de certains appareils du producteur par rapport au point<br>de jonction des télécommunications .....                      | 50 |
| Figure 5 – Limite du poste de départ dans le cas d'une centrale éolienne .....                                                                         | 59 |
| Figure 6 – Sous-tension durant laquelle les centrales éoliennes doivent demeurer<br>en service (Low Voltage Ride Through).....                         | 62 |
| Figure 7 – Puissance réactive disponible du côté haute tension du poste de départ en<br>fonction de la tension.....                                    | 65 |
| Figure 8 – Puissance réactive disponible du côté haute tension du poste de départ en<br>fonction de la puissance active des éoliennes en service ..... | 65 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 – Plages de tension (V) et durées minimales pour lesquelles les <i>centrales</i> doivent demeurer en service sans <i>déclenchement de groupe</i> à la suite d'une <i>perturbation</i> .....                                                                             | 22 |
| Tableau 2 – Plages de fréquence (F) et durées minimales pour lesquelles les <i>centrales</i> doivent demeurer en service sans <i>déclenchement de groupe</i> à la suite d'une <i>perturbation</i> .....                                                                           | 22 |
| Tableau 3 – Plages en surtension (V) et durées minimales pour lesquelles les <i>centrales</i> requises pour assurer la sécurité des équipements du réseau doivent demeurer en service sans <i>déclenchement de groupe</i> à la suite d'une <i>perturbation</i> <sup>1</sup> ..... | 24 |
| Tableau 4 – Niveaux d'isolement et niveaux de court-circuit normalisés pour l'appareillage du <i>réseau de transport</i> d'Hydro-Québec .....                                                                                                                                     | 36 |
| Tableau 5 – Informations requises par le <i>transporteur</i> pour le Centre de téléconduite (CT) et le Centre de conduite du réseau (CCR) <sup>1-2</sup> .....                                                                                                                    | 53 |
| Tableau 6 – Plages en surtension (V) et durées minimales pour lesquelles les <i>centrales</i> éoliennes doivent demeurer en service sans <i>déclenchement</i> à la suite d'une <i>perturbation</i> .....                                                                          | 63 |
| Tableau 7 – Plages de fréquence et durées minimales pour lesquelles les <i>centrales</i> éoliennes doivent demeurer en service sans <i>déclenchement</i> à la suite d'une <i>perturbation</i> .....                                                                               | 64 |

# 1. Objet et domaine d'application

## 1.1 Objet

Le présent document définit les exigences techniques minimales du *transporteur* relatives au raccordement de *centrales* au *réseau de transport* d'Hydro-Québec. Les *centrales* peuvent être raccordées directement au *réseau de transport* ou l'être par l'intermédiaire d'*installations* n'appartenant pas au *transporteur*. Ces exigences s'appliquent, selon le domaine défini à la section 1.2, aux nouvelles *centrales* ainsi qu'aux *centrales* existantes faisant l'objet de *modifications*.

Les exigences définies dans ce document visent essentiellement le fonctionnement efficient du *réseau de transport* d'Hydro-Québec et reposent sur les cinq principes suivants :

- la fiabilité du *réseau de transport* d'Hydro-Québec ;
- la stabilité du *réseau de transport* et des *centrales* qui y sont raccordées ;
- le maintien de la qualité du service pour les clients raccordés au *réseau de transport* d'Hydro-Québec ;
- la protection des équipements d'Hydro-Québec ;
- la sécurité des employés d'Hydro-Québec.

Ce document ne doit donc pas être considéré comme l'unique source de spécifications techniques pour la conception des *installations* du *producteur*. Les équipements et les *installations* du *producteur* doivent également être conformes aux codes, normes et règles applicables au Québec, ainsi qu'aux *pratiques usuelles des services publics*.

Les stipulations du document « Tarifs et conditions du service de transport d'Hydro-Québec » s'appliquent à toute *centrale* raccordée au *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Les annexes A, B, C et D que l'on retrouve à la fin du présent document font partie intégrante des exigences techniques relatives au raccordement des *centrales*.



## 1.2 Domaine d'application

**Note :** Les exigences présentées dans ce document s'appliquent également aux *centrales* éoliennes. Cependant, diverses exigences spécifiques ont été élaborées afin de couvrir certains aspects techniques propres à cette technologie de production. Ces exigences sont regroupées à la section 14.

**A L'ensemble des exigences énoncées dans le présent document s'applique au raccordement de *centrales* au réseau de transport dans l'une ou l'autre des situations suivantes :**

- A-1 une nouvelle *centrale* raccordée directement au *réseau de transport* d'Hydro-Québec, à l'exception des types de production en émergence indiqués en B-4 ;
- A-2 une nouvelle *centrale* raccordée par l'intermédiaire des *installations* d'un *client industriel*, et dans ce cas, d'autres exigences s'appliquent également aux *installations* du *client industriel*, soit celles définies dans le document intitulé « Exigences techniques pour les installations de clients raccordées au réseau de transport d'Hydro-Québec », ou à toute révision de ce document ;
- A-3 la *modification* d'une *centrale* existante déjà raccordée, directement ou par l'intermédiaire des *installations* d'un *client industriel*. Dans ce cas, les exigences s'appliquent aux équipements ou *installations* de la *centrale* qui font effectivement l'objet d'une *modification*. Toute *modification* d'une *centrale* existante devra faire l'objet d'une acceptation par le *transporteur*.

**B Certaines des exigences énoncées dans le présent document s'appliquent au raccordement de nouvelles *centrales* ou à la *modification* d'une *centrale* existante déjà raccordée au réseau de transport dans l'une ou l'autre des situations suivantes :**

- B-1 Une *centrale* raccordée au réseau de distribution. Dans ce cas, les exigences qui ont un impact sur le *réseau de transport* s'appliquent. Il s'agit :
  - des exigences concernant la régulation de fréquence présentées à la section 5.3.3 ;
  - des exigences concernant les plages de fréquence et durées minimales pour lesquelles les *centrales* doivent demeurer en service sans

*déclenchement de groupe*, telles que définies au tableau 2 de la section 4.2.2.1 ;

- de l'exigence concernant le télédéclenchement de la *centrale* présentée à la section 7.4.3.3 ;
- de certaines exigences relatives aux informations requises par les Centres de téléconduite (CT) et le Centre de conduite du réseau (CCR) et décrites à la section 8.3. Plus exactement, il s'agit de la mesure de l'injection de puissance active et réactive.

D'autres exigences, définies par le *distributeur*, s'appliquent également aux *centrales* raccordées au réseau de distribution.

B-2 Une *centrale* raccordée aux *installations* d'un *réseau voisin québécois*. Dans ce cas, les exigences établies par le responsable du réseau en question s'appliquent. De plus, vu son rôle de coordonnateur pour la « zone de réglage Québec », le *transporteur* exige que les *centrales* raccordées au *réseau voisin québécois* respectent au minimum les exigences suivantes du présent document :

- l'exigence relative à la perte maximale de production à la suite d'une contingence simple telle qu'elle est décrite à la section 4.2.1 ;
- les exigences concernant les plages de fréquence et durées minimales pour lesquelles les *centrales* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe*, telles que ces exigences sont définies au tableau 2 de la section 4.2.2.1 ;
- les exigences concernant la régulation de fréquence, telles qu'elles sont indiquées à la section 5.3.3 ;

En plus des exigences énumérées ci-dessus, il est fortement recommandé que le responsable du *réseau voisin québécois* intègre à ses exigences celle concernant les systèmes d'excitation statique qui est présentée à la section 5.3.2 du présent document.

B-3 Une *centrale* raccordée à un *réseau municipal* ou à la *coopérative d'électricité SJBR*. Les mêmes principes que ceux énoncés pour une *centrale* raccordée aux *installations* d'un *réseau voisin québécois* s'appliquent.

B-4 Divers types de production en émergence, comme les piles à combustible, les cellules photovoltaïques, etc. Ces technologies sont actuellement marginales au Québec. La plupart des exigences énoncées dans le présent document s'appliqueront à ces technologies, en particulier les exigences concernant les plages de fréquence et les durées minimales pour lesquelles les *centrales* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe*,

telles que ces exigences sont définies au tableau 2 de la section 4.2.2.1. De plus, le raccordement de ces types de production fera l'objet d'études spécifiques et d'exigences particulières compte tenu des impacts qu'ils pourraient avoir sur le *réseau de transport*.

Compte tenu de l'évolution des technologies, des modes de raccordement et des contraintes de réseau qui peuvent se présenter, des exigences additionnelles pourront être ajoutées par le *transporteur* à la suite des études réalisées par celui-ci.

Les *centrales* appelées à être raccordées à un *réseau non relié* d'Hydro-Québec ne sont pas couvertes par le présent document.

## 2. Définitions

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

### ***Ajout au réseau***

Toute modification ou addition aux *installations* de transport qui s'intègre au *réseau de transport* du *transporteur* et qui est réalisée pour répondre à une demande de raccordement ou de *modification* d'une *centrale*.

### ***Alternateur synchrone***

Machine synchrone fonctionnant en alternateur. Celle-ci peut être directement raccordée au réseau, ou l'être par l'intermédiaire d'un convertisseur.

### ***Centrale***

Site de production d'électricité pouvant inclure, selon le cas, le *poste de départ* ou une partie de ce dernier. Aux fins du présent document, une *centrale* désigne toutes les *installations* du *producteur* situées à un site de production donné (p. ex. : *centrale* hydraulique, *centrale* thermique, *centrale* éolienne, etc.), ce qui comprend les *installations* d'un *client industriel* servant au raccordement, lorsque c'est le cas.

### ***Client industriel***

Aux fins du présent document, tout client de charge raccordé au *réseau de transport* d'Hydro-Québec (ce qui exclut les clients raccordés par l'intermédiaire d'un *réseau* voisin québécois ou de *réseaux municipaux* ou de la *coopérative d'électricité SJBR*).

### ***Déclenchement, réenclenchement***

Changement d'état d'un disjoncteur sous l'action d'un automatisme ou d'une protection.

### ***Disjoncteur de groupe***

Disjoncteur le plus rapproché du *groupe*.

### ***Disjoncteur(s) de raccordement***

Le ou les disjoncteurs situés le plus près d'un *sectionneur de raccordement*. Ces disjoncteurs servent notamment, en cas de défaut, à isoler du *réseau de transport* les *installations* du *producteur*.

### ***Distributeur***

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

### ***Étude d'avant-projet***

Étude d'ingénierie menée par le *transporteur*, après *l'étude d'intégration*, pour déterminer les additions ou les modifications qui devront être apportées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec, y compris le coût et la date d'achèvement prévue de ces travaux, pour réaliser le raccordement d'une *centrale*.

### ***Étude d'intégration***

Évaluation faite par le *transporteur* du caractère adéquat du *réseau de transport* d'Hydro-Québec pour satisfaire à une demande de raccordement d'une *centrale* et des *ajouts au réseau* qui devront éventuellement être réalisés pour permettre le raccordement de cette *centrale*.

### ***Génératrice asynchrone***

Machine asynchrone fonctionnant en alternateur. Celle-ci peut être raccordée directement au réseau, ou l'être par l'intermédiaire d'un convertisseur.

### ***Grand centre de charge***

Les grands centres de charge du Québec correspondent approximativement à la zone géographique désignée CENTRE DU QUÉBEC sur la carte de TransÉnergie présentée à la page 11.

### ***Groupe***

Unité de production d'électricité. Généralement un ensemble turbine-*alternateur synchrone* (*groupe synchrone*) ou ensemble turbine-*génératrice asynchrone* (*groupe asynchrone*).

### ***Îlotage***

Segmentation d'un réseau électrique en sous-réseaux comportant à la fois une charge ou des équipements électriques et des *installations* de production. Ce phénomène survient généralement à la suite d'une *perturbation* ou d'une manœuvre.

## **Installation**

Ensemble d'appareillages et/ou de conducteurs tels que les *groupes*, les transformateurs, les compensateurs synchrone ou statique, les postes et les lignes, pris isolément ou dans leur ensemble. Ceci inclut également les services auxiliaires, les systèmes de refroidissement, les équipements servant à la commande, au contrôle, à la protection, etc.

## **Modification**

Toute modification, autre que l'entretien normal, apportée à une *centrale* existante et qui a pour but une remise à neuf ou le remplacement d'*installations* ou d'équipements désuets ou pour conséquence d'en modifier les services fournis, les caractéristiques électriques ou mécaniques, notamment : la puissance assignée, la puissance maximale, les systèmes de contrôle et de protection, les services auxiliaires, les changements de logiciels (ou de version de logiciel) pour les *installations* utilisant de l'électronique de puissance, etc.

## **NERC**<sup>1</sup>

Le North American Electric Reliability Council (*NERC*) est un organisme qui a pour mission de promouvoir la fiabilité de l'alimentation électrique en Amérique du Nord. Cet organisme regroupe 10 conseils régionaux (Regional Council) qui représentent la quasi-totalité de l'alimentation électrique des États-Unis, du Canada et d'une partie de la « Baja California Norte », au Mexique.

## **NPCC**<sup>2</sup>

Le Northeast Power Coordinating Council (*NPCC*) est un regroupement volontaire d'intervenants du domaine électrique qui œuvrent dans le Nord-Est américain. Cet organisme, qui fait partie du *NERC* à titre de conseil régional, est notamment composé de plusieurs entreprises d'électricité et d'opérateurs de réseaux (Independent System Operator) actifs dans cinq régions distinctes appelées zones de réglage, soit : l'État de New York, la Nouvelle-Angleterre, le Québec, l'Ontario et les provinces maritimes.

## **Perturbation**

Modification des conditions normales de fonctionnement d'un réseau électrique. Dans le présent document, il s'agit généralement de modifications résultant d'incidents fortuits qui sont brusques et aléatoires (p. ex.: défauts, fonctionnements inopinés d'un automate ou d'une protection, pertes de production ou de charge, etc.). Il peut aussi s'agir de modifications plus ou moins périodiques et d'amplitude moindre (p.

---

<sup>1</sup> Adresse internet : <http://www.nerc.com>

<sup>2</sup> Adresse internet : <http://www.npcc.org>

ex.: harmoniques, papillotement, surtensions de manœuvre, oscillations de puissance dues à un réglage inapproprié ou à une défaillance d'un système de régulation, etc.).

### **Point de raccordement**

Aux fins du présent document, s'entend du ou des points de démarcation entre le *réseau de transport* d'Hydro-Québec et les *installations* électriques d'un *producteur*.

### **Poste de départ**

Poste auquel les *installations* du *producteur* sont raccordées au *réseau de transport*. Il s'agit généralement du poste de transformation situé près d'une *centrale*. Le *poste de départ* est constitué de la partie haute tension du poste et inclut les transformateurs élévateurs, à partir de la borne basse tension de ceux-ci. Lorsque plus d'un niveau de transformation est requis au *poste de départ*, ceux-ci sont également inclus. Aux fins du présent document, lorsqu'une *centrale* est raccordée au *réseau de transport* par l'intermédiaire des *installations* d'un *client industriel*, le poste de ce client est considéré comme le *poste de départ*.

### **Poste satellite**

Poste du *réseau de transport* assurant l'alimentation d'un réseau de distribution. Dans la plupart des cas, il s'agit d'un poste de transformation de la haute à la moyenne tension (HT-MT), cette dernière étant généralement de 12 kV ou de 25 kV.

### **Pratiques usuelles des services publics**

Les pratiques, méthodes et actes utilisés ou approuvés par une grande partie des services publics d'électricité pendant la période en cause, ou les pratiques, méthodes et actes qui, dans l'exercice d'un jugement raisonnable à la lumière des faits connus au moment où la décision a été prise, auraient pu permettre d'atteindre le résultat souhaité à un coût raisonnable en accord avec les pratiques usuelles en matière de commerce, de fiabilité, de sécurité et de rapidité. Les *pratiques usuelles des services publics* ne visent pas à se limiter exclusivement aux pratiques, méthodes ou actes optimaux, mais visent plutôt les pratiques, méthodes ou actes qui sont généralement acceptés dans la région.

### **Producteur**

Personne ou entité, incluant Hydro-Québec, dans leurs activités de production d'électricité.

### **Réseau de transport**

L'ensemble des *installations* destinées à transporter l'électricité, y compris les transformateurs élévateurs de tension situés aux sites de production, les lignes de

transport à des tensions de 44 kV et plus, les postes de transport et de transformation ainsi que toute autre *installation* de raccordement entre les sites de production et le réseau de distribution.

### **Réseau « bulk »**

Le *NPCC* définit le réseau électrique principal (réseau « bulk ») du réseau interconnecté du nord-est de l'Amérique du Nord comme celui composé des équipements de production et de transport sur lesquels des défauts ou perturbations peuvent avoir un « effet nuisible significatif » à l'extérieur d'une région locale telle que celle-ci est déterminée par les membres du *NPCC*.

En accord avec cette définition, la méthode appliquée à Hydro-Québec pour identifier son *réseau « bulk »* est décrite en détail dans le document « Les critères de conception du réseau de transport principal ». De façon générale, cette méthode consiste à trouver les éléments du réseau sur lesquels un défaut triphasé non éliminé par le système de protection local génère un effet nuisible significatif. Par « effet nuisible significatif », on entend :

- l'instabilité du *réseau de transport* d'Hydro-Québec ;
- une réponse dynamique inacceptable du réseau (par exemple, une perte de charge ou de production importante) ou encore un déclenchement d'équipement provoquant une excursion de la fréquence en dehors des plages permises, soit une fréquence du réseau inférieure à 58,5 Hz ou supérieure à 61,7 Hz ;
- un niveau de tension qui dépasse les limites d'urgence qui sont en vigueur à l'extérieur de la région locale ;
- un niveau de charge sur les équipements de transport qui dépasse les limites d'urgence qui sont en vigueur à l'extérieur de la région locale ;
- tout événement provoquant un effet inacceptable sur une installation « bulk » d'un réseau voisin.

Le *réseau « bulk »* est soumis à des normes plus strictes au niveau de la conception, de l'exploitation et de la maintenance, comme en font état les documents du *NPCC*.

### **Réseau municipal et coopérative d'électricité SJBR**

Conformément à la Loi sur la Régie de l'Énergie, les réseaux de distribution municipaux d'électricité régis par la « Loi sur les systèmes municipaux et les systèmes privés d'électricité », S.R.Q., c.S-41, incluant la Coopérative régionale d'électricité de Saint-Jean-Baptiste-de-Rouville, lesquels sont clients du *distributeur* depuis le 13 mai 1997.



### **Réseau non relié**

Réseau électrique détaché en permanence du *réseau de transport* intégré d'Hydro-Québec.

### **Réseau voisin québécois**

Réseau électrique situé au Québec, n'appartenant pas à Hydro-Québec et interconnecté de façon synchrone avec le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

### **Sectionneur de raccordement**

Premier point de coupure visible dans les *installations* du *producteur* après le *point de raccordement*.

### **Téledéclenchement**

Ouverture d'un disjoncteur, initiée à distance, sous l'action d'un automatisme.

### **Transporteur**

Hydro-Québec dans ses activités de transport d'électricité, incluant son rôle d'exploitant du réseau.



### 3. ***Point de raccordement et études requises***

#### 3.1 **Raccordement**

##### 3.1.1 **Détermination de la solution de raccordement de la centrale**

Le *transporteur* choisit la solution de raccordement de la *centrale* au *réseau de transport* et détermine les *ajouts au réseau* requis pour le raccordement en réalisant les études indiquées à la section 3.2.

Le choix de la solution se fait à partir de critères techniques et économiques qui visent à optimiser l'utilisation du *réseau de transport*, tout en étant acceptables au plan environnemental.

##### 3.1.2 ***Point de raccordement***

Ainsi qu'on l'a défini plus tôt, le *point de raccordement* est le point de démarcation entre le *réseau de transport* d'Hydro-Québec et les *installations* électriques du *producteur*.

Les *installations* du *producteur* doivent avoir un point de coupure visible permettant d'isoler celles-ci du *réseau de transport* à des fins d'exploitation du réseau. Comme l'indique la section 6.3, le *producteur* utilise généralement à cette fin un *sectionneur de raccordement* qu'il installe à chaque *point de raccordement*. Ces *sectionneurs* doivent être accessibles en tout temps afin que le *transporteur* puisse les cadenasser.

Un ou plusieurs *disjoncteurs de raccordement* (voir la section 6.5.1) sont requis au *poste de départ*, selon le cas. Par exemple, lorsqu'on utilise plusieurs transformateurs élévateurs (voir la section 6.9) pour intégrer la *centrale* au *réseau de transport*, il pourra être nécessaire de prévoir plusieurs *disjoncteurs de raccordement* pour répondre aux besoins du *réseau de transport*.

Lorsque le *point de raccordement* est du côté haute tension du *poste de départ*, un *disjoncteur de raccordement* (ou plus selon la configuration) est requis à la haute tension du poste. Ce *disjoncteur* doit être situé le plus près possible du *sectionneur de raccordement*, entre celui-ci et le transformateur élévateur du *poste de départ*. Les transformateurs de tension et de courant (voir la section 7.5.4) doivent être installés du côté haute tension du *poste de départ*, entre le *sectionneur de raccordement* et le *disjoncteur de raccordement*, à moins d'entente particulière avec le *transporteur*. La

même règle vaut pour les parafoudres (voir la section 6.4), si le *producteur* désire en installer du côté haute tension du *poste de départ*.

Lorsque le *point de raccordement* se trouve à la basse tension du *poste de départ*, le ou les *disjoncteurs de raccordement* (selon la configuration) pourraient être requis du côté haute ou basse tension du ou des transformateurs élévateurs servant au raccordement de la *centrale*.

