

Programme général des essais de validation des centrales éoliennes raccordées au réseau de transport d'Hydro-Québec

Direction Planification des actifs et expertise de transport

Février 2011

TABLE DES MATIÈRES

1. MODALITÉS DES ESSAIS DE VALIDATION	3
1.1 BUT DES ESSAIS.....	3
1.2 MODULES DES ESSAIS DE VALIDATION	3
1.3 PÉRIODE DES ESSAIS.....	3
1.4 RÔLE DU PRODUCTEUR ET DU TRANSPORTEUR	4
1.5 CERTIFICATION	5
1.6 SYSTÈME DE SURVEILLANCE	5
1.7 VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES.....	6
2. DESCRIPTION DES ESSAIS DE VALIDATION	7
2.1 MODULE A - LA RÉGULATION DE TENSION PRIMAIRE.....	7
2.2 MODULE B - LE COMPORTEMENT LORS DE SOUS-TENSION (LOW VOLTAGE RIDE THROUGH).....	9
2.3 MODULE C - LA RÉPONSE INERTIELLE.....	12
2.4 MODULE D - LA RÉGULATION DE TENSION SECONDAIRE.....	15
2.5 MODULE E - LE FACTEUR DE PUISSANCE.....	18
2.6 MODULE F - LES TAUX MAXIMAUX DE RAMPE	20
2.7 MODULE G - LA QUALITÉ DE L'ONDE.....	22

PRÉAMBULE

Le document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec* contient une section spécifique pour les exigences associées à la production éolienne. Afin de démontrer que ces exigences sont respectées, le propriétaire d'une centrale éolienne doit réaliser à ses installations des essais dits de validation. Deux documents émis par le Transporteur encadrent le contenu de ces essais :

- 1) *Le programme général des essais de validation* (le présent document) qui est commun à toutes les centrales éoliennes. Il décrit les essais de validation à réaliser aux centrales éoliennes sans tenir compte des spécificités des installations. Ce document est disponible sur le site internet du Transporteur.
- 2) *La procédure détaillée des essais de validation* qui est particulière à chaque centrale éolienne et qui contient la séquence complète et spécifique des essais de validation pour cette centrale. Cette procédure tient compte notamment du type de technologie éolienne utilisée, du point de raccordement et des exigences en vigueur à cette centrale. Pour les besoins du réseau local, le Transporteur pourrait y inclure des essais complémentaires pour vérifier certains aspects non spécifiés dans le programme général des essais. Elle est remise au Producteur au moins deux semaines avant la date prévue pour la mise sous tension initiale de la centrale.

La première section du présent document décrit les modalités des essais de validation. À la deuxième section, on retrouve la description des essais de validation lesquels sont séparés en sept modules.

DÉFINITIONS

Centre de téléconduite

Centre d'exploitation régionale du Transporteur.

Low Voltage Ride Through

Capacité des éoliennes à demeurer en service lors d'une baisse de tension due à un défaut.

P_{nom}

Puissance active nominale d'une centrale ou d'une unité de production.

Tension terminale

Tension à la sortie de l'éolienne, c'est-à-dire aux bornes haute tension du transformateur de l'éolienne (typiquement, niveau de tension 34,5 kV).

1. Modalités des essais de validation

1.1 But des essais

Les essais demandés par le Transporteur poursuivent trois buts :

1. Démontrer que la centrale éolienne répond aux exigences techniques du Transporteur relatives à la production éolienne ;
2. Valider les modèles numériques et les paramètres associés de la centrale, notamment ceux fournis par le Producteur au Transporteur. À cette fin, la réponse des modèles sera comparée aux enregistrements pris lors des essais ;

La réussite des essais de validation constitue un des éléments requis pour l'acceptation finale du raccordement par le Transporteur.

1.2 Modules des essais de validation

Les essais de validation sont séparés en sept modules qui visent à vérifier :

- **Module A La régulation de tension primaire**
- **Module B Le comportement lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through)**
- **Module C La réponse inertielle (contrôlée par un régulateur de fréquence)¹**
- **Module D La régulation de tension secondaire**
- **Module E Le facteur de puissance**
- **Module F Les taux maximums de rampe**
- **Module G La qualité de l'onde**

1.3 Période des essais

Les essais de validation doivent être faits immédiatement après que le Distributeur ait accepté la mise en service commerciale de la centrale.

Les essais des modules A, B et C sont réalisés sur une seule éolienne et peuvent donc être faits avant que toutes les éoliennes ne soient en service.

Les essais des modules D, E et F sont faits sur l'ensemble de la centrale et doivent être préférablement réalisés une fois que toutes les éoliennes sont en service et sans restriction de production. Afin de valider la régulation de tension secondaire (module D), le contrôleur de

¹ Ce module s'applique seulement aux centrales éoliennes de l'appel d'offre A/O 2005-03 (2000 MW) et à toutes les centrales éoliennes subséquentes.

tension et/ou tout autre appareil (compensateurs synchrone ou statique par exemple) dédié à cette fonction, doit être en service.

Le module G fait quant à lui l'objet de validation pendant l'exploitation de la centrale au moyen d'un système de surveillance (voir section 1.6).

Tous les essais doivent être coordonnés avec le Transporteur dans les semaines et les jours précédant les essais, et avec le répartiteur du centre de téléconduite concerné le jour des essais.

1.4 Rôle du Producteur et du Transporteur

Le Producteur a l'obligation de réaliser des essais de validation afin de démontrer que ses installations satisfont aux exigences du Transporteur. Il doit, au moins trois mois d'avance, informer le Transporteur de la fenêtre de temps où il prévoit faire les essais. Le Producteur devra par la suite, et ce dans les meilleurs délais, aviser le Transporteur de tout déplacement de cette fenêtre de temps.

Le Transporteur fournira au Producteur, au moins deux semaines avant la date prévue pour la mise sous tension initiale de la centrale, une procédure détaillée des essais de validation.

Le Producteur doit permettre au Transporteur d'installer, dans les installations du Producteur, l'instrumentation pour effectuer les essais et analyser les résultats tels que l'installation d'un système de surveillance au point de raccordement ou à la barre haute tension du poste de départ, à une artère, ainsi qu'à une unité de production. Le système de surveillance pourra enregistrer des signaux de façon continue ou sur détection de dépassement de seuils associés à des perturbations. Ces signaux sont principalement des tensions et courants électriques, mais pourraient aussi être des variables mécaniques ou d'autres signaux. Le Producteur doit aussi fournir et installer des câbles de fibres optiques et des liens de communication de réserve que le Transporteur pourra utiliser pour