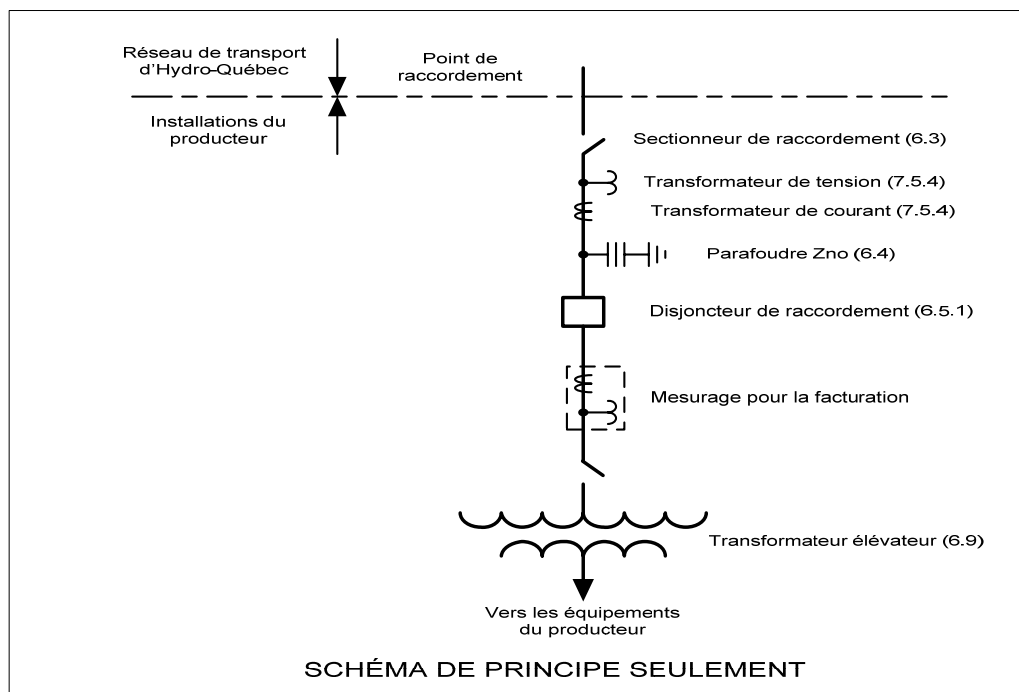
Les figures des sections 3.1.2.1 et 3.1.2.2 illustrent la position relative, par rapport au *point de raccordement*, de certains équipements qui font l'objet d'exigences spécifiques dans le présent document. Les références aux articles qui traitent de ces équipements sont indiquées sur les figures. À noter que ces schémas ne représentent pas nécessairement tous les équipements ou appareils requis au *poste de départ*.

### 3.1.2.1 Centrale n'appartenant pas à Hydro-Québec

Les figures 1 et 2 montrent les deux types de raccordement les plus fréquents pour une *centrale* qui n'appartient pas à Hydro-Québec.

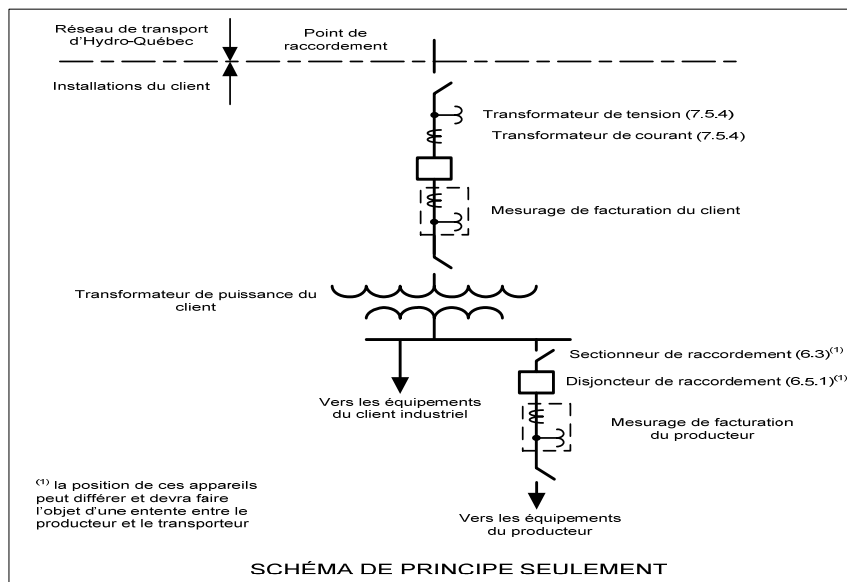
La figure 1 illustre le cas d'une *centrale* raccordée directement au *réseau de transport*. Dans cette situation, le *point de raccordement* se situe généralement du côté haute tension du *poste de départ* du *producteur*.

**Figure 1** – Centrale raccordée directement au réseau de transport



La figure 2 illustre le cas d'une *centrale* raccordée par l'intermédiaire des *installations* d'un *client industriel*. Dans cette situation, le *point de raccordement* se situe généralement du côté haute tension du poste de transformation appartenant au client. Pour les besoins du présent document, le poste du client est considéré comme étant le *poste de départ*.

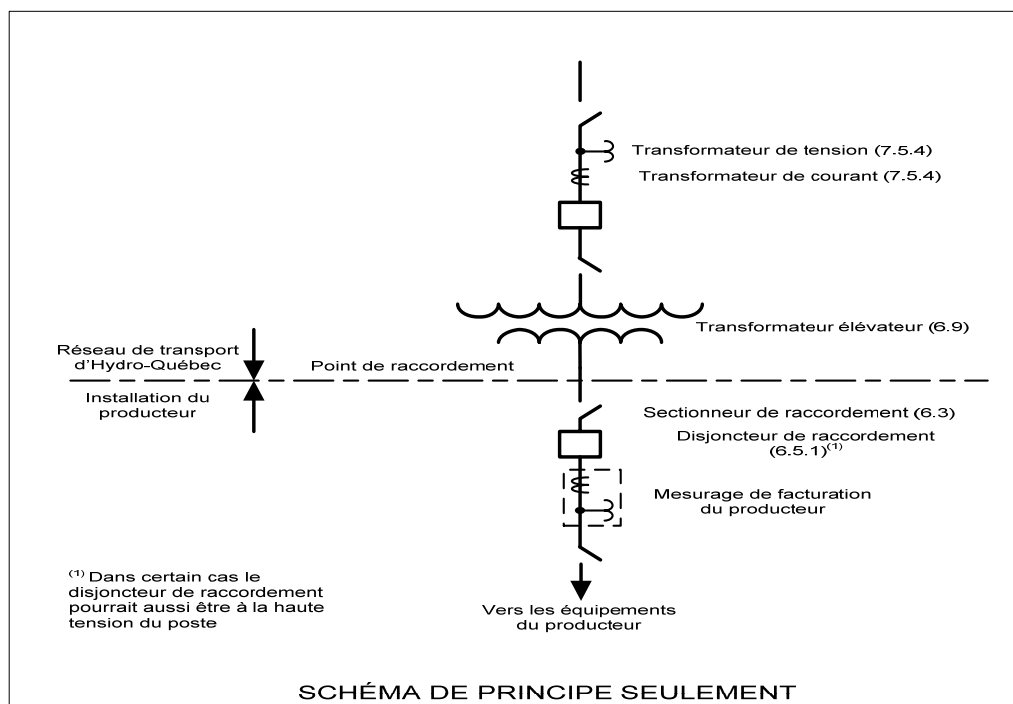
**Figure 2** – Centrale raccordée par l'intermédiaire des *installations* d'un *client industriel*



### 3.1.2.2 Centrale appartenant à Hydro-Québec

La figure 3 présente le cas d'une *centrale* appartenant à Hydro-Québec. Dans cette situation, le *point de raccordement* se situe du côté basse tension du *poste de départ*.

**Figure 3** – Centrale appartenant à Hydro-Québec



## 3.2 Études requises

Il revient au *transporteur* de déterminer si des *ajouts au réseau* seront requis pour permettre le raccordement d'une *centrale* au *réseau de transport*. Le *transporteur* doit également s'assurer que l'intégration d'une nouvelle *centrale* au *réseau de transport* ne compromettra pas ni ne réduira indûment la qualité et la fiabilité du service offert aux clients raccordés au *réseau de transport* d'Hydro-Québec et n'aura pas pour effet de réduire la capacité de transport au point d'empêcher le *transporteur* de s'acquitter de ses engagements contractuels. Les études décrites ci-après permettront de le vérifier. L'*étude d'intégration* et l'*étude d'avant-projet* seront réalisées par le *transporteur*, tandis que l'étude de protection des *installations* du *producteur* sera exécutée par ce dernier.

### 3.2.1 Responsabilité du *producteur* quant aux informations techniques à transmettre au *transporteur*

Afin que le *transporteur* soit en mesure de procéder aux études requises pour évaluer l'impact du raccordement de la *centrale* et de déterminer si des *ajouts au réseau* sont nécessaires, le *producteur* doit transmettre au *transporteur* les informations indiquées à l'annexe A du présent document. Dans le cas d'une *centrale* éolienne, il devra également fournir les informations énumérées à l'annexe B.

Le *producteur* est responsable de la validité des informations (données, modèles et paramètres associés) que lui-même ou son fournisseur transmet au *transporteur*. Si le comportement des *installations* du *producteur* n'est pas conforme à celui des modèles et paramètres fournis, le *transporteur* procédera au besoin à une nouvelle évaluation des coûts d'intégration de la *centrale* au *réseau de transport*.

### 3.2.2 Étude d'intégration

Pour chaque projet d'addition d'une *centrale* au *réseau de transport* d'Hydro-Québec, ainsi que pour certains projets de *modification* d'une *centrale* existante, le *transporteur* effectue une *étude d'intégration* pour déterminer les *ajouts au réseau* qui seront requis pour l'intégration de la *centrale*.

Lorsqu'il procède à une *étude d'intégration*, le *transporteur* s'appuie sur les principes suivants :

- les *pratiques usuelles des services publics* ;
- les critères et lignes directrices du NPCC et du NERC ;
- les critères et directives d'Hydro-Québec.

Les aspects suivants sont notamment analysés et pris en compte par le *transporteur* pendant l'*étude d'intégration* :

- la capacité thermique des équipements ;
- l'impact sur la fiabilité et la qualité du service du *réseau de transport* ;
- la stabilité transitoire et dynamique ainsi que la stabilité de tension du *réseau de transport* ;
- les niveaux de court-circuit du *réseau de transport* ;
- l'impact des pertes électriques sur le *réseau de transport* ;
- l'impact sur la protection du *réseau de transport* ;
- l'impact sur les équipements raccordés au *réseau de transport* ;
- l'impact sur l'exploitation et la maintenance du *réseau de transport*.

Une fois l'*étude d'intégration* terminée, le *transporteur* transmettra au *producteur* les informations stipulées dans la convention d'*étude d'intégration* intervenue entre le *transporteur* et le *producteur*. Ces informations peuvent notamment porter sur les aspects suivants :

- le *point de raccordement* de la *centrale* au *réseau de transport* ;
- la tension de raccordement au *réseau de transport* ;
- les *ajouts au réseau* qui seront nécessaires afin de permettre le raccordement de la *centrale* ;
- le schéma de raccordement de la *centrale* au *réseau de transport* d'Hydro-Québec ;
- les niveaux de court-circuit (la contribution du *réseau de transport*) au *point de raccordement* ;
- les restrictions d'exploitation ;
- les données préliminaires concernant les délais types de réalisation et les coûts reliés aux *ajouts au réseau* ;
- un rapport technique portant sur les exigences en matière d'automatismes et d'équipements de protection, compte tenu du projet de *centrale* considéré ;
- les exigences additionnelles en matière de raccordement qui pourraient s'appliquer au projet particulier de *centrale*, notamment – si tel est le cas et conformément aux indications de la section 6.6 – les valeurs maximales de certaines impédances ou constantes de temps applicables aux *alternateurs synchrones* ou, tel que le précise la section 6.9.3, les valeurs limites d'impédance visant les transformateurs élévateurs de la *centrale* ;
- au besoin, toute exigence supplémentaire reliée au *réseau « bulk »*.

En plus des informations fournies par l'*étude d'intégration* et au besoin, le *transporteur* transmettra au *producteur* les informations suivantes :

- les caractéristiques pertinentes de ligne et de poste du *réseau de transport* d'Hydro-Québec auxquelles la *centrale* sera raccordée ;
- les différentes limites d'émission de perturbations de l'onde électrique autorisées sur les *installations* raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec, décrites à la section 5.4.

### 3.2.3 Étude d'avant-projet

Si le *producteur* décide, à la lumière des résultats de l'*étude d'intégration*, d'aller de l'avant avec son projet de raccordement, le *transporteur* fera alors une *étude d'avant-projet* afin d'obtenir une évaluation d'ingénierie plus précise du contenu, des coûts et



des délais de réalisation des travaux d'addition ou de modification du *réseau de transport* d'Hydro-Québec qu'exigera le raccordement de la *centrale*. L'ampleur de cette étude dépend de la taille du projet.

Une fois l'*étude d'avant-projet* terminée, le *transporteur* fournira les informations supplémentaires dont le *producteur* pourrait avoir besoin pour réaliser ses *installations*, conformément aux exigences du *transporteur*. Ces informations peuvent notamment inclure :

- une estimation de la durée des travaux requis sur le *réseau de transport* d'Hydro-Québec pour permettre le raccordement de la *centrale* du *producteur* ;
- (au besoin) les données additionnelles relatives au réseau qui permettront au *producteur* de réaliser l'étude d'émission concernant la qualité de l'onde et de démontrer que ses *installations* respectent les exigences applicables (voir la section 5.4) ;
- les données requises pour le calcul des élévations de potentiel de terre ;
- (au besoin) la valeur de l'inductance de neutre du ou des transformateurs élévateurs servant au raccordement de la *centrale* ;
- l'emplacement du *poste de départ*.

### **3.2.4 Étude de protection des *installations* du *producteur***

Afin de permettre au *transporteur* de réaliser une *étude d'avant-projet* efficace et précise, notamment lorsque les coûts d'addition ou de modification des équipements de protection représentent une part importante des coûts de raccordement de la *centrale*, le *transporteur* pourra exiger du *producteur* qu'il lui transmette, avant d'entreprendre l'*étude d'avant-projet*, une étude préliminaire des systèmes de protection de ses *installations*. Cette étude préliminaire doit contenir l'essentiel des informations pertinentes énumérées à l'annexe C du présent document.

Dans tous les cas, le *producteur* doit remettre au *transporteur* une étude finale des systèmes de protection de ses *installations* avant le début de la réalisation de son projet. Cette étude comprendra l'ensemble des informations pertinentes énumérées à l'annexe C du présent document.

Le *producteur* doit faire accepter par le *transporteur* les réglages qu'il entend appliquer à ses systèmes de protection pour répondre aux besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec dont il est fait mention à la section 7.4. De plus, le *producteur* doit remettre au *transporteur*, avant la mise en service de sa *centrale*, un avis confirmant que lesdits réglages seront appliqués aux systèmes de protection de ses *installations*.

## 4. Exigences générales

### 4.1 Réseau « bulk »

Il incombe au *transporteur* de concevoir, exploiter et entretenir le *réseau de transport* d'Hydro-Québec conformément aux *pratiques usuelles des services publics*, ainsi qu'aux critères et directives d'Hydro-Québec. De plus, compte tenu de l'adhésion d'Hydro-Québec au NPCC, le *transporteur* doit également concevoir, exploiter et entretenir le *réseau de transport* « bulk » d'Hydro-Québec en suivant les critères et lignes directrices du NPCC et du NERC.

Le *transporteur* déterminera, lors de l'*étude d'intégration*, si les *installations du producteur* font partie du *réseau* « bulk ». Si tel est le cas, les *installations du producteur* seront aussi soumises aux exigences applicables au *réseau* « bulk », au niveau tant de la conception que de l'exploitation et de la maintenance, telles que celles-ci sont décrites dans les documents du NPCC. Ces exigences supplémentaires visent notamment :

- les systèmes de protection, d'automatismes et de télécommunications qui doivent répondre aux exigences énoncées dans les documents A-5 « Bulk Power System Protection Criteria » ;
- la maintenance de ces systèmes, qui doit être conforme aux règles d'encadrement présentées dans le document A-4 « Maintenance Criteria for Bulk Power System Protection » ;
- la preuve de conformité du *réseau bulk* aux critères énoncés dans le document A-2 « Basic Criteria for Design and Operation of Interconnected Power Systems », qui doit être faite conformément au document B-4 « Guidelines for NPCC AREA Transmission Reviews » ;
- les éléments applicables aux *producteurs* des documents A-3 « Emergency Operation Criteria », B-1 « Guide for Application of Autoreclosing to the Bulk Power System », B-7 « Automatic Underfrequency Load Shedding Program Relaying Guideline », C-16 « Procedure for NPCC Review of New or Modified Bulk Power System Special Protection System (SPS) », C-22 « Procedure for Reporting and Reviewing Proposed Protection System for Bulk Power System » et C-29 « Procedures for System Modeling: Data Requirements & Facility Rating ».

Ces documents sont disponibles sur le site Internet du NPCC à l'adresse suivante : [www.npcc.org/documents/regStandards/Directorries.aspx](http://www.npcc.org/documents/regStandards/Directorries.aspx).

## **4.2 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 équipements de production raccordés au *réseau de transport* doivent être triphasés.

### **4.2.1 Exigence relative à la perte maximale de production suite à une contingence simple**

Toutes les *installations* du *producteur* reliées à une *centrale* dont la puissance installée est supérieure à 1000 MW doivent être conçues, réalisées et exploitées de manière à ce qu'une contingence simple dans ces *installations* ne puisse occasionner une perte de production supérieure à 1000 MW. Par contingence simple, on entend la panne, le mauvais fonctionnement ou le fonctionnement non désiré de tout système, appareil ou composante faisant partie des *installations* du *producteur*. Cette exigence s'applique également aux *centrales* raccordées par l'intermédiaire d'un *réseau voisin québécois*.

### **4.2.2 Exigences concernant le comportement de la *centrale* lors de *perturbations* dans le *réseau de transport***

Les exigences concernant le comportement des *centrales* éoliennes lors de *perturbations* sont décrites à la section 14.2.

Il est essentiel que les *installations* de production raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec demeurent en service sans *déclenchement* aussi longtemps que possible lors de *perturbations* survenant dans le *réseau de transport* afin, d'une part, de contribuer au maintien de la stabilité du réseau et au rétablissement de la tension et de la fréquence et, d'autre part, de ne pas interférer avec les automatismes et les systèmes de protection agissant sur le réseau.

#### **4.2.2.1 Exigence minimale applicable à toutes les *centrales***

Les *installations* du *producteur* doivent être conçues, réalisées et exploitées de manière à demeurer en service et à ne pas causer un *déclenchement de groupe*, directement ou indirectement, lors d'écarts de tension et de fréquence qui se manifestent, à la suite d'une *perturbation*, pour les durées indiquées aux tableaux 1 et 2.

Les chutes de tension à des niveaux inférieurs à 0,75 p.u. (dont il est fait mention au tableau 1) sont causées par divers défauts survenant dans le *réseau de transport*. Les *installations* du *producteur* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* durant un défaut survenant dans le *réseau de transport* (y compris du côté haute tension du *poste de départ*) et durant le temps requis pour que se rétablisse la tension après l'élimination du défaut, qu'il s'agisse :

- d'un défaut triphasé éliminé en 0,15 seconde ;
- d'un défaut biphasé à la terre ou biphasé éliminé en 0,15 seconde ;
- d'un défaut monophasé éliminé en 0,30 seconde.

De plus, les *installations* du *producteur* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* durant un défaut éloigné éliminé par une protection lente (jusqu'à 45 cycles), et durant le temps requis pour que se rétablisse la tension après l'élimination du défaut, qu'il s'agisse :

- d'un défaut triphasé, à condition que la tension de composante directe à la haute tension du *poste de départ* ne descende pas à moins de 0,25 p.u. ;
- d'un défaut biphasé à la terre, à condition que la tension de composante directe à la haute tension du *poste de départ* ne descende pas à moins de 0,5 p.u. ;
- d'un défaut biphasé, à condition que la tension de composante directe à la haute tension du *poste de départ* ne descende pas à moins de 0,6 p.u.

Les *installations* du *producteur* doivent aussi contribuer au retour du réseau en conditions normales d'exploitation après une *perturbation*.

Des temps d'élimination de défaut plus longs que ceux indiqués précédemment pourraient être convenus avec le *producteur* si cette solution est globalement plus avantageuse.

**Tableau 1** – Plages de tension (V) et durées minimales pour lesquelles les *centrales* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* à la suite d'une *perturbation*.

| Sous-tension (p.u.) <sup>1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Sur tension (p.u.) <sup>1</sup>   | Durée minimale            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| $1,0 > V \geq 0,90$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $1,0 \leq V \leq 1,10$            | Longue durée <sup>2</sup> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $1,10 < V \leq 1,15$              | 300 secondes              |
| $0,90 > V \geq 0,85$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $1,15 < V \leq 1,20$              | 30 secondes               |
| $0,85 > V \geq 0,75$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $1,20 < V \leq 1,25$              | 2 secondes                |
| $0,75 > V \geq 0,25$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   | 1 seconde                 |
| $0 \leq V < 0,25$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   | 0,15 seconde              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $1,25 < V \leq 1,40$ <sup>3</sup> | 0,10 seconde              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $V > 1,40$ <sup>3</sup>           | 0,033 seconde             |
| <p><b>1</b> – Tension de composante directe à la haute tension du <i>poste de départ</i>.</p> <p><b>2</b> – Selon le temps requis (jusqu'à quelques heures) pour ramener le réseau dans un état normal, à l'intérieure des plages de tension en régime permanent (voir section 5.1)</p> <p><b>3</b> – Un blocage temporaire est autorisé lorsque la tension dépasse 1,25 p.u. pour les <i>installations</i> utilisant de l'électronique de puissance. Le fonctionnement normal est cependant requis dès que la tension redescend sous le seuil de 1,25 p.u.</p> |                                   |                           |

**Tableau 2** – Plages de fréquence (F) et durées minimales pour lesquelles les *centrales* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* à la suite d'une *perturbation*

| Sous-fréquence (Hz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Surfréquence (Hz)                   | Durée minimale |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| $59,4 \leq F \leq 60,0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $60,0 \leq F \leq 60,6$             | Permanent      |
| $58,5 \leq F < 59,4$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $60,6 < F \leq 61,5$                | 11 minutes     |
| $57,5 \leq F < 58,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $61,5 < F \leq 63,0$ <sup>1</sup>   | 1,5 minute     |
| $57,0 \leq F < 57,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     | 10 secondes    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $63,0 < F \leq 66,0$ <sup>1-2</sup> | 5 secondes     |
| $56,5 \leq F < 57,0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     | 2 secondes     |
| $55,5 \leq F < 56,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     | 0,35 seconde   |
| $F < 55,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $F > 66,0$ <sup>1-2</sup>           | Instantané     |
| <p><b>1</b> – Un déclenchement instantané est autorisé à une fréquence <math>\geq 61,7</math> Hz seulement pour les <i>centrales</i> munies d'<i>alternateurs synchrones</i> dont la capacité totale de production est inférieure ou égale à 300 kW, ainsi que pour les <i>centrales</i> thermiques, éoliennes et photovoltaïques et les <i>centrales</i> munies de <i>génératrices asynchrones</i>.</p> <p><b>2</b> – Un déclenchement instantané est autorisé à une fréquence <math>\geq 63,5</math> Hz pour les <i>centrales</i> raccordées au réseau de distribution.</p> |                                     |                |

Les *centrales* doivent aussi être en mesure de demeurer en service lors d'une variation de la fréquence du réseau en régime perturbé de  $\pm 4$  Hz / seconde.

Cette exigence ainsi que celle concernant les plages de fréquence et les durées minimales pour lesquelles les *centrales* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* (voir le tableau 2) s'applique également aux *centrales* raccordées par l'intermédiaire du réseau de distribution, d'un *réseau voisin québécois*, d'un *réseau municipal* ou de la *Coopérative SJBR*.

Divers systèmes de protection, notamment des protections de tension et de fréquence, sont utilisés par le *producteur* pour protéger ses équipements de production contre les excursions de fréquence ou de tension pouvant être dommageables pour ses équipements. Aucune protection visant à protéger les *installations* du *producteur* ne doit toutefois occasionner un *déclenchement de groupe*, directement ou indirectement, pour les variations de tension et de fréquence décrites aux tableaux 1 et 2.

#### **4.2.2.2 Exigence supplémentaire applicable aux *centrales* requises pour protéger l'intégrité des équipements du *réseau de transport***

En plus de l'exigence minimale définie en 4.2.2.1, certaines *centrales* dont le fonctionnement est requis pour protéger l'intégrité des équipements du *réseau de transport* (ainsi qu'on le verra ci-dessous) doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* en dépit des surtensions qui peuvent survenir lors de la séparation et de l'instabilité d'une partie ou de la totalité du *réseau de transport*. Les *installations* du *producteur* soumises à cette exigence doivent être conçues, réalisées et exploitées de manière à demeurer en service et ne pas causer de déclenchement de *groupe*, directement ou indirectement, lors d'écarts en surtension qui se manifestent pour les durées indiquées au tableau 3.

Divers automatismes comme le SPSR (solution permanente à la séparation du réseau) visent à protéger l'intégrité des équipements du *réseau de transport* lors de *perturbations* exceptionnelles pouvant entraîner l'instabilité de tout ou partie du *réseau de transport*. Il est essentiel, en cas de telles *perturbations*, que certains équipements de production raccordés au *réseau de transport* demeurent en service sans déclenchement tant que ces automatismes n'ont pas agi, afin de limiter l'ampleur des surtensions éventuelles. Les *centrales* appelées à remplir ce rôle sont généralement de taille importante (plusieurs centaines de MW) raccordées à certains points du réseau de transport à 735 kV ou à des postes électriquement près de celui-ci, particulièrement dans sa partie nord. Il revient au *transporteur* de déterminer, pendant *l'étude d'intégration*, si la nouvelle *centrale* à raccorder doit contribuer à cette fonction.

**Tableau 3** – Plages en surtension (V) et durées minimales pour lesquelles les centrales requises pour assurer la sécurité des équipements du réseau doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* à la suite d'une *perturbation* <sup>1</sup>

| Surtension (p.u.) <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Durée minimale            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| $1,0 \leq V \leq 1,10$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Longue durée <sup>3</sup> |
| $1,10 < V \leq 1,15$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 300 secondes              |
| $1,15 < V \leq 1,20$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 30 secondes               |
| $1,20 < V \leq 1,25$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5 secondes                |
| $1,25 < V \leq 1,40$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2,5 secondes              |
| $1,40 < V \leq 1,50$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,10 seconde              |
| $V > 1,50$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,033 seconde             |
| <p><b>1</b> – Les plages et durées minimales en sous-tension indiquées au tableau 1 doivent également être respectées pour ces <i>centrales</i>.</p> <p><b>2</b> – Tension de composante directe à la haute tension du <i>poste de départ</i>.</p> <p><b>3</b> – Selon le temps requis (jusqu'à quelques heures) pour ramener le réseau dans un état normal, à l'intérieure des plages de tension en régime permanent (voir section 5.1)</p> |                           |

#### 4.2.3 Îlotage de la centrale

À moins d'études préalables et d'une entente particulière en ce sens, les *installations* du *producteur* ne doivent pas alimenter en mode d'*îlotage* des charges de clients raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec ou des charges de clients d'Hydro-Québec raccordées à un *réseau voisin québécois*. Le *producteur* peut cependant s'îloter sur ses propres charges, auquel cas il devra assumer les risques liés à son auto-alimentation.

#### 4.2.4 Démarrage en mode autonome

Le *transporteur* doit, conformément aux exigences du *NERC*, établir une stratégie de remise en charge du *réseau de transport* après une panne générale. Pour y arriver, le *transporteur* doit pouvoir compter sur certaines *installations* de production capables de démarrer en mode autonome (blackstart capability) et de maintenir la tension et la fréquence à des niveaux adéquats afin de remettre en service les *installations* du *réseau de transport* et les autres *installations* de production. À la suite de l'*étude d'intégration*, le *transporteur* pourrait exiger du *producteur* qu'il munisse certains *groupes synchrones* de sa centrale d'une capacité de démarrage en mode autonome.

### 4.3 Accès aux *installations* du *producteur* et droits sur sa propriété pour la ligne de raccordement

Conformément à l'entente de raccordement, le *transporteur* ou ses mandataires doivent, à des heures raisonnables, pouvoir accéder à la propriété et aux *installations* du *producteur* pour y effectuer diverses opérations, comme l'installation, la construction, l'exploitation, l'entretien, la réparation, la modification ou l'enlèvement des équipements qui lui appartiennent. Le *transporteur* doit également avoir accès aux liens de télécommunications utilisés pour les systèmes de protection et de télémétrie.

Lorsque la sécurité des personnes et du *réseau de transport* sont en cause, ou au moment de pannes du *réseau de transport* ou des liaisons de télécommunications, le *transporteur* ou ses mandataires doivent pouvoir accéder aux *installations du producteur* en tout temps et sans formalité particulière.

Le *producteur* doit céder au *transporteur* les droits réels sur sa propriété pour que ce dernier y érige la ou les lignes permettant de raccorder la *centrale* du *producteur* au *réseau de transport*. Il doit de plus respecter les dégagements électriques de ces lignes, conformément aux normes du *transporteur*.



## 5. Exigences relatives à la tension et à la fréquence

### 5.1 Plages de tension en régime permanent

La tension en régime permanent du *réseau de transport* d'Hydro-Québec peut varier de  $\pm 6 \%$  par rapport à la tension nominale pour les réseaux à 44 kV et à 49 kV et de  $\pm 10 \%$  par rapport à la tension nominale pour les réseaux à 69 kV et plus, sauf pour le réseau à 735 kV où la tension peut varier de  $-5 \%$  à  $+4 \%$  par rapport à la tension nominale. Dans certaines sections du réseau, la plage de tension admissible en régime permanent peut être différente des valeurs mentionnées ci-dessus pour tenir compte des caractéristiques de l'appareillage en place ou de contraintes d'exploitation particulières.

Les *installations* du *producteur* doivent être conçues de manière à produire et livrer au *point de raccordement* la puissance active maximale prévue, dans les plages prescrites de tension du réseau auquel elles sont raccordées. À noter que les tensions apparaissant du côté moyenne tension des *installations* du *producteur* peuvent être différentes de celles du réseau, notamment en raison de la puissance réactive fournie ou absorbée par les équipements de production.

Des variations de tension plus importantes peuvent survenir à la suite de *perturbations*.

### 5.2 Plage de fréquence en régime permanent

La fréquence en régime permanent du réseau de transport d'Hydro-Québec peut varier de  $\pm 1 \%$  par rapport à la fréquence nominale de 60 Hz, soit entre 59,4 Hz et 60,6 Hz.

Les *installations* du *producteur* doivent être conçues de manière à produire et livrer au *point de raccordement* la puissance active maximale prévue, dans la plage prescrite de variation de fréquence du réseau.

Des variations de fréquence plus importantes peuvent survenir à la suite de *perturbations*.

## 5.3 Régulation de la tension, système d'excitation et régulation de la fréquence

La régulation de la tension et la régulation de la fréquence sont indispensables au maintien de la stabilité et de la fiabilité du *réseau de transport*. Les systèmes d'excitation performants et les régulateurs de vitesse sont des éléments essentiels pour y arriver. Pour être efficace, il faut que la grande majorité des *centrales* participe à ces tâches.

Le *transporteur* peut exiger, selon les modalités décrites ci-dessous aux sections 5.3.1 à 5.3.3, que les *installations* du *producteur* participent au maintien de la tension et de la fréquence du réseau.

### 5.3.1 Régulation de tension

**Note :** les exigences concernant la régulation de la tension pour les éoliennes sont décrites à la section 14.3.

Les *centrales* raccordées au *réseau de transport* doivent participer à la régulation de tension du réseau en régime transitoire, dynamique et permanent.

À cette fin, chaque *alternateur synchrone* classique synchronisé au réseau doit être muni d'un système automatique de régulation de la tension et être en mesure de fournir ou d'absorber, en régime permanent, la puissance réactive nécessaire au maintien de la tension, et ce, jusqu'à concurrence des valeurs correspondant au facteur de puissance indiqué à la section 6.7 du présent document.

Pour tout autre type d'équipement de production, la régulation de tension peut être réalisée par les *groupes* ou par d'autres équipements ajoutés par le *producteur* à sa *centrale* (p. ex., compensateur synchrone ou statique). Dans tous les cas cependant, l'efficacité de la régulation assurée par la *centrale* doit être comparable à celle d'une *centrale* munie d'*alternateurs synchrones* classiques.

Dans le cas des *centrales* disposant d'une puissance installée inférieure à 10 MW, le *transporteur* pourrait accepter que celles-ci n'aient pas de système automatique de régulation de tension, notamment lorsque le niveau de court-circuit au *point de raccordement* est nettement plus élevé que la puissance installée de la *centrale*.

Aucun élément des *installations* du *producteur* (p. ex., câbles, limiteurs d'excitation) ne doit limiter la puissance réactive disponible au *point de raccordement*.

Afin de permettre au *transporteur* de mettre éventuellement en place un système de contrôle régional de la tension, les *centrales* de plus de 100 MW raccordées au *réseau de transport* doivent être conçues et réalisées de manière à pouvoir recevoir des consignes de source externe visant à régulariser la tension du réseau.

### 5.3.2 Système d'excitation statique

Tout *groupe* synchrone de 20 MW et plus faisant partie d'une *centrale* dont la puissance installée ou prévue à l'ultime est de 100 MW et plus doit être muni d'un système d'excitation statique avec circuit stabilisateur. Les exigences relatives aux caractéristiques du système d'excitation pour *alternateurs synchrones* doivent satisfaire aux exigences énoncées dans la CEGR (Caractéristiques Électriques Générales de Référence) intitulée « Système d'excitation statique pour les alternateurs », ou à toute révision de celle-ci. Les circuits stabilisateurs doivent être ceux homologués par Hydro-Québec, soit un stabilisateur multi-bande de type delta-oméga, tel que le stipule la CEGR intitulée « Stabilisateur multi-bandes de type delta-oméga », ou toute révision de celle-ci. Les réglages à utiliser seront spécifiés par le *transporteur* lors de la réalisation du projet mais pourront être révisés par ce dernier compte tenu de l'évolution du réseau. Les CEGR indiquées précédemment sont disponibles à l'adresse suivante :

[http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs\\_prives.html](http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs_prives.html)

Dans le cas d'une nouvelle *centrale* implantée dans un *grand centre de charge* ou de la *modification* du système d'excitation statique d'une *centrale* située dans un *grand centre de charge*, le *transporteur* pourrait admettre pour le système d'excitation statique une valeur plafond moins élevée que celle spécifiée dans la CEGR intitulée « Système d'excitation statique pour les alternateurs », à condition qu'il n'y ait pas de perte de bénéfices ou de performance pour les réseaux local et principal par rapport au résultat obtenu au moyen d'une excitation statique avec stabilisateur, ainsi qu'on l'a spécifié au premier paragraphe de la présente sous-section.

De même, lors de la *modification* d'un système d'excitation lent d'une *centrale* située dans un *grand centre de charge*, le *transporteur* peut accepter un système d'excitation ayant une performance au moins équivalente à celle d'un système d'excitation à diodes tournantes à condition qu'il n'y ait pas de perte de bénéfices ou de performance pour les réseaux local et principal par rapport au résultat obtenu au moyen d'une excitation statique avec stabilisateur, ainsi qu'on l'a spécifié au premier paragraphe de la présente sous-section.

Pour les *groupes* synchrones de moins de 20 MW ou pour les *centrales* dont la puissance installée ou prévue à l'ultime est inférieure à 100 MW, le *transporteur* pourra exiger, à la lumière des résultats de l'*étude d'intégration*, que les *groupes* synchrones soient munis de *systèmes d'excitation* statique avec circuits stabilisateurs. Ce pourrait notamment être le cas lorsque la *centrale* est éloignée du *réseau de transport* principal d'Hydro-Québec ou lorsque la *centrale* doit, à l'occasion, être synchronisée à un réseau voisin par l'intermédiaire d'un tronçon du *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

### 5.3.3 Régulation de fréquence

Les exigences concernant la régulation de fréquence pour les éoliennes sont décrites à la section 14.4.

Tout *groupe* synchronisé au réseau dont la puissance assignée est supérieure à 10 MW doit, afin de contribuer à la régulation de la fréquence du réseau, être muni d'un système de régulation de vitesse doté d'un statisme permanent ( $\sigma$ ) comportant une plage réglable de 0 à 5 % au minimum et aucune bande morte d'insensibilité en fréquence. Les *groupes* asynchrones capables de régulariser la fréquence et dont la puissance assignée est supérieure à 10 MW doivent, afin de contribuer à la régulation de la fréquence du réseau, être munis d'un système d'asservissement apte à réaliser des fonctions similaires. Cette exigence s'applique également aux *groupes* qui sont raccordés par l'intermédiaire des *installations* du réseau de distribution, d'un *réseau voisin québécois*, d'un *réseau municipal* ou de la *Coopérative SJBR*.

Cependant, le *transporteur* pourra, à la lumière des résultats de l'*étude d'intégration*, exiger qu'un régulateur de vitesse soit installé sur des *groupes* dont la puissance assignée est inférieure à 10 MW, notamment lorsqu'il est prévu, dans certaines situations particulières, îloter la *centrale* sur des charges normalement raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec. De plus, si la *centrale* doit pouvoir être redémarrée en mode îloté, elle devra avoir la capacité de démarrer en mode autonome (blackstart capability).

Nonobstant ce qui précède, le *transporteur* pourra exiger, pour certaines configurations de réseau, que le régulateur de vitesse soit temporairement mis hors fonction après synchronisation au *réseau de transport* d'Hydro-Québec, de façon à réduire le risque d'*îlotage* indésirable de la *centrale* sur la charge d'un client raccordée au *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

## 5.4 Qualité de l'onde électrique – Limites d'émission

Les exigences suivantes visent à limiter les *perturbations* de l'onde électrique produites par les *installations* du *producteur*, de façon à ne pas compromettre la qualité de l'alimentation électrique fournie aux clients raccordés au *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Les *installations* du *producteur* doivent être conçues et exploitées de façon à respecter les exigences énoncées dans le document intitulé « Limites d'émission des installations de clients raccordées au réseau de transport d'Hydro-Québec » en vigueur. Ce document est disponible à l'adresse :

[http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs\\_prives.html](http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs_prives.html)

Ces limites ont trait aux *perturbations* suivantes : les harmoniques et l'influence téléphonique, les déséquilibres de tension et de charge, les variations rapides de tension et le papillotement. Le *transporteur* déterminera s'il y a lieu de procéder à des études d'émission et précisera les méthodes d'évaluation à utiliser, le cas échéant, pendant l'*étude d'intégration*, en fonction des technologies utilisées par le *producteur* et à la lumière des directives des sections 5.4.1 à 5.4.3.

De plus, afin de s'assurer que les *installations* du *producteur* respectent les limites d'émission permises sous toutes les conditions d'exploitation envisageables, le *transporteur* pourra exiger du *producteur* que des essais ou mesures soient effectués avant l'acceptation finale des *installations*. D'autres essais ou mesures pourront aussi être exigés par la suite pour s'assurer du respect continu des limites d'émission.

#### 5.4.1 Variations rapides de tension et papillotement

Les variations rapides de tension et le papillotement sont des *perturbations* pouvant se répéter de façon aléatoire ou périodique et ainsi perturber le bon fonctionnement des équipements sensibles. Ces *perturbations* peuvent être notamment causées par la manoeuvre d'équipements provoquant des variations rapides de puissance réactive (comme les batteries de condensateurs), le démarrage et l'arrêt d'équipements de puissance, les mises sous tension répétitives de transformateurs de puissance, les variations continues de la puissance produite par des éoliennes, etc.

Lorsque les *installations* du *producteur* sont susceptibles de causer de telles variations de tension, celui-ci doit produire au *transporteur* une étude d'émission faite par un ingénieur afin de démontrer que ses *installations* sont conçues pour respecter les limites autorisées. À cette fin, le *transporteur* fournira au *producteur* les caractéristiques de réseau à utiliser pour effectuer le calcul des niveaux d'émission, en fonction des différentes conditions d'exploitation envisageables. Les *perturbations* transitoires non répétitives d'une durée inférieure à 2 périodes de 60 Hz ne sont généralement pas prises en considération dans ces calculs, mais elles peuvent cependant faire l'objet de limites spécifiques dans certains cas.

#### 5.4.2 Harmoniques

Les harmoniques produites par certains types d'*installation* peuvent créer des distorsions de tension et de courant susceptibles de produire des interférences dans les réseaux de communication. C'est la raison pour laquelle les *alternateurs synchrones* du *producteur* doivent satisfaire aux exigences d'essais en matière d'harmoniques et d'interférence téléphonique stipulées dans la norme CEI/IEC (Commission électrotechnique internationale), série 60034 ou l'équivalent. Cette norme peut être obtenue à partir du site internet du Conseil canadien des normes à l'adresse suivante : <http://www.scc.ca/fr/index.shtml>

Les *génératrices asynchrones* doivent avoir des performances semblables. Ces performances doivent être confirmées par des essais et être incluses dans les rapports d'essais prévus à la section 12 des présentes.

Lorsque des équipements de la *centrale* (hormis les *alternateurs synchrones* et les *génératrices asynchrones* conformes aux normes précédentes) sont susceptibles de produire des harmoniques, (par exemple, des convertisseurs de puissance), le *producteur* doit, au stade de la conception de ses *installations*, réaliser une étude d'émission, dans le *réseau de transport*, d'harmoniques provenant de ses *installations*. Cette étude doit être réalisée par un ingénieur selon les méthodes spécifiées dans le document « Limites d'émission des installations de clients raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec » ou toute révision de ce document et soumise au *transporteur* pour acceptation afin de démontrer que les *installations* du *producteur* sont conçues pour respecter les limites permises.

Pour effectuer l'étude d'émission, le *producteur* a besoin d'informations concernant les lieux d'impédance harmonique du *réseau de transport* d'Hydro-Québec. Ces informations seront fournies par le *transporteur* au moment de l'*étude d'avant-projet*.

### **5.4.3 Exigences additionnelles en matière de qualité de l'onde électrique**

Compte tenu des diverses particularités des équipements de production d'électricité et de l'évolution des technologies utilisées, le *transporteur* pourra au besoin spécifier des exigences additionnelles en matière de qualité de l'onde électrique que devront respecter les *installations* du *producteur* pour préserver une qualité de service adéquate. Sans limiter la portée générale de ce qui précède, ces exigences additionnelles pourront être définies en fonction du type de production, du mode de raccordement ou des caractéristiques du réseau auquel les *installations* du *producteur* sont raccordées. Ce pourra être le cas, par exemple, lorsque les *installations* sont raccordées à un endroit où le rapport entre le niveau de court-circuit du *réseau de transport* d'Hydro-Québec et la puissance des *installations* du *producteur* est faible. Après évaluation de la situation, le *transporteur* pourra, s'il y a lieu, ajouter de telles exigences à l'étape de l'*étude d'avant-projet* ou aussitôt que seront connues les caractéristiques des *installations* du *producteur* influant sur la qualité de l'onde.

## 5.5 Synchronisation

Afin de limiter les perturbations dans le *réseau de transport* lors des manœuvres de synchronisation de ses *groupes*, le *producteur* devra doter ses *installations* d'un système de synchronisation en fréquence pour les *alternateurs synchrones* ou d'un système de vérification de vitesse pour les *génératrices asynchrones*.

Le *transporteur* peut exiger que la manœuvre de synchronisation des *groupes* du *producteur* au *réseau de transport* se fasse du côté haute tension des transformateurs élévateurs. L'*étude d'intégration* permettra de déterminer ce point.

## 6. Exigences relatives à l'appareillage

Chaque *centrale* qui doit être raccordée au *réseau de transport* d'Hydro-Québec requiert des études d'ingénierie de la part du *producteur*, réalisées selon les normes et les règles de l'art et portant notamment sur les courts-circuits et la coordination de l'isolement, de façon à définir adéquatement l'ensemble des caractéristiques de l'appareillage. Les exigences suivantes sont minimales et concernent uniquement les besoins du *réseau de transport*.

### 6.1 Régime du neutre

Le régime du neutre définit le mode de connexion électrique du point neutre d'un équipement ou d'une *installation* par rapport à la terre.

#### 6.1.1 Régime du neutre du *réseau de transport*

Les *installations* du *réseau de transport* d'Hydro-Québec sont pour la plupart à neutre effectivement mis à la terre, c'est-à-dire qu'elles satisfont aux critères suivants :

$$0 \leq X_0/X_1 \leq 3 \quad \text{et} \quad 0 \leq R_0/X_1 \leq 1$$

où :

$X_1$  = réactance de composante directe du réseau ;

$X_0$  = réactance de composante homopolaire du réseau ;

$R_0$  = résistance de composante homopolaire du réseau.

Il existe cependant des parties du *réseau de transport*, à 69 kV et moins, dont le neutre n'est pas effectivement mis à la terre. L'impédance de composante homopolaire est alors plus élevée que celle correspondant aux critères ci-dessus.

Les caractéristiques du régime du neutre du *réseau de transport* peuvent influencer les niveaux de court-circuit à la terre et le pouvoir de coupure des disjoncteurs, les surtensions et les niveaux d'isolement de l'appareillage, les caractéristiques des parafoudres, le type de connexion des enroulements des transformateurs, les caractéristiques et réglages de la protection, etc. Par conséquent, les *installations* du *producteur* doivent être conçues de façon adéquate et être compatibles avec les caractéristiques du régime du neutre du *réseau de transport* d'Hydro-Québec en condition normale et en cas de défaut.

Les exigences décrites aux sections 6.1.2 et 6.1.3 visent à limiter les surtensions temporaires éventuelles lorsque les disjoncteurs du *réseau de transport* d'Hydro-Québec ouvrent en premier pour isoler un défaut à la terre sur la partie du réseau à laquelle les *installations* du *producteur* sont raccordées.



### 6.1.2 Réseau effectivement mis à la terre

Lorsque le régime du neutre du *réseau de transport* d'Hydro-Québec est effectivement mis à la terre en conditions normales, le *poste de départ* doit avoir un régime du neutre effectivement mis à la terre vu du côté haute tension.

Pour satisfaire cette exigence, le neutre des enroulements du côté haute tension du ou des transformateurs élévateurs servant au raccordement de la *centrale* doit être mis à la terre; en outre, les valeurs des impédances de ce ou ces transformateurs ainsi que les connexions des enroulements doivent être telles que les *installations* du *producteur* satisfassent aux critères d'une mise à la terre effective, à savoir :

$$0 \leq X_0/X_1 \leq 3 \quad \text{et} \quad 0 \leq R_0/X_1 \leq 1$$

où :

$X_1$  = réactance de composante directe de la *centrale* vue du côté haute tension du *poste de départ* ;

$X_0$  = réactance de composante homopolaire de la *centrale* vue du côté haute tension du *poste de départ* ;

$R_0$  = résistance de composante homopolaire de la *centrale* vue du côté haute tension du *poste de départ*.

Dans le cas où la production est intégrée au *réseau de transport* par l'intermédiaire d'*installations* existantes (p. ex. : *clients industriels*, *postes satellites*), les exigences précédentes à l'égard du régime du neutre s'appliquent également (l'évaluation de  $X_1$ ,  $X_0$  et  $R_0$  s'effectue dans ce cas du côté haute tension du poste du *client industriel* ou du *poste satellite*). On pourra alors recourir aux moyens suivants pour respecter ces exigences :

- l'ajout de transformateur(s) de mise à la terre du côté haute tension du poste du *client industriel* ou du *poste satellite* ;
- la modification du type de connexion des enroulements des transformateurs existants dans le poste considéré ;
- considérer l'effet sur le régime du neutre local des autres transformateurs raccordés à la même ligne de transport ;
- l'ajout d'un système de *télédéclenchement* de la *centrale* si les caractéristiques du réseau le permettent sans dégradation induite de la qualité de service aux autres clients.

Selon les caractéristiques du *réseau de transport* à proximité du *point de raccordement*, une limitation de la contribution au courant de défaut à la terre du poste à la *centrale* peut aussi s'avérer nécessaire. À cette fin, des exigences

additionnelles peuvent être spécifiées comme l'addition d'une inductance du côté haute tension entre le neutre de chaque transformateur et la terre, ou l'utilisation de transformateurs connectés YN ayant une valeur d'impédance homopolaire appropriée du côté haute tension (l'enroulement du côté basse tension est généralement flottant). Lorsqu'une telle limitation de la contribution de la *centrale* aux courants de défaut à la terre est requise sur une partie du réseau, le *transporteur* déterminera les valeurs d'impédance homopolaire ou la valeur des inductances de neutre au moment de l'étude d'avant-projet, en tenant compte des critères précédents.

### 6.1.3 Réseau non effectivement mis à la terre

Lorsqu'une *centrale* est raccordée à une partie du *réseau de transport* d'Hydro-Québec dont le neutre n'est pas effectivement mis à la terre en conditions normales, le *transporteur* exige que les *installations* servant au raccordement de la *centrale* soient conçues en conséquence et qu'elles ne contribuent pas à plus de 400 A au courant de défaut monophasé sur cette partie du *réseau de transport*. Si les caractéristiques du réseau le permettent, une contribution plus élevée au courant de défaut peut être convenue entre le *transporteur* et le *producteur*.

Par ailleurs, un transformateur de mise à la terre d'impédance appropriée sera généralement requis du côté haute tension du *poste de départ* ou du *poste satellite* pour éviter que l'impédance de séquence homopolaire ne devienne capacitive à cause, par exemple, de l'effet capacitif des lignes ou des câbles du côté du *réseau de transport*.

## 6.2 Caractéristiques électriques générales de l'appareillage

Les caractéristiques électriques de l'appareillage constituant les *installations* du *producteur* doivent être compatibles avec celles du *réseau de transport* auquel sont raccordées ses *installations*, notamment en matière de coordination de l'isolement. Le tableau 4 présente les valeurs normalisées actuelles des niveaux d'isolement et de court-circuit du *réseau de transport*. Il est recommandé au *producteur*, lors de la conception de ses *installations*, de vérifier auprès du *transporteur* les caractéristiques électriques applicables à la partie du *réseau de transport* où ses *installations* seront raccordées.

Si un *producteur* installe des équipements dont le pouvoir de coupure ou la tenue en court-circuit sont inférieurs aux niveaux de court-circuit normalisés selon les caractéristiques suivies par le *transporteur*, il devra remplacer ces équipements à ses frais si l'évolution du *réseau de transport* entraîne leur dépassement.

**Tableau 4** – Niveaux d’isolement et niveaux de court-circuit normalisés pour l’appareillage du *réseau de transport* d’Hydro-Québec

| Tension nominale du réseau <sup>1</sup><br>(kV L-L eff.) | Tension assignée des appareils<br>(kV L-L eff.) | Niveaux d’isolement à la terre <sup>2</sup> |                      | Niveaux de court-circuit normalisés <sup>3</sup><br>(kA eff. sym.) |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                          |                                                 | Foudre<br>(kV cr.)                          | 60 Hz<br>(kV eff.)   |                                                                    |
| 69                                                       | 72,5                                            | 350                                         | 140                  | 31,5                                                               |
| 120                                                      | 145                                             | 550                                         | 230                  | 40                                                                 |
| 161                                                      | 170                                             | 650-750 <sup>4</sup>                        | 275-325 <sup>4</sup> | 31,5 et 50 <sup>5</sup>                                            |
| 230                                                      | 245                                             | 850-950 <sup>4</sup>                        | 360-395 <sup>4</sup> | 31,5 et 50 <sup>5</sup>                                            |
| 315                                                      | 330                                             | 1050-1175 <sup>4,6</sup>                    | 460                  | 31,5 et 50 <sup>5</sup>                                            |

**1** – Pour les niveaux de tension de 44 et 49,2 kV, les valeurs ne sont pas normalisées et doivent être confirmées au cas par cas. Pour 735 kV, les valeurs doivent aussi être confirmées au cas par cas.  
**2** – D’autres exigences s’appliquent aussi aux sectionneurs qui doivent avoir des niveaux d’isolement entre contacts ouverts supérieurs aux niveaux d’isolement à la terre.  
**3** – Le rapport X/R prescrit pour ces niveaux de tension est 30.  
**4** – La valeur plus faible s’applique aux transformateurs et inductances shunt protégés par des parafoudres aux bornes ; la valeur plus élevée s’applique au reste de l’appareillage en général.  
**5** – Le niveau de court-circuit dépend des caractéristiques spécifiques du réseau en cause.  
**6** – La tenue aux chocs de manœuvre est de 850 kV crête.

### 6.3 Sectionneurs de raccordement

Pour assurer la sécurité de son personnel en cas d’intervention dans le réseau, le *transporteur* exige que les *installations* du *producteur* puissent être isolées du *réseau de transport* par un point de coupure visible, accessible au *transporteur*. Ce point de coupure doit être situé le plus près possible du *point de raccordement*.

Ce rôle de point de coupure est généralement rempli par un sectionneur installé à chaque *point de raccordement*. Ce sectionneur, appelé *sectionneur de raccordement*, doit pouvoir se cadenasser en position ouverte (l’angle d’ouverture doit être supérieur à 90° pour une ouverture verticale avec lame vers le haut). Si ce sectionneur est motorisé, on devra pouvoir désactiver et cadenasser les mécanismes de commande et d’entraînement.

Dans certains cas, le *transporteur* pourra accepter qu’un appareil autre qu’un sectionneur (p. ex. un disjoncteur débouchable) remplisse le rôle de point de coupure.

Dans tous les cas, le *producteur* devra fournir les spécifications de l’appareillage au *transporteur* qui en validera la conformité à ses exigences de sécurité.

À noter qu’un *sectionneur de raccordement* ne peut en aucun cas être couplé avec un sectionneur de mise à la terre, côté *réseau de transport*, lequel serait automatiquement mis à la terre à l’ouverture du *sectionneur de raccordement*.

## 6.4 Parafoudres du côté haute tension du *poste de départ*

Si le *poste de départ* appartenant au *producteur* comporte des parafoudres haute tension, ceux-ci doivent, à moins d'entente avec le *transporteur*, être situés du côté *centrale* du *sectionneur de raccordement*, afin qu'ils puissent être isolés du *réseau de transport* sans mise hors tension de la ligne du *transporteur*.

Les parafoudres doivent être de type oxyde de zinc sans éclateur et dimensionnés en fonction des contraintes (notamment de surtension) dans le *réseau de transport* et dans les *installations* où ils sont raccordés.

## 6.5 Disjoncteurs

Les disjoncteurs doivent posséder des caractéristiques de tenue de l'isolation et de pouvoir de coupure (Tension Transitoire de Rétablissement (TTR), Tension de Rétablissement (TR), courant de courte durée admissible et pouvoir de coupure en court-circuit, etc.) adéquates pour interrompre tout courant de défaut de toute nature dans les *installations* du *producteur* ou sur toute partie du *réseau de transport* d'Hydro-Québec auquel les *installations* du *producteur* sont raccordées. La tenue de l'isolation et la coupure de défauts en opposition de phases doivent faire l'objet d'une attention particulière pour s'assurer que les disjoncteurs ont le pouvoir de coupure requis.

### 6.5.1 *Disjoncteurs de raccordement*

Comme le stipule la section 3.1.2, le *producteur* devra doter ses *installations* d'un ou de plusieurs *disjoncteurs de raccordement*. Ces appareils doivent pouvoir être manœuvrés dans la séquence Ouverture, Fermeture, Ouverture (O-F-O) avec une autonomie de huit heures consécutives en l'absence prolongée de tension sur le *réseau*.

Lorsqu'un *disjoncteur de raccordement* comporte un système intégré de détection d'anomalies internes (p. ex. : basse densité de SF<sub>6</sub>) pouvant forcer la fermeture de l'appareil ou inhiber son fonctionnement normal (p. ex. : verrouillage à l'état), le *producteur* doit, suite à une détection d'anomalie, retirer le disjoncteur en question le plus rapidement possible du service afin de ne pas risquer d'endommager ses *installations* ou de perturber indûment le *réseau*. Le *producteur* devra soumettre au *transporteur*, pour acceptation, les mesures qu'il entend prendre pour respecter cette exigence.

## 6.6 Alternateurs synchrones et génératrices asynchrones

Les installations du producteur, notamment ses *alternateurs synchrones* et ses *génératrices asynchrones*, doivent être conçues de manière à supporter, sans déclenchement, des déséquilibres de tension pouvant atteindre 2 % (composante inverse,  $V_2/V_1$ ) en régime permanent sur le réseau de transport d'Hydro-Québec et des déséquilibres plus importants encore pendant des durées limitées (p. ex. : 50 % de déséquilibre de tension en cas de défaut).

Le transporteur pourra, à la suite de l'étude d'intégration, imposer des exigences additionnelles concernant certaines valeurs d'impédance ou de constante de temps pour les *alternateurs synchrones* (p. ex. : la valeur maximale pour le rapport  $X''_q / X''_d$ , ou la valeur maximale de  $X'_d$  ou de  $T'_{do}$ ), de façon à assurer le maintien de la stabilité du réseau de transport. À titre d'indication, le rapport  $X''_q / X''_d$  des *alternateurs synchrones* actuellement raccordés au réseau d'Hydro-Québec se situe généralement entre 1,0 et 1,3, alors que la valeur typique du  $X'_d$  est de 0,3 p.u. sur la base en MVA des équipements. La valeur typique de la constante de temps  $T'_{do}$  est de 6,0 secondes.

L'aspect harmonique (forme d'onde, interférence) est traité à la section 5.4.2.

## 6.7 Facteur de puissance de conception des équipements de production

Les exigences relatives au facteur de puissance qui s'appliquent aux éoliennes sont décrites à la section 14.3.

Les facteurs de puissance spécifiés ci-après déterminent les limites supérieure et inférieure de la plage de la puissance réactive que les installations du producteur devront rendre disponible au réseau en régime permanent<sup>3</sup>.

### 6.7.1 Alternateurs synchrones classiques synchronisés au réseau

Les *alternateurs synchrones* classiques doivent avoir un facteur de puissance assigné inférieur ou égal à :

- 0,90 en mode surexcité ;
- 0,95 en mode sous-excité.

---

<sup>3</sup> Lorsque la centrale est raccordée par l'intermédiaire des installations d'un client industriel, ce dernier doit respecter le facteur de puissance (FP) prescrit dans les conditions de fourniture d'électricité du distributeur. Un système de mesurage apte à distinguer la partie industrielle de la partie production doit être installé pour permettre de déduire la contribution réelle de la centrale et la consommation de la charge et ainsi vérifier la conformité aux exigences relatives au facteur de puissance.

Ces facteurs de puissance sont définis aux bornes de l'*alternateur synchrone*.

De plus, pour les *centrales* dont le *point de raccordement* est du côté haute tension du *poste de départ*, le facteur de puissance en mode surexcité doit aussi être égal ou inférieur à 0,95, au *point de raccordement*.

Cependant, si l'*étude d'intégration* montre que la puissance réactive des *alternateurs synchrones* ne peut être complètement utilisée par le *réseau de transport*, le *transporteur* pourra accepter que le facteur de puissance aux bornes de l'alternateur, en mode surexcité, soit supérieur à 0,9, sans toutefois excéder 0,95. Pour les *centrales* dont le *point de raccordement* se trouve du côté haute tension du *poste de départ*, le facteur de puissance en mode surexcité devra aussi être égal ou inférieur à 0,97 au *point de raccordement*.

Les alternateurs des *centrales* dont la puissance installée est inférieure à 10 MW et qui ne sont pas tenues de participer à la régulation de la tension, ainsi que le stipule la section 5.3.1 du présent document, doivent fournir une puissance réactive suffisante pour maintenir un facteur de puissance unitaire du côté haute tension du *poste de départ*.

### **6.7.2 Autres types d'équipement de production**

Pour tout autre type d'équipement de production, la *centrale* doit rendre disponible, du côté haute tension du *poste de départ*, la plage de puissance réactive correspondant à un facteur de puissance assigné surexcité et sous-excité égal ou inférieur à 0,95. La puissance réactive disponible doit au moins correspondre à un facteur de puissance de 0,95 de la puissance assignée des *groupes* en service.

Cependant, si l'*étude d'intégration* montre que la puissance réactive de la *centrale* ne peut être complètement utilisée par le *réseau de transport*, le *transporteur* pourra accepter que le facteur de puissance du côté haute tension du *poste de départ*, en mode surexcité et sous-excité, soit supérieur à 0,95 sans toutefois excéder 0,97.

Les *centrales* disposant d'une puissance installée inférieure à 10 MW et qui ne sont pas tenues de participer à la régulation de la tension, ainsi que le stipule la section 5.3.1 du présent document, doivent fournir une puissance réactive suffisante pour maintenir un facteur de puissance unitaire du côté haute tension du *poste de départ*.

## **6.8 Constante d'inertie des groupes**

Afin de préserver la stabilité et l'intégrité du *réseau de transport* lors de *perturbations* et réduire les risques d'oscillations entre les *centrales*, la constante d'inertie des *groupes* d'une *centrale* raccordée au *réseau de transport* d'Hydro-Québec doit être

compatible avec les constantes d'inertie des *centrales* existantes dans la région où la *centrale* est raccordée. L'*étude d'intégration* précisera, au besoin, la constante d'inertie minimale applicable aux *groupes* de la *centrale* du *producteur*.

## 6.9 Transformateurs élévateurs

### 6.9.1 Prises

À moins de stipulation contraire au moment de l'*étude d'intégration*, les transformateurs élévateurs de la *centrale* doivent être munis de prises permettant de modifier le rapport de transformation en fonction des conditions de tension du *réseau de transport*. Le choix des prises doit être fait de façon à ne pas entraver l'exploitation actuelle ou future du *réseau de transport* d'Hydro-Québec et à respecter les exigences définies à la section 5.1.

### 6.9.2 Connexions des enroulements des transformateurs élévateurs

Les connexions des enroulements des transformateurs élévateurs de la *centrale* doivent satisfaire aux exigences stipulées au point 6.1.2 ou 6.1.3, selon le cas.

### 6.9.3 Valeurs d'impédance

Le *transporteur* peut, à la suite de l'*étude d'intégration*, spécifier des valeurs limites (maximales ou minimales) d'impédance pour les transformateurs élévateurs de la *centrale*, dans le respect des exigences énoncées au point 6.1.2 ou 6.1.3, selon le cas.

## 6.10 Conversion éventuelle de tension de certaines sections du réseau de transport

Afin de moderniser ses équipements ou pour mieux répondre aux besoins de sa clientèle, le *transporteur* peut être amené à convertir certaines parties de son *réseau de transport* à une tension nominale différente de celle utilisée lors du raccordement de la *centrale*.

Tout projet en ce sens sera mentionné dans l'*étude d'intégration*. Le cas échéant, les *installations* du *producteur* devront être conçues pour s'adapter aux différents niveaux de tension spécifiés dans l'étude.

## 6.11 Lignes de transport érigées par le producteur

Le *producteur* qui érige une ligne de transport pour raccorder sa *centrale* au *réseau de transport* doit s'assurer que les caractéristiques électriques et mécaniques de celle-ci sont équivalentes à celles d'une ligne construite par le *transporteur* pour un projet comparable, afin de préserver la fiabilité et la sécurité du *réseau de transport*. Dans ce cas, le *transporteur* fournira au *producteur* les exigences particulières de conception, selon le type de ligne et l'endroit où elle sera érigée.



## 7. Exigences relatives aux systèmes de protection

### 7.1 Exigences générales

Il incombe au *producteur* de protéger adéquatement ses *installations* contre les *perturbations* qui surviennent dans ses *installations* ou dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Le *producteur* doit aussi fournir et installer dans ses *installations* des systèmes de protection aptes à protéger efficacement le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

Les diverses protections installées par le *producteur* doivent être coordonnées entre elles, et avec celles du *réseau de transport*.

D'autres exigences spécifiques justifiées par l'*étude d'intégration* ou par l'*étude d'avant-projet* pourront toutefois s'ajouter à celles précisées dans le présent chapitre.

#### 7.1.1 Sélectivité des systèmes de protection des *installations* du *producteur* face aux *perturbations* dans le *réseau de transport*

Aucune protection servant à protéger les *installations* du *producteur* ne doit occasionner un *déclenchement de groupe*, directement ou indirectement, à l'intérieure des plages de tension et de fréquence en régime permanent indiquées aux sections 5.1 et 5.2. De plus, comme le stipule la section 4.2.2.1, les *installations* de production raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec doivent demeurer en service et ne pas provoquer un *déclenchement de groupe* lors de *perturbations* dans le *réseau de transport* afin de contribuer au maintien de la stabilité du réseau et au rétablissement de la tension et de la fréquence.

Les protections servant à protéger les *installations* du *producteur* doivent donc être suffisamment sélectives pour éviter tout *déclenchement* indésirable de *groupe* lors de *perturbations*. Plus précisément, aucune protection ne doit occasionner un *déclenchement de groupe*, directement ou indirectement, pour les écarts de tension et de fréquence indiqués aux tableaux 1 et 2 de la section 4.2.2.1. Les *installations* qui ne sont pas susceptibles d'être endommagées par des variations de tension ou de fréquence plus importantes doivent demeurer en service au-delà des valeurs minimales indiquées dans ces tableaux.

De plus, tel que le stipule la section 4.2.2.2, certaines *centrales* requises pour assurer l'intégrité des équipements du *réseau de transport* doivent demeurer en service sans *déclenchement de groupe* en dépit des fortes surtensions qui peuvent survenir lors de

la séparation et de l'instabilité d'une partie ou de la totalité du *réseau de transport*. Les protections servant à protéger les *installations* de ces *centrales* doivent également être sélectives (en l'occurrence, insensibles) face aux niveaux de surtension présentés au tableau 3 de la section 4.2.2.2.

### **7.1.2 Exigences à respecter dans le cas d'une *centrale* raccordée au réseau « *bulk* »**

Tel que le stipule la section 4.1, des exigences supplémentaires s'appliqueront aux *installations* du *producteur*, notamment aux systèmes de protection et de télécommunications, si l'*étude d'intégration* révèle que ces *installations* font partie du *réseau « bulk »*. Plus précisément, les systèmes de protection devront satisfaire aux exigences définies dans le document A-5, intitulé « Bulk Power System Protection Criteria » du NPCC, ou à toute révision de ce document. De plus, la maintenance de ces systèmes de protection devra être réalisée conformément aux règles définies dans le document A-4, intitulé « Maintenance Criteria for Bulk Power System Protection » du NPCC ou à toute révision de ce document.

### **7.1.3 Réenclenchement automatique**

À moins d'une entente particulière conclue avec le *transporteur* suite à l'*étude d'intégration*, tout *réenclenchement* automatique des *installations* du *producteur* est interdit, que le défaut se produise dans ses *installations* ou dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec.

## **7.2 Exigences relatives au régime du neutre**

Les exigences relatives au régime du neutre, définies à la section 6.1, visent aussi à garantir que les systèmes de protection parviendront à détecter et à éliminer rapidement la contribution de la *centrale* à un défaut dans la zone du *réseau de transport* définie par le *transporteur*.

Si la *centrale* est intégrée au *réseau de transport* par l'intermédiaire des transformateurs d'un *client industriel* ou d'un *poste satellite*, le *transporteur* pourra exiger, en plus d'une mise à la terre effective du neutre, des systèmes de protection supplémentaires comprenant notamment des systèmes de *télédéclenchement* ou des téléprotections.

Si la *centrale* est raccordée à une partie du réseau dont le neutre n'est pas effectivement mis à la terre en condition normale, le *transporteur* exigera systématiquement des systèmes de protection appropriés à cette situation.

### 7.3 Exigences relatives aux disjoncteurs

Les disjoncteurs à 230 kV et plus doivent être équipés de deux jeux de bobines d'ouverture avec noyaux indépendants, chacun étant prévu pour les deux circuits d'ouverture automatique par protection. Pour les niveaux de tension inférieurs, le *transporteur* pourra également exiger, si les besoins de protection du réseau le justifient, deux jeux de bobines d'ouverture avec noyaux indépendants.

### 7.4 Fonctions minimales de protection exigées pour les besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec

Les fonctions minimales de protection qui doivent être installées pour répondre aux besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec sont décrites ci-dessous. Ces systèmes de protection doivent assurer, pour la zone qu'ils doivent circonscrire, la détection de tout type de défaut et de perturbation pouvant affecter le *réseau de transport* d'Hydro-Québec, qu'ils se produisent dans les *installations* du *producteur* ou dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec. Lorsque les systèmes de protection sont sollicités dans de telles situations, ils doivent permettre d'isoler du *réseau de transport* la zone en défaut.

Les systèmes de protection proposés par le *producteur* doivent être soumis au *transporteur* qui s'assurera qu'ils respectent les présentes exigences.

#### 7.4.1 Protections contre les défauts dans les *installations* du *producteur*

Les systèmes de protection utilisés par le *producteur* pour détecter les défauts dans ses *installations* doivent être compatibles et coordonnés avec les systèmes de protection utilisés dans le *réseau de transport*. Les systèmes de protection du *producteur*, lorsqu'ils sont sollicités, doivent isoler de façon rapide, fiable, sélective et sécuritaire tout type de défaut affectant ses *installations*. À noter que certaines exigences particulières pourront être ajoutées par le *transporteur* à la lumière des résultats de l'*étude d'intégration*.

#### 7.4.2 Protections contre les défauts dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec

Les systèmes de protection utilisés pour éliminer les défauts survenant dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec varient selon l'emplacement, la taille, les caractéristiques et le type de production (*alternateurs synchrones*, *génératrices asynchrones*, etc.) de chaque *centrale*. Ils peuvent aussi varier en fonction des caractéristiques du *réseau de transport* auquel les *installations* du *producteur* sont

raccordées. Ces protections doivent, lorsqu'elles sont sollicitées, éliminer de façon rapide, fiable, sélective et sécuritaire la contribution des *installations* du *producteur* à tout type de défaut.

Deux protections primaires (telles qu'elles sont définies ci-dessous) ayant chacune un relais de déclenchement sont requises. Dans certains cas, on pourra exiger un niveau d'indépendance plus élevé pour les deux protections primaires, de façon à répondre aux besoins du *réseau de transport* local auquel sont raccordées les *installations* du *producteur*.

Lorsque la contribution des *groupes* au défaut dans le *réseau de transport* n'est pas suffisante pour permettre l'utilisation de deux protections primaires, par exemple, lorsqu'il s'agit de *génératrices asynchrones*, les solutions de protection applicables seront traitées dans le rapport technique relatif aux exigences en matière d'automatisme et de protection propres à chaque projet.

Les protections dites primaires sont composées de relais dont les fonctions et réglages présentent les particularités suivantes :

- la protection couvre tous les types de défauts : triphasés, biphasés, biphasés à la terre, et monophasés à la terre avec et sans une impédance de défaut. Lorsque le défaut est impédant, la résistance de défaut utilisée doit être de  $R_f = 10 \text{ ohms}$ , c'est-à-dire  $3R_f = 30 \text{ ohms}$  en composante homopolaire ;
- le fonctionnement n'est retardé par aucun délai intentionnel sauf ceux requis pour assurer la coordination avec les systèmes de protection du *réseau de transport* ;
- la protection est sélective. La zone couverte par la protection primaire doit être coordonnée avec les protections des zones adjacentes.

Ces protections doivent, dans la mesure du possible, être de conception différente ou provenir de fabricants différents. Ils peuvent nécessiter l'utilisation de télécommunications.

#### **7.4.3 Protections de tension, protection de fréquence et Télédéclenchement**

Les protections de fréquence et les protections de tension sont requises pour protéger les *installations* du *producteur* et le *réseau de transport*. Du *télédéclenchement* peut aussi être requis.

#### 7.4.3.1 Protection de tension

Les exigences concernant la protection de tension pour les éoliennes sont décrites à la section 14.5.1.

La protection de tension doit comporter une fonction de sous-tension et une fonction de surtension. Cette protection doit être suffisamment sélective pour éviter des *déclenchements* indésirables en cas de *perturbations*.

Les réglages de la protection de tension des *centrales* raccordées au *réseau de transport* doivent respecter les plages de tension en régime permanent indiquées à la section 5.1. De plus, afin de se conformer aux exigences énoncées à la section 4.2.2.1, les réglages de la protection de tension doivent aussi respecter les plages de tension et les durées minimales du tableau 1 (section 4.2.2.1). Ainsi, le tableau montre qu'un relais de surtension dont le seuil d'opération est réglé à une tension de 1,17 p.u. ne devrait pas provoquer un *déclenchement* à moins que la tension de séquence directe, du côté haute tension du *poste de départ*, se soit maintenue continuellement au-dessus de 1,17 p.u. durant 30 secondes.

De plus, afin de se conformer aux exigences de la section 4.2.2.2, les réglages de la protection de surtension des *centrales* requises pour la sécurité des équipements du réseau (l'*étude d'intégration* déterminera si la *centrale* est requise pour la sécurité des équipements du réseau) doivent aussi respecter les plages et les durées minimales indiquées dans le tableau 3 (section 4.2.2.2).

À noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des relais pour chacune des valeurs mentionnées dans les tableaux 1 et 3.

#### 7.4.3.2 Protection de fréquence

Les exigences concernant la protection de fréquence pour les éoliennes sont décrites à la section 14.5.2.

La protection de fréquence doit comporter une fonction de sous-fréquence et une fonction de surfréquence. En aucun cas, les réglages de ces protections ne doivent interférer avec les moyens mis en œuvre par le *transporteur* pour rétablir la fréquence du réseau après une *perturbation*.

Les réglages de la protection de fréquence de toutes les *centrales* raccordées au *réseau de transport* doivent respecter la plage de fréquence en régime permanent indiquées à la section 5.2. De plus, afin de se conformer aux exigences énoncées à la section 4.2.2.1, les réglages de la protection de fréquence doivent aussi respecter les plages de fréquence et les durées minimales indiquées au tableau 2 (section 4.2.2.1).

À noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des relais pour chacune des valeurs mentionnées dans le tableau 2 (section 4.2.2.1).

Ces exigences s'appliquent également aux *centrales* raccordées par l'intermédiaire du réseau de distribution, d'un *réseau voisin québécois*, d'un *réseau municipal* ou de la *Coopérative d'électricité SJBR*.

Le *producteur* peut utiliser des réglages plus sensibles de la protection en sous-fréquence à condition de démontrer au *transporteur* que des ententes de délestage automatique de charge ont été conclues avec des clients afin de compenser la perte de production de sa *centrale* lorsque celle-ci est déclenchée par la protection de sous-fréquence.

La vérification des réglages des relais de déclenchement en sous-fréquence de tout *groupe* de 20 MW et plus doit être faite à des intervalles n'excédant pas ceux prescrits dans le document A-4, intitulé « Maintenance Criteria for Bulk Power System Protection » du NPCC. Ce document est accessible sur le site Internet du NPCC, ainsi que sur celui du *transporteur*, à l'adresse suivante :

[http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs\\_prives.html](http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs_prives.html)

#### **7.4.3.3 Télédéclenchement**

Le *transporteur* pourra exiger du *producteur* l'installation d'un système de *télédéclenchement* pour couvrir les cas suivants :

- si le temps de *réenclenchement* de ligne est court (inférieur à 2 secondes) ;
- lorsqu'il y a risque d'*îlotage* indésirable ;
- comme protection supplémentaire contre les défauts lorsque, dans les *installations* d'un *producteur*, les protections contre les défauts dans le *réseau de transport* d'Hydro-Québec ne sont pas suffisamment efficaces ou sélectives pour assurer une protection adéquate du *réseau de transport* d'Hydro-Québec ;
- lorsqu'il y a risque d'autoexcitation, quand par exemple, il y a possibilité d'*îlotage* d'une *centrale* avec une charge capacitive, comme une batterie de condensateurs, des filtres, une ligne à vide ou un câble.

Toute défaillance du système de *télédéclenchement* doit provoquer, après un délai fixé par le *transporteur*, le *déclenchement* de la *centrale* du *producteur*. Si le *transporteur* est d'avis que ce *déclenchement* de la centrale entraîne des perturbations excessives dans le *réseau de transport*, il pourra exiger la mise en place d'un deuxième système de *télédéclenchement*.

#### 7.4.4 Protections de défaillance de disjoncteur

Le *transporteur* exige une protection de défaillance ou l'équivalent qui permet de déclencher les disjoncteurs des zones adjacentes lors du refus du *déclenchement* d'un disjoncteur associé à une protection requise pour les besoins du *réseau de transport*.

Pour les défauts dans les *installations* du *producteur*, lorsque la rapidité de *déclenchement* est nécessaire pour les besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec, une protection à distance de défaillance de disjoncteur avec *télédéclenchement* par un lien dédié est utilisée pour télédéclencher les disjoncteurs aux postes sources (postes contribuant au défaut) d'Hydro-Québec.

#### 7.4.5 Autres points à considérer

L'interaction entre les *installations* du *producteur* et le *réseau de transport* d'Hydro-Québec peut produire divers phénomènes affectant le *réseau de transport*, notamment des surtensions. Ces surtensions peuvent survenir, par exemple, lors de manœuvres ou de défauts, ou bien à cause de phénomènes d'autoexcitation d'*alternateurs synchrones* ou de *génératrices asynchrones*, de résonance harmonique ou sous-synchrone, de ferorésonance ou de déséquilibre (de courant ou de tension).

Il incombe au *producteur* de concevoir et de protéger adéquatement ses *installations* contre ces surtensions et autres phénomènes nuisibles. Le *transporteur* pourra, de son côté, exiger du *producteur* la mise en place dans ses *installations* de divers systèmes afin de protéger adéquatement le *réseau de transport* et les *installations* de tiers contre ces phénomènes.

### 7.5 Exigences minimales pour les équipements associés aux protections installées pour les besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec

#### 7.5.1 Relais de protection et de *déclenchement*

Les relais de protection et de *déclenchement* utilisés dans les systèmes de protection requis pour les besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec doivent être homologués par le *transporteur*. Le *transporteur* peut néanmoins autoriser l'utilisation de relais en instance d'homologation dans un projet précis s'il les juge acceptables.

Les relais de protection pour contrer l'*îlotage* ne doivent servir qu'à cette fin.

### 7.5.2 Réglages des systèmes de protection

Les schémas de commande et de protection, l'étude de coordination ainsi que les réglages des systèmes de protection installés par le *producteur* doivent être soumis au *transporteur* pour acceptation. Le *producteur* ne peut modifier les réglages de ses protections sans l'autorisation écrite du *transporteur*. Le réglage initial et la vérification périodique des dispositifs de protection installés par le *producteur* sont effectués par ce dernier.

### 7.5.3 Alimentation des systèmes de protection

Les systèmes de protection requis pour le *réseau de transport* doivent demeurer fonctionnels advenant une panne d'alimentation des services auxiliaires. À cette fin, l'alimentation de ces systèmes doit s'effectuer à partir d'une batterie d'accumulateurs, ou à partir de deux batteries d'accumulateurs lorsque exigé par le *transporteur* à la suite des résultats de l'*étude d'intégration*.

Chaque batterie d'accumulateurs doit être équipée de deux chargeurs qui peuvent être exploités en parallèle avec la batterie ou en relève l'un par rapport à l'autre. Chacune de ces batteries doit avoir une autonomie minimale de huit heures consécutives. Si les services auxiliaires peuvent être réalimentés à partir d'une autre source, la période d'autonomie peut être ramenée à deux heures ou à quatre heures, selon le temps requis pour ce faire.

### 7.5.4 Transformateurs de tension et de courant

Le *transporteur* exige, pour chacune des trois phases, des transformateurs de courant et de tension pour alimenter les systèmes de protection installés pour les besoins du *réseau de transport* d'Hydro-Québec. Ces transformateurs doivent être munis d'enroulements secondaires distincts permettant d'alimenter séparément les deux systèmes de protection primaires. Ces transformateurs doivent être conformes à la plus récente version en vigueur des normes qui sont suivies par le *transporteur* dont la référence est disponible à l'adresse suivante :

[http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs\\_prives.html](http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs_prives.html).

Ces transformateurs doivent être situés du côté haute tension du *poste de départ* (voir les figures 1 à 3, sections 3.1.2.1 et 3.1.2.2).



## 7.6 Systèmes de télécommunications pour les fonctions de téléprotection

Le *transporteur* fournit, installe et entretient les équipements requis pour transmettre les signaux de téléprotection.

Le point de jonction entre le réseau de télécommunications d'Hydro-Québec, ou d'un tiers, et les équipements du *producteur* est montré à la figure 4. Ce point est généralement situé à la boîte de jonction qui relie les équipements de télécommunications (situés à l'extrémité de la liaison) à l'unité de tonalité (lorsqu'il y en a une) ou au relais de protection des *installations* du *producteur*.

La nature des équipements à installer, les points d'interface et les autres caractéristiques pertinentes à la fourniture des services requis seront précisés au *producteur* à l'étape de l'avant-projet ou des études d'ingénierie.

Le *producteur* devra fournir l'espace adéquat et sécuritaire pour l'installation de tous ces équipements et installer les conduits et boîtes de jonction nécessaires ainsi que les unités de tonalité ou de téléprotection qui font partie des systèmes de protection.

**Figure 4** – Position relative de certains appareils du *producteur* par rapport au point de jonction des télécommunications

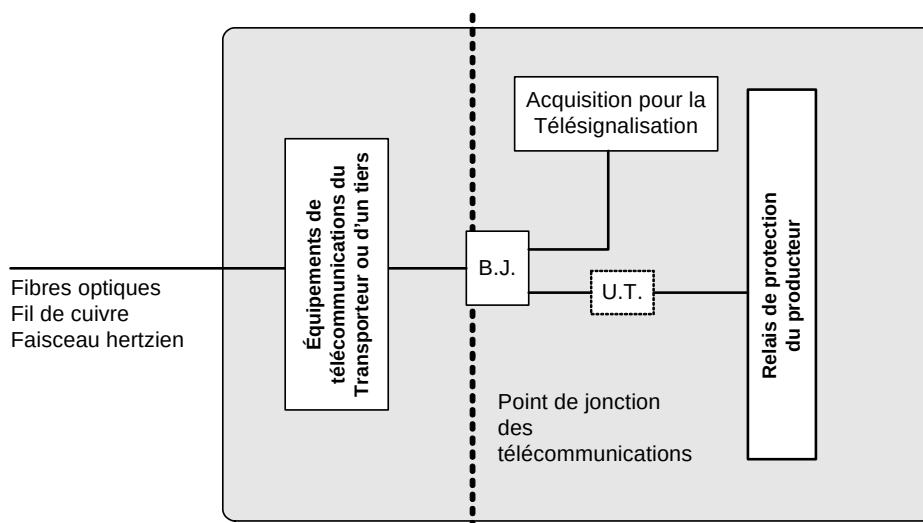


SCHÉMA DE PRINCIPE SEULEMENT

## 8. Exigences relatives à l'exploitation et à l'entretien

### 8.1 Exigences d'entretien des *installations* du *producteur*

Pour des raisons de fiabilité du réseau et de sécurité du personnel d'Hydro-Québec, le *producteur* doit entretenir, selon les normes et règlements en vigueur et les exigences du fabricant ainsi que dans le respect des règles de l'art, les équipements qui lui appartiennent, tel que le stipule l'entente de raccordement.

### 8.2 Exigences d'exploitation

Avant que les *installations* du *producteur* soient raccordées au *réseau de transport*, le *producteur* et le *transporteur* doivent signer une « Instruction commune d'exploitation » préparée par le *transporteur*. Ce document précisera entre autres les modalités de communication entre le *producteur* et le *transporteur*, ainsi que les conditions d'exploitation des *installations* du *producteur*. Ce dernier devra d'autre part maintenir du personnel initié au « Code d'exploitation » ainsi qu'à la terminologie et aux méthodes utilisées par le *transporteur* pour l'application des mesures de sécurité, tel que le stipule l'entente de raccordement.

Les appareils servant au raccordement des *installations* du *producteur* au *réseau de transport* doivent respecter la nomenclature du *transporteur*. Cette nomenclature sera fournie au *producteur* au cours de la réalisation du projet.

### 8.3 Exigences relatives aux informations requises pour l'exploitation du *réseau de transport*

Les exigences relatives aux informations particulières requises pour l'exploitation des *centrales* éoliennes sont décrites à la section 14.6.

Pour exploiter efficacement le *réseau de transport* d'Hydro-Québec, le *transporteur* requiert en temps réel, de chaque *centrale* et sous une forme compatible avec les équipements du *transporteur*, des informations en provenance des *installations* du *producteur*. Les informations minimales requises, qui varient selon la puissance de la *centrale*, sont décrites dans le tableau 5 qui suit.

Le *producteur* doit fournir dans ses *installations* tous les capteurs nécessaires pour transmettre les informations requises au *transporteur*. Il devra en outre, à la demande du *transporteur*, participer à des essais deux mois avant la mise en service de sa *centrale* ou à toute autre date convenue avec le *transporteur*, essais visant à vérifier le bon fonctionnement de la télésignalisation.

Les équipements utilisés par le *producteur* pour fournir au *transporteur* les informations requises doivent être acceptés par ce dernier.

**Tableau 5 – Informations requises par le transporteur pour le Centre de téléconduite (CT) et le Centre de conduite du réseau (CCR)<sup>1-2</sup>**

| INFORMATIONS REQUISES                                                               | PUISSANCE < 50 MW                                             |                                                               | PUISSANCE ≥ 50 MW                                                                                               |                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | CT                                                            | CCR                                                           | CT                                                                                                              | CCR                                                                                                             |
| Production totale de la centrale MW et Mvar                                         |                                                               | Mesure<br>Sauf si l'impact sur le réseau est jugé négligeable |                                                                                                                 | Mesure                                                                                                          |
| Disjoncteur de groupe                                                               | État<br>Si requis pour l'exploitation du réseau               |                                                               | État                                                                                                            | État<br>Si contrat de réserve ou rejet de production ou RFP <sup>3</sup>                                        |
| Sectionneur de groupe                                                               | État<br>Si requis pour l'exploitation du réseau               |                                                               | État                                                                                                            | État<br>Si contrat de réserve ou rejet de production ou RFP                                                     |
| MW, Mvar, kV, A du groupe                                                           | Mesure<br>Si requis pour l'exploitation du réseau local       |                                                               | Mesure                                                                                                          | Mesure<br>Si contrat de réserve ou rejet de production ou RFP                                                   |
| Disjoncteur de raccordement                                                         | État<br>Sauf si l'impact sur le réseau est jugé négligeable   |                                                               | État                                                                                                            | État<br>Si raccordée à une ligne de juridiction du CCR                                                          |
| MW, Mvar, kV, A au(x) point(s) de raccordement                                      | Mesure<br>Sauf si l'impact sur le réseau est jugé négligeable |                                                               | Mesure                                                                                                          | Mesure<br>Si raccordée à une ligne de juridiction du CCR                                                        |
| Niveau d'eau (amont et aval)                                                        |                                                               |                                                               |                                                                                                                 | Si contrat de réserve ou rejet de production ou RFP                                                             |
| Rejet de production, RFP – Autres automatismes de réseau                            |                                                               |                                                               | Lorsqu'asservie, transmission de :<br><b>signalisations, mesures et commandes.</b><br>À préciser le cas échéant | Lorsqu'asservie, transmission de :<br><b>signalisations, mesures et commandes.</b><br>À préciser le cas échéant |
| Unité d'acquisition                                                                 | État                                                          |                                                               | État                                                                                                            | État                                                                                                            |
| Lien téléphonique (voix)                                                            | <sup>4</sup>                                                  |                                                               | <sup>4</sup>                                                                                                    |                                                                                                                 |
| Disjoncteur ou sectionneur servant de point d'alimentation des services auxiliaires |                                                               |                                                               | État                                                                                                            |                                                                                                                 |
| Signalisations et alarmes <sup>5</sup>                                              | État                                                          |                                                               | État                                                                                                            |                                                                                                                 |
| Stabilisateur <sup>6</sup>                                                          |                                                               |                                                               | État<br>Le cas échéant                                                                                          | État<br>Le cas échéant                                                                                          |

1 – Les besoins pour la télécommande de la centrale ne sont pas inclus, ni ceux pour la gestion de la production.

2 – Les informations pour le CCR peuvent transiter par l'intermédiaire d'un CT.

3 – Réglage fréquence-puissance.

4 – Lien permettant de joindre en tout temps (directement, sans numéro de poste téléphonique, messagerie électronique ou boîte vocale) l'exploitant de la centrale.

5 – Certains signaux ou alarmes pourraient être exigés pour indiquer l'état des unités de tonalité ou l'opération de certaines protections (comme la protection de réserve) qui peuvent affecter le réseau de transport.

6 – La signalisation de l'état du stabilisateur est requise partout où celui-ci est installé (voir la section 5.3.2).

## 8.4 Systèmes de télécommunications pour les fonctions d'exploitation

Le *transporteur* fournit, installe et entretient les équipements de télécommunications requis pour transmettre les informations en provenance des *installations* du *producteur* pour lui permettre d'exploiter efficacement le *réseau de transport*.

Le point de jonction entre le réseau de télécommunications d'Hydro-Québec, ou d'un tiers, et les équipements du *producteur* est montré à la figure 4 de la section 7.6. Ce point est généralement situé à la boîte de jonction qui relie les équipements de télécommunications (situés à l'extrémité de la liaison) aux équipements du producteur servant à l'acquisition des données pour la télésignalisation.

Les équipements à installer, les points d'interface et les autres caractéristiques pertinentes à la fourniture des services requis seront précisés au *producteur* à l'étape de l'avant-projet ou des études d'ingénierie.

Le *producteur* devra fournir l'espace adéquat et sécuritaire pour l'installation de tous ces équipements et installer les conduits et boîtes de jonction nécessaires.

## **9. Modifications des installations du producteur**

Le *producteur* ne peut apporter de *modifications* à ses *installations* avant que le *transporteur* en ait évalué l'impact sur le *réseau de transport*. À cet effet, il doit fournir au *transporteur* toute l'information pertinente concernant les *modifications* envisagées. Ces *modifications* devront, s'il y a lieu, être coordonnées avec celles du *réseau de transport*.

## **10. Vérification par le transporteur**

Le *transporteur* sera autorisé à vérifier le bon fonctionnement des systèmes et équipements que le *producteur* a mis en place pour répondre aux exigences du *transporteur*, notamment les différents réglages des systèmes de protection, des régulateurs de vitesse, des régulateurs de tension et des circuits stabilisateurs installés sur les *installations* du *producteur*, les systèmes de transmission de données, etc.

## 11. Vérification par le *producteur*

Le *producteur* doit procéder aux vérifications nécessaires pour démontrer que ses *installations* répondent aux exigences du *transporteur* et à celles du NPCC et du NERC, lorsque ces dernières s'appliquent.

Deux types de vérifications sont requises :

a) Vérifications initiales

Lors de la mise en route ou suite à une *modification* d'une *centrale* existante, le *producteur* doit vérifier que ses *installations* satisfont aux exigences du *transporteur* et réalisent les performances annoncées.

b) Vérifications périodiques

Aux intervalles prescrits par le *transporteur*, le *producteur* doit vérifier que ses *installations* ont conservé leurs caractéristiques et maintiennent leurs performances.

Ces vérifications visent à assurer que les informations soumises au *transporteur* pour la modélisation des régimes établi et dynamique des *installations* du *producteur*, dans les études de réseau réalisées par le *transporteur*, sont conformes aux caractéristiques réelles des équipements. Ces vérifications permettront notamment de mesurer et de confirmer les caractéristiques principales des *installations* de production (puissance active, puissance réactive) et de mesurer la performance dynamique des systèmes d'excitation, des circuits stabilisateurs et des régulateurs de vitesse.

L'annexe D apporte des précisions sur les essais de validation et de performance à réaliser pour les *installations* du *producteur*.

Pour faciliter ces vérifications, le *producteur* devrait prévoir les moyens et les dispositifs dont il aura besoin pour faire ses vérifications : points de mesure, possibilité d'isoler les systèmes de régulation et de protection, points d'entrée pour signaux d'essai, etc.

Ces vérifications périodiques comprennent aussi, comme le mentionne la section 7.4.3.2, la vérification des réglages des relais de déclenchement en sous-fréquence des *groupes* de 20 MW et plus, lesquels doivent être vérifiés à des intervalles de temps n'excédant pas ceux prescrits dans le document A-4, intitulé « Maintenance Criteria for Bulk Power System Protection », du NPCC. Ce document est accessible sur le site Internet du NPCC et sur celui du *transporteur*, à l'adresse suivante :

[http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs\\_prives.html](http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs_prives.html)

## 12. Rapports d'essais des équipements du *producteur*

Le *producteur* doit transmettre au *transporteur*, avant la mise en service de sa *centrale*, les rapports d'essais et de vérification de ses équipements afin de démontrer que ses *installations* satisfont aux exigences énoncées dans le présent document.

Le *producteur* devra notamment fournir au *transporteur* les valeurs mesurées, au moyen d'essais, des caractéristiques électriques de ses équipements, comme suit :

- Pour les transformateurs élévateurs, lorsque ceux-ci sont fournis par le *producteur*, copie des rapports d'essais du fabricant donnant :
  - la puissance et la tension assignées ainsi que la puissance pour chacune des prises ;
  - le nombre de prises et leur plage de régulation ;
  - l'impédance (résistance et réactance) en fonction des prises, y compris l'impédance homopolaire lorsque des essais de type ont été réalisés ;
  - le courant d'excitation (80 -115 % V assigné) ;
  - la connexion des enroulements ;
  - une copie de la plaque signalétique de chaque transformateur.
- Pour les machines, les essais des niveaux d'harmoniques produites, conformément à la section 5.4.2. du présent document.
- Pour les équipements de production :
  - Les essais de validation requis par le *transporteur* concernant la capacité et les caractéristiques des machines, les paramètres des régulateurs de tension, des systèmes d'excitation, des circuits stabilisateurs, des régulateurs de vitesse, etc. seront spécifiés au *producteur* pour chaque projet de *centrale* dépendant du type d'équipement de production utilisé. Ces essais devront notamment permettre de valider les modèles numériques et paramètres associés fournis par le *producteur* au *transporteur* pour réaliser l'*étude d'intégration* et l'*étude d'avant-projet* conformément à la section 3.2.1.

L'annexe D apporte de précisions sur les essais de validation et de performance à réaliser pour les *installations* du *producteur*.



## 13. Enregistreurs d'événements

L'enregistrement des informations pertinentes au moment des *perturbations* survenant dans le *réseau de transport* ou dans les *installations* qui y sont raccordées est essentiel, d'une part, pour déterminer la performance du réseau et des *installations* qui sont raccordées et, d'autre part, pour analyser la nature et les causes de ces *perturbations*. Le *transporteur* pourra exiger, conformément aux exigences du *NPCC* et du *NERC* dans ce domaine, que le *producteur* intègre à ses *installations* des enregistreurs d'événements, des oscilloperturbographes ou tout autre appareil requis pour l'analyse de ce type d'événements.

## 14. Exigences complémentaires spécifiques à la production éolienne

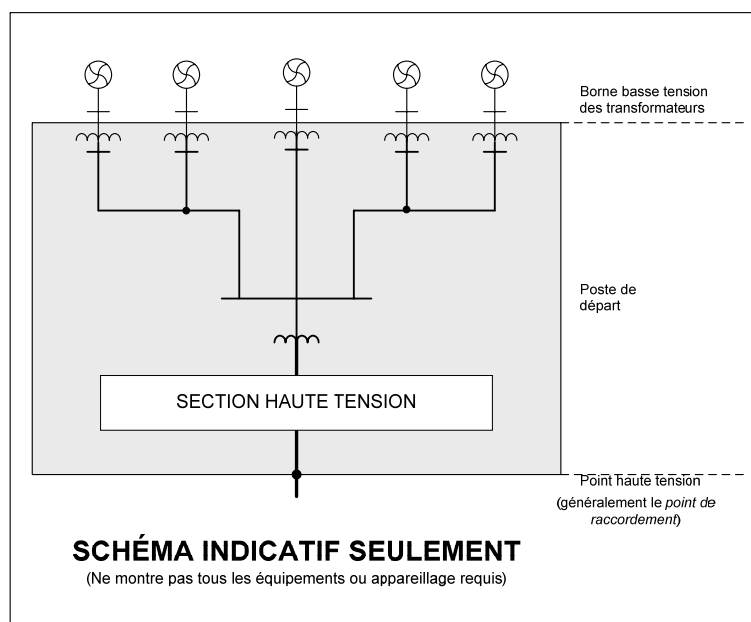
Depuis quelques années, la filière éolienne a connu un essor considérable alors que cette technologie évolue rapidement. Avec l'expansion rapide de ce type de production et compte tenu de l'impact que les éoliennes peuvent avoir sur le comportement du *réseau de transport*, il est nécessaire de s'assurer que ces équipements participent au bon fonctionnement du *réseau de transport*.

Les exigences décrites dans la présente section couvrent les aspects techniques complémentaires qui concernent plus spécifiquement les *centrales* éoliennes. Ces exigences s'ajoutent à celles présentées dans les sections précédentes.

### 14.1 Poste de départ

La figure suivante présente le schéma du *poste de départ*, dans le cas d'une *centrale* éolienne raccordée au *réseau de transport*, tel que défini à la section 2.

**Figure 5** – Limite du poste de départ dans le cas d'une centrale éolienne



Comme le montre la figure 5, le *poste de départ* d'une *centrale* éolienne comprend : le premier niveau de transformation à partir de la borne basse tension près de chaque éolienne, le réseau de raccordement à moyenne tension jusqu'au deuxième niveau de

transformation, le ou les transformateurs élévateurs du second niveau de transformation et, finalement, la section haute tension.

## 14.2 Exigences concernant le comportement des *centrales* éoliennes lors de *perturbations* dans le *réseau de transport*

Les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service et ne pas déclencher lorsque la tension et la fréquence du réseau de transport est à l'intérieure des plages de tension et de fréquence en régime permanent indiquées aux sections 5.1 et 5.2. De plus, tel qu'indiqué à la section 4.2.2, il est essentiel que les *installations* de production raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec demeurent en service sans *déclenchement* aussi longtemps que possible en cas de *perturbations* survenant dans le *réseau de transport* afin, d'une part, de contribuer au maintien de la stabilité du réseau et au rétablissement de la tension et de la fréquence et, d'autre part, de ne pas interférer avec les automatismes et les systèmes de protection agissant sur le réseau.

À cet effet, les *centrales* éoliennes doivent être conçues, réalisées et exploitées de manière à demeurer en service sans *déclenchement* durant les conditions de variation de tension et de fréquence présentées aux sous-sections suivantes.

Le *producteur* peut assurer la conformité à ces exigences en ajoutant des équipements particuliers dans la *centrale* éolienne (p. ex. : compensateurs statiques ou synchrones, STATCOM).

### 14.2.1 Exigence lors de variation de tension

#### 14.2.1.1 Exigence lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through)

Les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service (aucun blocage temporaire n'est autorisé) et ne pas déclencher lorsque, à la suite d'une *perturbation*, la tension de composante directe du côté haute tension du *poste de départ* est :

- inférieure à 1,0 p.u., mais supérieure ou égale à 0,9 p.u. ;
- inférieure à 0,9 p.u., mais supérieure ou égale à 0,85 p.u., pour une durée inférieure à 30 s ;
- inférieure à 0,85 p.u., mais supérieure ou égale à 0,75 p.u., pour une durée inférieure à 2 s.

Les *centrales* éoliennes doivent aussi demeurer en service sans *déclenchement* durant un défaut survenant dans le *réseau de transport* (y compris du côté haute tension du

*poste de départ*) et durant le temps requis pour le rétablissement de la tension après élimination du défaut, qu'il s'agisse :

- d'un défaut triphasé éliminé en 0,15 seconde ;
- d'un défaut biphasé à la terre ou biphasé éliminé en 0,15 seconde ;
- d'un défaut monophasé éliminé en 0,30 seconde.

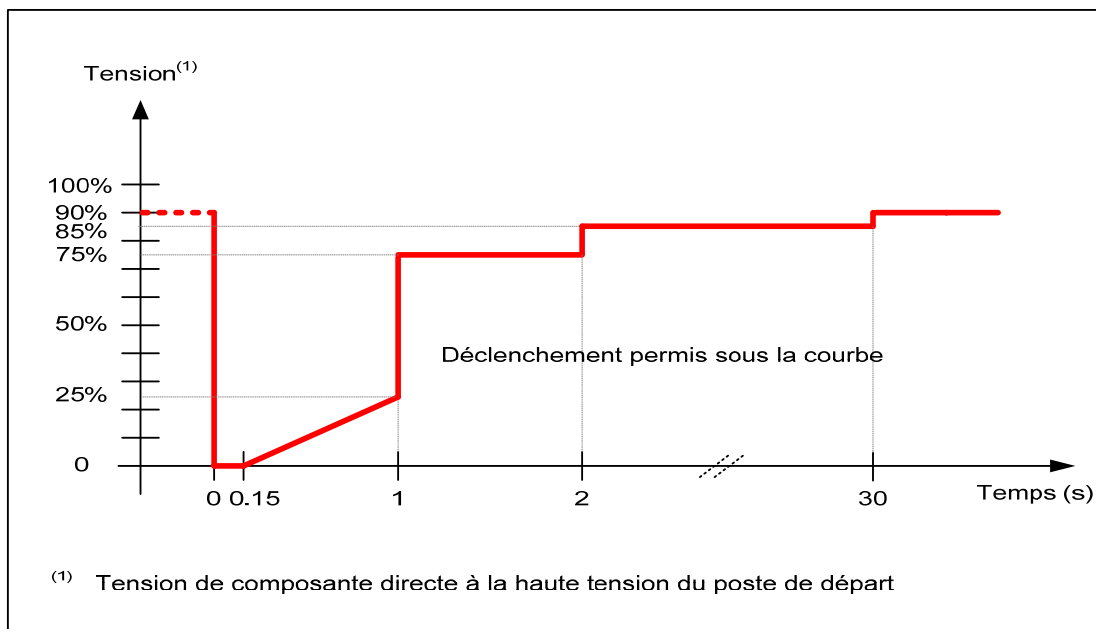
Enfin, les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service sans *déclenchement* durant un défaut éloigné éliminé par une protection lente (jusqu'à 45 cycles) et le temps requis pour le rétablissement de la tension après élimination du défaut, que ce soit :

- un défaut triphasé, si la tension de composante directe du côté haute tension du *poste de départ* ne descend pas sous 0,25 p.u. ;
- un défaut biphasé à la terre, si la tension de composante directe du côté haute tension du *poste de départ* ne descend pas sous 0,5 p.u. ;
- un défaut biphasé, si la tension de composante directe du côté haute tension du *poste de départ* ne descend pas sous 0,6 p.u.
- un défaut monophasé, si la tension de composante directe du côté haute tension du *poste de départ* ne descend pas sous 0,7 p.u.

Les *centrales* éoliennes doivent aussi contribuer au retour du réseau en conditions normales d'exploitation (tension et fréquence) après une *perturbation*.

La figure 6 illustre les performances exigées en sous tension pour les *centrales* éoliennes.

**Figure 6** – Sous-tension durant laquelle les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service (Low Voltage Ride Through)



### 14.2.1.2 Exigence lors de surtension

Les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service sans *déclenchement* durant les surtensions qui se manifestent pour les durées indiquées au tableau 6.

Les *centrales* éoliennes doivent aussi contribuer au retour du réseau en conditions normales d'exploitation (tension et fréquence) après la *perturbation*.

**Tableau 6** – Plages en surtension (V) et durées minimales pour lesquelles les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service sans *déclenchement* à la suite d'une *perturbation*

| Surtension (p.u.) <sup>1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Durée minimale            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| $1,0 \leq V \leq 1,10$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Longue durée <sup>2</sup> |
| $1,10 < V \leq 1,15$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 300 secondes              |
| $1,15 < V \leq 1,20$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 30 secondes               |
| $1,20 < V \leq 1,25$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 secondes                |
| $1,25 < V \leq 1,40$ <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,10 seconde              |
| $V > 1,40$ <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,033 seconde             |
| <p><b>1</b> – Tension de composante directe à la haute tension du <i>poste de départ</i>.</p> <p><b>2</b> – Selon le temps requis (jusqu'à quelques heures) pour ramener le réseau dans un état normal, à l'intérieure des plages de tension en régime permanent (voir section 5.1)</p> <p><b>3</b> – Un blocage temporaire est autorisé lorsque la tension dépasse 1,25 p.u. pour les <i>installations</i> utilisant de l'électronique de puissance. Le fonctionnement normal est cependant requis dès que la tension redescend sous le seuil de 1,25 p.u.</p> |                           |

### 14.2.2 Exigence lors de variation de fréquence

Les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service et ne pas déclencher durant les variations de fréquence présentées au tableau 7.

Les *centrales* doivent aussi être en mesure de demeurer en service lors d'une variation de la fréquence du réseau en régime perturbé de  $\pm 4$  Hz / seconde.

Cette exigence est également requise pour les *centrales* éoliennes raccordées au réseau de distribution, par l'intermédiaire d'un *réseau voisin québécois*, d'un *réseau municipal* ou *Coopérative d'électricité SJBR*.

**Tableau 7** – Plages de fréquence et durées minimales pour lesquelles les *centrales* éoliennes doivent demeurer en service sans *déclenchement* à la suite d'une *perturbation*

| Sous-fréquence (Hz)     | Surfréquence (Hz)       | Durée minimale |
|-------------------------|-------------------------|----------------|
| $59,4 \leq F \leq 60,0$ | $60,0 \leq F \leq 60,6$ | Permanent      |
| $58,5 \leq F < 59,4$    | $60,6 < F \leq 61,5$    | 11 minutes     |
| $57,5 \leq F < 58,5$    | $61,5 < F < 61,7$       | 1,5 minute     |
| $57,0 \leq F < 57,5$    |                         | 10 secondes    |
| $56,5 \leq F < 57,0$    |                         | 2 secondes     |
| $55,5 \leq F < 56,5$    |                         | 0,35 seconde   |
| $F < 55,5$              | $F \geq 61,7$           | Instantané     |

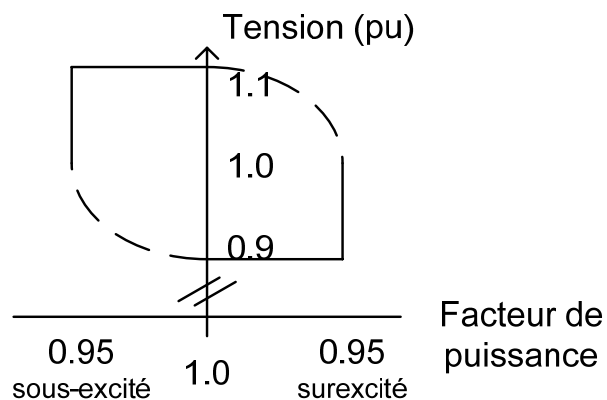
### 14.3 Exigences relatives à la régulation de tension et au facteur de puissance

Comme le mentionne la section 5.3, la régulation de la tension est essentielle au maintien de la stabilité et de la fiabilité du *réseau de transport*. Pour qu'elle soit efficace, il faut que la vaste majorité des *centrales* participent à cette tâche.

Les *centrales* éoliennes doivent participer au contrôle de la tension du *réseau de transport* de manière continue, dynamique et rapide. Elles doivent être munies d'un système automatique de régulation de la tension en mesure de fournir et d'absorber la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance surexcité et sous-excité égal ou inférieur à 0,95, du côté haute tension du *poste de départ* de la *centrale* éolienne. De plus, le *transporteur* pourrait exiger que le système de régulation de tension offre une caractéristique de statisme permanent ajustable entre 0 % et 10 %.

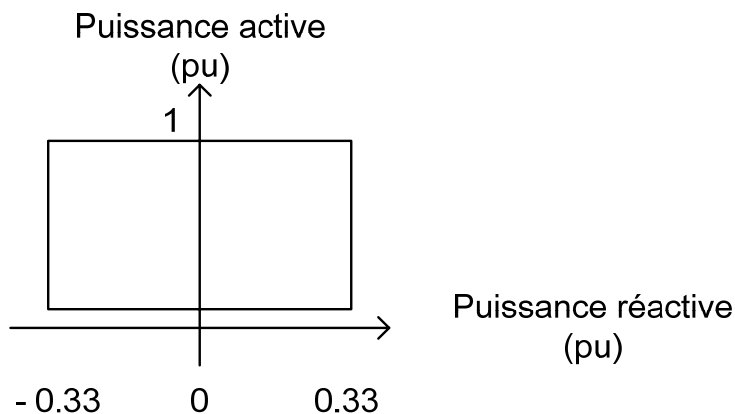
La puissance réactive doit être disponible dans toute la plage de tension en condition normale d'exploitation (entre 0.9 et 1.1 pu). Toutefois, à une tension de 0.9 pu, la *centrale* éolienne n'est pas tenue d'absorber la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance sous-excité de 0.95 pu. Elle doit néanmoins être en mesure de fournir la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance surexcité de 0.95 pu. De même, à une tension de 1.1 pu, la *centrale* éolienne n'est pas tenue de fournir la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance surexcité de 0.95 pu mais doit néanmoins être en mesure d'absorber la puissance réactive correspondant à un facteur de puissance sous-excité de 0.95 pu (figure 7).

**Figure 7** – Puissance réactive disponible du côté haute tension du *poste de départ* en fonction de la tension



La puissance réactive disponible doit au moins correspondre à un facteur de puissance de 0,95 de la puissance assignée des éoliennes en service, tel qu'illustré à la figure 8.

**Figure 8** – Puissance réactive disponible du côté haute tension du *poste de départ* en fonction de la puissance active des éoliennes en service





Si l'étude d'intégration montre que la puissance réactive de la *centrale* éolienne ne peut être complètement utilisée sur le *réseau de transport*, le *transporteur* pourra accepter un facteur de puissance supérieur à 0,95 sans toutefois excéder 0,97.

La régulation de la tension, dans une *centrale* éolienne, peut être réalisée par l'éolienne elle-même ou au moyen d'autres équipements ajoutés à la *centrale* par le *producteur* (p. ex. compensateur synchrone, STATCOM etc.). Dans tous les cas cependant, la performance du réglage de tension fournie par une *centrale* éolienne doit être similaire à celle d'une *centrale* de même puissance munie d'*alternateurs synchrones* classiques (voir section 5.3).

Pour une *centrale* éolienne disposant d'une puissance installée inférieure à 10 MW, le *transporteur* pourrait accepter que celle-ci n'ait pas de système automatique de régulation de tension, notamment lorsque le niveau de court-circuit au point de raccordement est nettement plus élevé que la puissance installée de la *centrale*. Dans ce cas, les *installations* du *producteur* devront fournir la puissance réactive suffisante pour maintenir un facteur de puissance unitaire du côté haute tension du *poste de départ*.

## 14.4 Exigences relatives à la 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 sera pas 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 d'ainsi maintenir le niveau de performance actuel du *réseau de transport* lors de *perturbation* importante.

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.

## 14.5 Exigences relatives aux systèmes de protection

Comme le précise la section 14.2, les *centrales* éoliennes raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec doivent demeurer en service sans *déclenchement* aussi longtemps que possible en cas de *perturbations*.

Les systèmes de protection des *installations* du *producteur* doivent être suffisamment sélectifs pour éviter des *déclenchements* indésirables lors de telles *perturbations*. Plus précisément, aucune protection ne doit occasionner le *déclenchement* d'*installations*, directement ou indirectement, pendant les variations de tension ou de fréquence décrites aux sections 14.2.1 et 14.2.2.

### 14.5.1 Protection de tension

La protection de tension comprend une fonction de sous-tension et une fonction de surtension. Cette protection doit être suffisamment sélective pour éviter le *déclenchement* indésirable d'*installations* en cas de *perturbations*.

Plus précisément, la protection de tension doit respecter les exigences de la section 14.2.1. Les temps indiqués dans cette section fixent les temporisations minimales que doit respecter la protection de tension. Par exemple, en se référant au tableau 6, une protection de surtension dont le seuil d'opération est réglé à une tension de 1,17 p.u. doit avoir une temporisation minimale de 30 secondes.

La protection de tension doit être coordonnée avec les autres protections en place et initier le déclenchement de la *centrale*, lorsque requis, pour éviter son exploitation dans des conditions de tension inacceptables.

À noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des relais pour chacune des valeurs mentionnées dans le tableau 6 (section 14.2.1).

### 14.5.2 Protection de fréquence

La protection de fréquence comprend une fonction de sous-fréquence et une fonction de surfréquence. Cette protection doit être réglée à des valeurs de seuil et de temporisation suffisamment sélectives pour éviter le *déclenchement* indésirable d'*installations* en cas de *perturbations*. Le réglage de ces protections ne doit, en aucun cas, interférer avec les moyens mis en œuvre par le *transporteur* pour rétablir la fréquence du réseau après une *perturbation*.

Plus précisément, les protections de fréquence doivent respecter les exigences de la section 14.2.2. Les durées indiquées au tableau 7 de cette section fixent les temporisations minimales que doit respecter la protection dans la plage de fréquence correspondante. Par exemple, si on se reporte au tableau 7, une protection de fréquence dont le seuil d'opération est réglé dans la plage de fréquence ( $58,5 \leq F < 59,4$ ) doit avoir une temporisation minimale de 11 minutes.

Cette exigence s'applique également aux *centrales* raccordées par l'intermédiaire du réseau de distribution, d'un *réseau voisin québécois*, d'un *réseau municipal* ou *Coopérative d'électricité SJBR*.

Le *producteur* peut utiliser des réglages plus sensibles de la protection en sous-fréquence à condition de démontrer au *transporteur* que des ententes de délestage automatique de charge ont été conclues avec des clients afin de compenser la perte de production de sa *centrale* lorsque celle-ci est déclenchée par la protection de sous-fréquence.

La protection de fréquence doit être coordonnée avec les autres protections en place et initier le déclenchement de la *centrale*, lorsque requis, pour éviter son exploitation dans des conditions de fréquence inacceptables.

À noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des relais pour chacune des valeurs mentionnées dans le tableau 7 (section 14.2.2).

## 14.6 Exigences relatives aux informations requises pour l'exploitation du *réseau de transport*

Comme le mentionne la section 8.3, le *transporteur* requiert en temps réel des informations en provenance de chaque *centrale* pour lui permettre d'exploiter efficacement le *réseau de transport* d'Hydro-Québec. Ces informations doivent être fournies sous une forme compatible avec les équipements du *transporteur*. Les informations minimales requises sont décrites dans le tableau 5 de la section 8.3.

Il est à noter que, pour les *centrales* éoliennes, les données météorologiques suivantes (voir la note 4) provenant des *centrales* doivent également être fournies :

- la vitesse et la direction des vents,
- la température sèche (dry bulb),
- la température humide (wet bulb),
- le point de rosée,
- le type de précipitation,
- la pression atmosphérique.

Le *producteur* doit fournir dans ses *installations* tous les capteurs nécessaires pour transmettre les informations requises au *transporteur*. Il devra en outre, à la demande du *transporteur*, participer à des essais deux mois avant la mise en service de sa *centrale* ou à toute autre date convenue avec le *transporteur*, essais visant à vérifier le bon fonctionnement de la télésignalisation.

Les équipements utilisés par le *producteur* pour fournir au *transporteur* les informations requises doivent être acceptés par ce dernier.

## 14.7 Exigences relatives aux informations techniques à transmettre au *transporteur* pour la planification du *réseau de transport*

Comme le précise la section 3.2.1, le *producteur* doit transmettre au *transporteur* les informations énumérées à l'annexe A du présent document afin que ce dernier puisse mener les études lui permettant d'évaluer l'impact du raccordement de la *centrale* du *producteur*.

---

Note (4) Taux d'acquisition : Données relatives au vent : aux 30 secondes  
Données relatives à la température et à la pression : aux 10 minutes

Le *producteur* doit notamment fournir les modèles détaillés de la *centrale* éolienne, d'après des modèles standard IEEE, ainsi que les paramètres associés des machines et des convertisseurs. Ces modèles doivent être compatibles avec le logiciel PSS/E de la firme Siemens PTI que le *transporteur* utilise pour ses études de comportement dynamique.

Si le modèle IEEE n'est pas disponible, le *producteur* devra fournir un modèle « boîte noire » complet incluant la documentation technique, les schémas blocs, les données et les paramètres pertinents. Ce modèle doit permettre de représenter l'ensemble des éoliennes d'une *centrale* par une seule éolienne et doit pouvoir fonctionner dans toute sa plage de puissance active et réactive. Il doit également être compatible avec le logiciel PSS/E de la firme Siemens PTI que le *transporteur* utilise pour ses études de comportement dynamique et doit pouvoir fonctionner avec un temps d'intégration supérieur à 4 ms.

Dans ce dernier cas, le *producteur* devra fournir des tests de conformité afin de démontrer que le modèle « boîte noire » se comporte comme l'éolienne réelle.

De plus, compte tenu de la diversité et de l'évolution rapide des technologies utilisées dans les *centrales* éoliennes, le *producteur* devra soumettre au *transporteur* les résultats d'essais démontrant que l'éolienne en cause respecte les exigences en tension et en fréquence décrites aux sections 14.2.1 et 14.2.2 du présent document.

S'il s'avère que le comportement de l'éolienne n'est pas conforme à celui du modèle, le *producteur* sera responsable des coûts supplémentaires d'intégration au *réseau de transport*, le cas échéant.

Advenant le cas où la régulation de tension dans une *centrale* éolienne est réalisée au moyen d'un équipement de compensation additionnel au *poste de départ*, le *producteur* devra fournir les modèles détaillés de l'équipement de compensation, d'après des modèles standard IEEE, ainsi que les paramètres associés des machines et des convertisseurs. Ces modèles doivent être compatibles avec le logiciel PSS/E de la firme Siemens PTI que le *transporteur* utilise pour ses études de comportement dynamique.

En plus des informations requises dans l'annexe A, le *producteur* doit fournir les caractéristiques d'oscillation (p. ex : fréquence naturelle, amortissement) des éoliennes en cas de *perturbations* d'origine mécanique ou électrique.

Il doit aussi présenter une description détaillée de la stratégie des systèmes de commande de la puissance active, de la puissance réactive, de la tension et de la vitesse pour les conditions d'exploitation décrites dans le présent document aux sections 5.1 et 5.2.

Le *transporteur* exige également que lui soient fournies les informations et données nécessaires à la réalisation des études de phénomènes électromagnétiques, telles que précisées à l'annexe B de ce document par la transmission d'un modèle EMTP.

Le modèle EMTP doit être remis au plus tard six mois après l'annonce du ou des projets retenus dans le cadre d'un appel d'offres du *distributeur*. Dans le cas d'un projet hors appel d'offres, le modèle devra être remis au *transporteur* lors de la signature de la convention d'*étude d'intégration*.

#### **14.8 Exigence relative aux taux maximums de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance produite**

Les *centrales* éoliennes doivent être conçues et réalisées de manière à pouvoir respecter les taux maximums de rampe suivants, lors des montées ou des baisses de leur puissance produite :

- rampe avec un temps minimum 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 minimum 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 éviter de perdre rapidement une trop grande quantité de production éolienne lors des hausses rapides de la charge à certaines heures de la journée, ou à éviter de recevoir rapidement une trop grande quantité de production éolienne lors des baisses rapides de la charge à d'autres heures de la journée.

L'expérience vécue par le *transporteur* au cours des années l'amènera à réajuster le temps minimum exigé, à l'intérieur de cette plage, pour assurer le fonctionnement sécuritaire du réseau.

#### **14.9 Exigence relative à l'arrêt des éoliennes en prévision d'une température très froide ou de grands vents**

Les *centrales* éoliennes doivent être conçues et réalisées de manière à pouvoir réduire leur puissance graduellement sur un période variant entre 1 et 4 heures lorsque la prévision de grand froid ou de fort vent oblige leur arrêt.

L'expérience vécue par le *transporteur* au cours des années l'amènera à réajuster le temps minimum exigé, à l'intérieur de cette plage, pour le fonctionnement sécuritaire du réseau.

#### **14.10 Exigence relative au stabilisateur**

Les *centrales* éoliennes doivent être conçues et réalisées afin de pouvoir intégrer un stabilisateur.

Les *centrales* éoliennes raccordées au *réseau de transport* d'Hydro-Québec doivent avoir un comportement stable afin de contribuer au maintien de la stabilité du réseau et au rétablissement de la tension et de la fréquence lors de *perturbations*. Si cette condition n'est pas respectée, le *transporteur* pourra exiger qu'un stabilisateur soit ajouté aux *installations* du *producteur*. Le cas échéant, le stabilisateur sera conçu conjointement par le *transporteur* et le fabricant.

#### **14.11 Exigence relative au plafonnement de la puissance active**

Compte tenu des besoins et des contraintes associées à l'exploitation du *réseau de transport*, le *transporteur* pourra exiger que soit ajouté aux *installations* du *producteur* un système de commande pouvant recevoir, entre autres, un signal de plafonnement de la puissance active.

#### **14.12 Vérification par le *producteur***

Tel que spécifié aux sections 11 et 12, le *producteur* doit procéder aux vérifications nécessaires pour démontrer que ses *installations* répondent aux exigences du *transporteur* et à celles du NPCC et du NERC lorsque ces dernières s'appliquent.

L'annexe D apporte des précisions sur les essais de validation et de performance à réaliser pour les *installations* du *producteur*.

## Annexe A

# Informations techniques requises par le *transporteur* pour mener l'étude *d'intégration*

### Remarques

- Le *producteur* est responsable de la validité des informations (données, modèles et paramètres associés) que lui-même ou son fournisseur transmet au *transporteur* pour la réalisation des études que celui-ci doit effectuer en vue d'évaluer l'impact du raccordement de la *centrale* au *réseau de transport*. Si le comportement des *installations* du *producteur* n'est pas conforme à celui des modèles et paramètres fournis, le *transporteur* procédera au besoin à une nouvelle évaluation des coûts d'intégration de la *centrale* au *réseau de transport*.
- À titre de membre de divers organismes chargés de la fiabilité des réseaux électriques (NPCC, NERC), le *transporteur* pourra être appelé à partager avec d'autres transporteurs certaines des informations recueillies dans le cadre de projets ayant fait l'objet d'une entente de raccordement entre le *producteur* et le *transporteur*.

### 1. Date de mise en service prévue

### 2. Schéma de localisation des *installations* du *producteur*

### 3. Informations générales concernant les *installations* du *producteur*

- Type de production (hydraulique, thermique, éolienne, etc.)
- Puissance installée, puissance prévue à la pointe de charge annuelle et puissance ultime prévue
- Nombre de *groupes*

### 4. Caractéristiques des équipements du *producteur* (données en p.u. sur la base en MVA de l'équipement)

- *Alternateurs synchrones* :
  - type d'appareil (à pôles lisses ou à pôles saillants)
  - amortisseurs (mode d'interconnexion)



- température ambiante de conception °C
- température d'échauffement à la puissance assignée °C
- température du réfrigérant °C
- puissance et tension assignées
- facteur de puissance assigné surexcité et sous-excité
- réactance synchrone longitudinale non saturée ( $X_d$ )
- réactance synchrone transversale non saturée ( $X_{qi}$ )
- réactance transitoire longitudinale non saturée ( $X'_{di}$ ) et saturée ( $X'_{dv}$ )
- réactance transitoire transversale non saturée ( $X'_{qi}$ ) et saturée ( $X'_{qv}$ )
- réactance subtransitoire longitudinale non saturée ( $X''_{di}$ ) et saturée ( $X''_{dv}$ )
- réactance subtransitoire transversale non saturée ( $X''_{qi}$ ) et saturée ( $X''_{qv}$ )
- réactance directe de fuite ( $X_l$ )
- réactance inverse ( $X_2$ )
- constantes de temps  $T'_{do}$  (et température correspondante en °C),  $T'_{qo}$ ,  $T''_{do}$ ,  $T''_{qo}$
- résistance d'induit, par phase ( $R_a$ ) (et température correspondante en °C)
- résistance directe du stator ( $R_1$ ) à 60 Hz (et température correspondante en °C)
- courbe de saturation des alternateurs permettant de calculer les paramètres et coefficients nécessaires à la modélisation de la saturation ( $S_{gu}$ ,  $S_{gl}$ ,  $E_u$  et  $E_l$ )
- constante d'inertie  $H$  (pour chaque *groupe*, avec et sans turbine)
- *Génératrices asynchrones :*
  - température ambiante de conception
  - température d'échauffement à la puissance assignée
  - température du réfrigérant (lorsque qu'applicable)
  - puissance et tension assignées
  - facteur de puissance à 100 %, 75 % et 50 % de la puissance assignée
  - réactance de fuite du stator ( $X_s$ )
  - résistance du stator ( $R_s$ )
  - réactance de fuite du rotor ( $X_r$ )
  - résistance du rotor ( $R_r$ )
  - réactance de magnétisation ( $X_m$ )
  - réactance à rotor bloqué ( $X_{rb}$ )
  - réactance en circuit ouvert ( $X_o$ )
  - constante de temps  $T'_{do}$

- constante d'inertie  $H$  (pour chaque *groupe*)
- courbe du couple mécanique en fonction du glissement
- glissement en régime permanent
- Régulateur de tension, système d'excitation, et stabilisateur :
  - modèle détaillé et paramètres associés d'après un modèle standard IEEE (IEEE Std 421.5, « IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies ») ou, si le modèle IEEE n'est pas disponible ;
  - modèle utilisable par le *transporteur* dans ses études de simulation dynamique avec le logiciel Power System Simulator (PSS/E) de la firme Siemens PTI, ainsi que les paramètres associés.
- Turbine et régulateur de vitesse :
  - modèle détaillé et paramètres associés d'après un modèle standard IEEE (« Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies », *IEEE Transaction on Power Apparatus and System*, vol. PAS-92, pp. 1904-1915, 1973.)  
  
(« Hydraulic Turbine and Turbine Control models for System Dynamic Studies », *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 7, n° 1, février 1992, pp. 167-179)  
  
(« Dynamic Models for Combined Cycle Plants in Power System Studies », IEEE 94 WM 185-9 PWRs, « Working Group on Prime Mover and Energy Supply Models for System Dynamic Performance Studies ») ou, si un modèle IEEE n'est pas disponible;
  - modèle utilisable par le *transporteur* dans ses études de simulation dynamique avec le logiciel PSS/E, ainsi que les paramètres associés.
- Centrales éoliennes :
  - modèles détaillés de la *centrale* éolienne, d'après des modèles standard IEEE, ainsi que paramètres pertinents des machines et des convertisseurs. Ces modèles doivent être compatibles avec le logiciel PSS/E que le transporteur utilise pour ses études de comportement dynamique
  - Si le modèle IEEE n'est pas disponible, le *producteur* devra fournir un modèle « boîte noire » complet comprenant la documentation technique, les schémas blocs, les données et les paramètres pertinents. Ce modèle doit permettre de représenter l'ensemble des éoliennes d'une *centrale* par une seule éolienne et doit pouvoir fonctionner dans toute sa plage de puissance active et réactive. Il doit également être compatible avec le logiciel PSS/E de la firme Siemens PTI que le *transporteur* utilise pour ses études de comportement dynamique et doit pouvoir fonctionner avec un temps

d'intégration supérieur à 4 ms. Dans les cas où le *producteur* fournit un modèle « boîte noire », s'il s'avère que le comportement de l'éolienne n'est pas conforme à celui du modèle, le *producteur* devra prendre à sa charge toute dépense supplémentaire que pourrait exiger l'intégration de sa *centrale* au *réseau de transport*. Advenant le cas où la régulation de tension dans une *centrale* éolienne est réalisée au moyen d'un équipement de compensation additionnel au *poste de départ*, le *producteur* devra fournir les modèles détaillés de l'équipement de compensation, d'après des modèles standard IEEE, ainsi que les paramètres associés des machines et des convertisseurs. Ces modèles doivent être compatibles avec le logiciel PSS/E de la firme Siemens PTI que le *transporteur* utilise pour ses études de comportement dynamique.

- Transformateurs élévateurs (lorsqu'ils sont fournis par le *producteur*) :
  - nombre
  - puissance et tension assignées
  - puissance avec le mode de refroidissement correspondant
  - impédances de séquence directe et homopolaire
  - résistance d'enroulement
  - couplage (connexion des enroulements)
  - nombre de prises et plage de régulation
  - courant d'excitation (80 -115 % V assigné)
- Ligne de raccordement (lorsqu'elle est fournie par le *producteur*) :
  - type de ligne :
    - ligne monoterne ou biterne
    - ligne aérienne ou souterraine
  - impédances de séquence directe et homopolaire (R, X, B)
  - capacité thermique
- *Disjoncteurs* :
  - caractéristiques principales en tension et courant
  - niveaux d'isolement
  - pouvoirs de coupure
- Parafoudres :
  - type
  - valeurs nominales
  - caractéristiques de protection

## **5. Schéma unifilaire de l'installation projetée par le producteur**

Schéma de principe montrant les transformateurs de puissance, la position de l'appareillage de sectionnement et leur mode d'exploitation (N.O., N.F.), ainsi que la position des transformateurs de mesure, des parafoudres et des disjoncteurs

Inclusion d'un schéma de commande et de protection préliminaire recommandée

## **6. Profil annuel de production envisagé par le producteur**

Facteur d'utilisation (F.U.) de la *centrale* et valeurs mensuelles moyennes en énergie (GWh) et en puissance pour une année type.

## Annexe B

# Informations requises par le *transporteur* pour la modélisation de la *centrale* éolienne au moyen du logiciel EMTPWorks

Pour permettre au *transporteur* d'effectuer les études de réseau en régime transitoire essentielles à l'analyse détaillée du comportement du réseau d'Hydro-Québec en présence de la *centrale* éolienne, le *producteur* doit fournir, ou s'assurer que ses fournisseurs le font, un modèle détaillé représentant le comportement transitoire des principaux éléments de la *centrale* éolienne. Ces éléments sont : l'éolienne et les équipements de puissance complémentaire, comme les convertisseurs munis de contrôles (p. ex. : SVC, STATCOM). Ce modèle doit pouvoir être utilisé sans modification avec le logiciel EMTPWorks®.

Le modèle détaillé doit satisfaire aux exigences suivantes :

- Il doit être accompagné d'une documentation technique détaillée donnant les hypothèses de modélisation, la description des éléments et des systèmes de contrôle modélisés ainsi que la validation effectuée afin d'assurer la conformité entre le modèle et l'équipement. Les limitations liées à l'utilisation du modèle doivent clairement être indiquées.
- Les différents réglages et paramètres pouvant être modifiés par le *transporteur* sur l'équipement réel doivent pouvoir être modifiés dans le modèle (p. ex. gains du régulateur de tension). La documentation doit expliquer l'effet de ces réglages et indiquer les valeurs limites.
- Le modèle de l'éolienne doit inclure une modélisation détaillée de la machine tournante, avec une représentation du rotor et des pales au moyen d'un modèle multi-masse. Les pales doivent être représentées par leur équivalent aérodynamique en fonction du vent, ce qui inclut le pas variable lorsque celui-ci est utilisé. Le modèle de l'éolienne doit pouvoir fonctionner dans toute la plage de puissance active et réactive d'une éolienne et doit être conçu pour pouvoir représenter l'ensemble des éoliennes d'un parc par un seul modèle de puissance supérieure. Tout dépendamment de la technologie éolienne utilisée et de l'effet sur le comportement de l'éolienne vu du réseau, certaines approximations peuvent être faites suite à un accord avec le *transporteur*.

- Si l'équipement modélisé utilise de l'électronique de puissance, le modèle doit comporter une représentation détaillée des convertisseurs, y compris les contrôles et les limites physiques des éléments.
- Si l'éolienne, l'équipement de puissance complémentaire ou la *centrale* éolienne est muni de filtres ou de batteries de condensateurs, ceux-ci doivent être représentés ainsi que leur logique de commande. Cette logique de commande doit également être documentée.
- Le modèle doit permettre une représentation adéquate des émissions harmoniques (incluant les sous-harmoniques et les inter-harmoniques) produites par une éolienne ou l'équipement de puissance complémentaire en tenant compte de toute la plage de fonctionnement de puissance active et réactive de l'équipement.
- Le modèle doit fournir une représentation exacte du comportement de l'éolienne ou de l'équipement de puissance complémentaire pendant et suite à une *perturbation* (courant, tension et dynamique), y compris l'effet des systèmes de protection ou de commande pouvant affecter le comportement de l'équipement ou du parc éolien. Un blocage des composantes d'électroniques de puissance ou l'opération d'une protection « CROWBAR » doivent être représentés de même que l'effet de tous les régulateurs de tension ayant une constante de temps inférieure à 2 secondes, y compris les systèmes de régulation de tension et du facteur de puissance au point de raccordement.

Le modèle EMTP doit être complété et remis au plus tard au *transporteur* six mois après l'annonce du ou des projets retenus dans le cadre d'un appel d'offres du *distributeur*. Dans le cas d'un projet hors appel d'offres, le modèle devra être remis au *transporteur* à la signature de la convention d'*étude d'intégration*.

## Annexe C

# Informations à inclure dans l'étude de protection des *installations* du *producteur*

Le *producteur* doit remettre au *transporteur* une étude de protection de ses *installations*. Cette étude, réalisée par un ingénieur, doit comprendre les informations énumérées dans la présente annexe. Elle permettra au *transporteur* de déterminer si les systèmes de protection installés à la *centrale* satisfont aux besoins de protection de son *réseau de transport*.

### Section 1 – Introduction

- Brève description du site, du projet et du *réseau de transport* d'Hydro-Québec
- Particularités du projet (protections supplémentaires, consignes diverses, etc.)
- Projets d'expansion éventuels (ajout de puissance)

### Section 2 – Caractéristiques des *installations* du *producteur*

- Schéma unifilaire des *installations* du *producteur*
- Caractéristiques électriques des équipements de production et des systèmes de protection :
  - *alternateurs synchrones* ou *génératrices asynchrones*
  - convertisseurs (s'il y a lieu)
  - transformateurs
  - disjoncteurs
  - impédance du transformateur de mise à la terre (MALT) ou de l'inductance de neutre
  - relais de protection
  - transformateurs de mesure pour la protection
  - système d'excitation
  - ligne de raccordement

### Section 3 – Étude des défauts

- Calcul des défauts (triphasé, biphasé-terre, biphasé et monophasé-terre avec et sans une impédance de défaut. Lorsque le défaut est impédant, la résistance de défaut utilisée doit être de  $R_f = 10 \text{ ohms}$  et  $Z_0 = 3 R_f = 30 \text{ ohms}$  :
  - à la barre haute tension de la *centrale*
  - à la barre basse tension de la *centrale*
  - à la barre du ou des postes d'Hydro-Québec concernés
  - en aval (côté réseau) du *disjoncteur de raccordement* (s'il est loin de la *centrale*)

Les calculs de défauts doivent être effectués en considérant :

- la contribution du *réseau de transport* d'Hydro-Québec et les contributions maximale et minimale de la *centrale*
- la contribution de la *centrale* seule

### Section 4 – Réglages des relais et courbes de coordination

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



## **Annexe D**

# **Exigences de vérification et de validation des modèles et des équipements du *producteur***

## Table des matières

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBJET ET PORTÉE .....                                                                  | 1  |
| 1.0 PRODUCTION CONVENTIONNELLE .....                                                   | 2  |
| 1.1 Validation des modèles et paramètres des machines synchrones ou asynchrones .....  | 2  |
| 1.2 Validation des modèles et des paramètres du système de régulation de tension ..... | 3  |
| 1.3 Validation des modèles et paramètres du système de régulation de vitesse .....     | 4  |
| 1.4 Harmoniques .....                                                                  | 6  |
| 1.5 Capacité maximale: puissances active et réactive .....                             | 7  |
| 1.6 Données des transformateurs .....                                                  | 8  |
| 1.7 Instrumentation .....                                                              | 8  |
| 1.8 Livrables .....                                                                    | 8  |
| 2.0 PRODUCTION ÉOLIENNE ET AUTRES MOYENS DE PRODUCTION EN ÉMERGENCE .....              | 10 |
| 2.1 Vérifications initiales .....                                                      | 10 |
| 2.2 Vérifications périodiques: .....                                                   | 11 |

---

## Objet et portée

Cette annexe définit et précise les exigences techniques du *transporteur* relatives aux vérifications des *installations* du *producteur* conformément aux sections 11,12 et 14.2 du document principal [1]. Cette annexe traite ainsi des exigences d'essais de validation pour démontrer que les *installations* du *producteur* répondent aux exigences du *transporteur* et ainsi qu'à celles du *NPCC* et du *NERC*. Elle se compose de deux sections selon le type d'équipement de production :

- 1.0 Production conventionnelle : production hydraulique ou thermique avec machine synchrone ou asynchrone sans convertisseur
- 2.0 Production éolienne ou autres modes de production en émergence (section 1.2, paragraphe B-4 du document principal)

Les essais de validation et de performance sont essentiels pour le *transporteur* pour caractériser les performances dynamiques des équipements de production et en établir les modèles de simulation pour les études de stabilité. La précision des modèles a un impact important sur l'évaluation des coûts d'investissement de transport, sur l'évaluation des capacités de transport et finalement sur l'élaboration des stratégies d'exploitation du réseau et des équipements de production. De plus, la précision des modèles de simulation est aussi essentielle pour déterminer les réglages les plus performants tant pour l'appareillage que pour le comportement du réseau.

Cette annexe définit le contenu des vérifications initiales et les vérifications périodiques requises :

- **Vérifications initiales :**

Lors de la mise en route d'une nouvelle *centrale* ou suite à une *modification* d'une *centrale* existante, le *producteur* doit vérifier que ses *installations* satisfont aux exigences du *transporteur* et atteignent le niveau de performance exigé.

- **Vérifications périodiques :**

Aux intervalles prescrits par le *transporteur*, le *producteur* doit vérifier que ses *installations* ont conservé leurs caractéristiques et maintiennent leur niveau de performance.

Note [1] : Le terme "document principal" utilisé dans cette annexe réfère au document en vigueur intitulé "Exigences techniques du *transporteur* relatives au raccordement des *centrales* électriques au réseau d'Hydro-Québec" dont cette annexe fait partie.

---

## 1.0 Production conventionnelle

Cette première section traite des équipements conventionnels tels que les machines synchrones ou asynchrones munies de turbines hydrauliques ou thermiques. Ce type de technologie est considéré comme étant mature, disposant donc d'une abondance de littérature et de guides. Le *producteur* doit faire les vérifications et les validations exigées par le *transporteur* ainsi que produire un rapport selon les normes et méthodes décrites ci-après.

Les exigences concernant les essais visant à valider les caractéristiques et la performance dynamique des systèmes d'excitation, des circuits stabilisateurs de puissance et des régulateurs de vitesse, respectent l'esprit des futures normes du *NERC* soit le Reliability Standard MOD-026-1 pour les systèmes d'excitation (Verification of Models and Data for Generator Excitation System Functions) et le Reliability Standard MOD-027-1 (Verification of Generator Unit Frequency Response) pour la vérification des régulateurs de vitesse. De même pour valider les capacités maximales en puissance active et réactive des équipements de production, ce document réfère aux exigences du *NERC* Reliability Standards MOD-024-1 et MOD-025-1 ainsi qu'aux critères du NPCC Directory # 9 (Generator Gross/ Net Real Power Capability) et Directory # 10 (Generator Gross/ Net Reactive Power Capability).

Cette section couvre les vérifications initiales et les vérifications périodiques des installations du *producteur* ainsi que les différents rapports et documents à livrer.

### 1.1 Validation des modèles et paramètres des machines synchrones ou asynchrones

Les modèles et paramètres des machines demandés par le *transporteur* à l'annexe A du document principal sont essentiels pour simuler correctement le comportement du *réseau de transport* et en assurer sa capacité de transport.

#### Vérifications initiales:

- Le *producteur* doit valider, par des essais, les paramètres et les modèles qu'il a fournis au *transporteur* pour réaliser ses études de réseau conformément à la section 3.2.1 et à l'annexe A du document principal.
- La méthode de validation des paramètres doit être acceptée par le *transporteur*. Pour les machines synchrones, la méthode de validation doit être définie dans le guide 115 de l'IEEE. Pour les machines asynchrones, la norme 112 de l'IEEE est la référence recommandée, mais d'autres normes pourront être considérées selon le cas.
- La validation des paramètres est un essai de type (effectué sur une machine de chaque modèle de la *centrale*) à l'exception des caractéristiques en circuit ouvert (jusqu'à 1,2 pu de tension stator) et en court-circuit qui

---

doivent être déterminées par des essais pour chaque machine de la centrale.

#### **Vérifications périodiques:**

- Aucun essai périodique n'est demandé.

### **1.2 Validation des modèles et des paramètres du système de régulation de tension**

Les essais du système de régulation de tension permettent de valider les paramètres et les modèles utilisés dans les études de stabilité et les études d'optimisation des réglages du *transporteur*. L'optimisation des réglages a un impact important sur le comportement du réseau mais aussi sur la sécurité de l'appareillage du *producteur* et du *transporteur*.

#### **Vérifications initiales:**

- S'appliquent à tous les systèmes de régulation de tension.
- Le *producteur* doit démontrer que les exigences du *transporteur* spécifiées à la section 5.3 du document principal sont satisfaites.
- Le *producteur* doit mettre à jour les modèles et schémas-blocs du régulateur de tension et du système d'excitation soumis au *transporteur* pour réaliser ses études de réseau conformément à la section 3.2.1 du document principal. Le *producteur* doit aussi appliquer les réglages établis par le *transporteur*.
- Les modèles de simulation doivent représenter fidèlement le comportement dynamique des *groupes* lors de variations de tension et de fréquence dans les plages définies aux tableaux 1, 2 et 3 de la section 4 du document principal. Des essais sont nécessaires pour caractériser toutes les fonctions du système de régulation : régulateur de tension automatique, limiteur de sous-excitation, limiteur de surexcitation, limiteur V/Hz, compensation de courant réactif, stabilisateur, circuits d'allumage des ponts, capteurs, etc.
- La méthode de validation doit être approuvée par le *transporteur*; le guide 412.2 de l'IEEE est un document de référence reconnu pour la validation des paramètres du système de régulation de tension.
- Au minimum, les essais suivants doivent être effectués: le *groupe* non synchronisé, une réponse à l'échelon de consigne de tension; le *groupe* synchronisé, des réponses à l'échelon de consigne de tension pour valider le gain du système d'excitation avec et sans stabilisateur, des réponses à l'échelon pour vérifier les plafonds positif et négatif du système

---

d'excitation ainsi que l'absence de délai dans la réponse du système d'excitation, des réponses à l'échelon avec et sans stabilisateur pour valider les limiteurs de surexcitation et de sous-excitation, des réponses à l'échelon de courte durée (créneau de tension) avec stabilisateur.

- Les essais ci-dessus constituent des essais de type effectués sur un *groupe* de chaque conception de la *centrale*, à l'exception des réponses à l'échelon de courte durée avec stabilisateur qui doivent être effectuées sur chacun des *groupes* de la *centrale*.
- Le *producteur* doit montrer que le modèle est adéquat en démontrant la similitude entre les résultats d'essais et ceux obtenus au moyen d'une simulation numérique.
- Points de mesure: pour chaque essai, il faut au moins enregistrer les tensions et courants triphasés de stator ainsi que la tension et le courant de champ et le signal de sortie du stabilisateur. Le *producteur* doit s'assurer que le système d'excitation possède les entrées analogiques ou numériques pour réaliser les essais prévus (par exemple, pour la réalisation de réponses à l'échelon). Le système d'excitation doit avoir les entrées et sorties analogiques nécessaires pour déterminer et caractériser les fonctions de transfert des différents schémas-blocs. Le *producteur* doit prévoir lors de la conception un accès facile aux points de mesure.

### **Vérifications périodiques:**

Vérifications périodiques aux cinq ans; au minimum les réponses à l'échelon de courte durée avec stabilisateur doivent être effectuées sur chacun des *groupes* de la *centrale* et les résultats doivent demeurer similaires à ceux obtenus lors de la vérification initiale des *groupes*. Dans la situation où les résultats d'essais périodiques ne sont pas similaires, le *producteur* doit apporter les correctifs nécessaires à cet effet.

## **1.3 Validation des modèles et paramètres du système de régulation de vitesse**

Les essais du système de régulation de vitesse permettent de valider les paramètres et modèles utilisés dans les études de stabilité et d'optimisation de réglages du *transporteur*. L'optimisation des réglages a un impact important sur le comportement du réseau mais aussi sur la sécurité de l'appareillage du *producteur* et du *transporteur*. La régulation de vitesse des *groupes* dicte le comportement de la fréquence du réseau et sa stabilité. Elle a aussi un impact direct sur la qualité de l'onde des clients.

---

### Vérifications initiales:

- S'appliquent à tous les systèmes de régulation de vitesse.
- Le *producteur* doit démontrer que ses *installations* respectent les exigences du *transporteur* spécifiées à la section 5.3 du document principal.
- Le *producteur* doit mettre à jour les modèles et les schémas-blocs du régulateur de vitesse préalablement fournis au *transporteur* pour réaliser ses études conformément à la section 3.2.1 du document principal. Le *producteur* doit aussi appliquer les réglages fournis par le *transporteur*.
- Les modèles de simulation doivent représenter fidèlement le comportement dynamique des *groupes* lors de variations de fréquence dans les plages définies au tableau 2 de la section 4 du document principal. Ainsi, des essais sont nécessaires pour caractériser toutes les fonctions du système de régulation de vitesse.
- La méthode de validation du système de régulation de vitesse doit être approuvée par le *transporteur*. Pour les *centrales* hydrauliques, la norme internationale CEI 60308 est la référence utilisée. Pour les turbines à gaz et à vapeur, la brochure CIGRE n° 238 est la référence utilisée.
- Les validations de paramètres et modèles qui suivent sont effectuées par des essais de type effectués sur un *groupe* de chaque conception différente de la *centrale*. Le *producteur* doit effectuer l'identification bloc par bloc des fonctions de transfert des capteurs et des éléments mécaniques de la régulation de vitesse. Les essais doivent être répétés pour différents points d'opération dans la plage d'exploitation des *groupes*. Le *producteur* doit aussi valider par des essais la valeur de la constante d'inertie H du *groupe* turbine alternateur. Après l'identification des blocs, des réponses à l'échelon de fréquence doivent être effectuées pour démontrer que le modèle global est adéquat. Au minimum, les réponses à l'échelon de fréquence suivantes devront être réalisées: le *groupe* non synchronisé, une réponse à l'échelon de fréquence; le *groupe* synchronisé, des réponses à l'échelon positif de fréquence à 10 %, 50 % et 90 % de la puissance nominale et une réponse à l'échelon négatif de fréquence à 90 % de la puissance nominale.
- La réponse à l'échelon positif de fréquence à 90 % de la puissance nominale devra être effectuée sur chacun des *groupes* de la *centrale*. Ces résultats serviront de base de comparaison (signature) pour les vérifications périodiques.
- Le *producteur* doit montrer que le modèle est adéquat en démontrant la similitude entre les résultats d'essais et ceux obtenus au moyen d'une simulation numérique.

- 
- Points de mesure: pour chaque essai, il faut au moins enregistrer la fréquence, la puissance active ainsi que les sorties des blocs principaux du système de régulation de vitesse. Le *producteur* doit s'assurer que le système de régulation de vitesse possède les entrées analogiques ou numériques pour réaliser les essais prévus (par exemple, pour la réalisation de réponses à l'échelon). Le système de régulation de vitesse doit avoir les entrées et sorties analogiques nécessaires pour déterminer et caractériser les fonctions de transfert des différents schémas-blocs. Le *producteur* doit prévoir lors de la conception un accès facile aux points de mesure.

#### **Vérifications périodiques:**

Vérifications périodiques aux cinq ans ; le *producteur* doit effectuer au minimum les réponses à l'échelon positif de fréquence à 90 % de la puissance nominale sur chacun des *groupes* et les résultats d'essais doivent demeurer similaires à ceux obtenus lors des vérifications initiales des *groupes*. Dans la situation où les résultats d'essais périodiques ne sont pas similaires, le *producteur* doit apporter les correctifs nécessaires à cet effet.

### **1.4 Harmoniques**

#### **Vérifications initiales:**

- Le *producteur* doit effectuer des essais de validation conformément aux exigences spécifiées à la section 5.4 du document principal. Ces essais doivent être réalisés sur chaque *groupe* avant sa synchronisation. Si les résultats ne sont pas satisfaisants, le *groupe* ne pourra être synchronisé au réseau à moins d'obtenir l'autorisation expresse du *transporteur*.

#### **Vérifications périodiques:**

- Aucun essai périodique n'est demandé.



## 1.5 Capacité maximale: puissances active et réactive

L'objectif de ces essais de validation est de déterminer la capacité maximale des puissances active et réactive d'une *centrale* pour différentes conditions d'opération. La première étape consiste à évaluer la puissance maximale active et réactive de la *centrale* par un essai collectif pour l'ensemble des *groupes* en respectant les limites de tension d'exploitation du réseau et en respectant les contraintes thermiques du réseau, s'il y a lieu. La seconde validation consiste à évaluer la capacité maximum d'une *centrale* en puissance active et réactive afin de confirmer le facteur de puissance nominal de chaque alternateur. Cet essai permet de mesurer la capacité des alternateurs à soutenir la tension du réseau de transport lors d'un événement tel que le déclenchement d'une ou de plusieurs lignes de transport. Cette évaluation est réalisée par un essai individuel sur un alternateur à la fois de façon à atteindre la capacité de la machine sans causer de contrainte d'exploitation pour la *centrale* et le réseau.

### Vérifications initiales:

- Les vérifications initiales consistent en des essais collectifs et individuels (test exécutés pour chacun des *groupes*) décrits dans la procédure de la zone d'équilibrage du Québec IQ-P-001: ("Vérification de la puissance active et réactive maximale des centrales de 50 MVA ou plus") qui est conforme aux exigences du NPCC et du NERC notamment :
  - Exigences des normes de fiabilité TOP-002-2 ainsi que VAR-001-1 et VAR-002-1 émises par le NERC.
  - Aux critères du NPCC Directory #9 (Generator Gross/Net Real Power Capability) et Directory #10 (Generator Gross/Net Reactive Power Capability)

### Vérifications périodiques:

- Les vérifications périodiques à réaliser sont aussi décrites dans la procédure de vérification IQ-P-001.
- Pour les *centrales* de 50 MVA ou plus située au Québec, le test collectif n'est effectué qu'une fois l'an en période hivernale.
- Les essais individuels peuvent être effectués en tout temps.

---

## 1.6 Données des transformateurs

- Lorsque les transformateurs-élévateurs des *groupes* sont fournis par le *producteur*, celui-ci doit transmettre au *transporteur* les résultats des essais de type et de routine effectués en usine sur ces transformateurs. Il doit aussi, s'il y a lieu, transmettre au *transporteur* un descriptif de la régulation de tension faite par les changeurs de prises sous charge en incluant les modes de régulation et le schéma-bloc associé.

## 1.7 Instrumentation

L'instrumentation utilisée par le *producteur* pour les essais de validation doit avoir les caractéristiques minimales suivantes:

- Instrumentation numérique pour faciliter la superposition des résultats d'essais avec ceux de la simulation numérique.
- Précision: 16 bits
- Nombre de canaux: minimum 16
- Avec filtres anti-recouvrement ajustables au taux d'acquisition ou selon la technique sigma-delta.
- Taux d'acquisition et durée d'enregistrement: ajustables suivant les besoins de l'essai. Par exemple, une réponse à l'échelon du régulateur de tension nécessitera un taux d'acquisition d'au moins 10 kHz et une durée d'acquisition de l'ordre de 30 secondes, alors qu'une réponse à l'échelon pour vérifier un limiteur de surexcitation peut exiger un enregistrement sur plusieurs minutes, mais avec un taux d'acquisition réduit à 2 kHz.

## 1.8 Livrables

Il est reconnu que certains essais de validation peuvent avoir lieu à l'usine. Cependant la plupart des essais auront lieu au site; certains se feront avec le *groupe* à l'arrêt et les autres avec le *groupe* en marche synchronisé ou non.

- Les documents et les rapports d'essais doivent être préparés et signés par un ingénieur.
- Six mois avant le tout premier essai (à l'usine ou au site), le *producteur* doit soumettre au *transporteur* un programme global d'essais avec la description des systèmes de commande et des méthodes d'essais pour obtenir les paramètres à valider, l'endroit de l'essai (usine ou chantier) de même que l'échéancier préliminaire. Ce programme sera revu pour approbation par le *transporteur*.

- 
- Trois mois avant le début de tout essai, le *producteur* doit soumettre au *transporteur* une procédure détaillée donnant: la liste des paramètres vérifiés par l'essai, la méthode de validation, les conditions d'essai ("hors réseau" ou "en réseau", les conditions initiales) ainsi que toutes les étapes de la procédure les variables enregistrées, les caractéristiques de la chaîne de mesure et l'échéancier des essais.
  - Le *transporteur* se réserve le droit d'assister à certains essais ou vérifications effectués par le *producteur* ou par ses fournisseurs. Le *producteur* doit donc aviser le *transporteur* dans les meilleurs délais de tout changement à l'échéancier.
  - Les rapports d'essais doivent contenir une description des systèmes vérifiés et des modèles validés (pour la régulation de tension et de vitesse), des tableaux donnant les paramètres que le *producteur* avait fournis au *transporteur* pour l'étude d'intégration au réseau et ceux obtenus lors de la validation, des figures superposant les résultats d'essais avec ceux de la simulation numérique (pour la régulation de tension et de vitesse). Les rapports doivent être soumis au *transporteur* pour commentaires; celui-ci aura un mois pour les produire. La soumission par le *producteur* des rapports d'essais dans leur version finale constitue un des éléments requis pour l'acceptation finale des installations par le *transporteur*.
  - Si requis par le *transporteur*, le *producteur* doit aussi fournir les données brutes (données des enregistreurs) des essais.

---

## 2.0 Production éolienne et autres moyens de production en émergence

Cette deuxième section traite des équipements de production non conventionnels tels que la production éolienne ou celles en émergence (par exemple : les piles à combustible, les cellules photovoltaïques, etc.).

Le *producteur* est responsable de la réalisation des essais dont le but est de vérifier la conformité aux exigences et la validité des modèles de simulation ; toutefois le *transporteur* fournit et installe l'instrumentation nécessaire aux essais et analyse les résultats d'essais à moins d'entente entre le *transporteur* et le *producteur*.

La réalisation de ces essais constitue un des éléments requis pour l'acceptation finale du raccordement par le *transporteur*.

### 2.1 Vérifications initiales

Les vérifications initiales se font au moyen d'essais et au moyen d'un système de surveillance.

Les essais doivent être exécutés par le *producteur* mais la description des essais est fournie par le *transporteur*. Certaines vérifications sont aussi faites tout au long de l'exploitation de la *centrale*, au moyen d'un système de surveillance installé par le *transporteur*.

Les modalités et la description des essais spécifiques aux *centrales* éoliennes sont regroupées dans le document : «**Programme général des essais de validation des centrales éoliennes raccordées au réseau de transport d'Hydro-Québec**». Ce document est disponible sur le site du *transporteur* à l'adresse suivante :

[http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs\\_prives.html](http://www.hydro.qc.ca/transenergie/fr/commerce/producteurs_prives.html)

Les essais visent à vérifier :

- La régulation de tension primaire
- Le comportement lors de sous-tension et le LVRT
- La réponse inertielle
- La régulation de tension secondaire
- Le facteur de puissance
- Les taux maximums de rampe

Il n'y a pas d'essais spécifiques dans le programme général d'essais pour la qualité de l'onde. Elle fait uniquement l'objet de validation pendant l'exploitation de la *centrale*.

Quant aux autres moyens de production en émergence, le *transporteur* fournira les modalités et la description des essais spécifiques à ces technologies lorsqu'il aura déterminé les exigences de raccordement particulières à celles-ci.

## **2.2 Vérifications périodiques:**

Les vérifications périodiques (environ aux 5 ans) font l'objet de demandes spécifiques de la part du *transporteur*. Le *producteur* doit permettre la réalisation des essais en fournissant les conditions d'essais appropriées et assister sans frais le *transporteur* à l'exécution des essais.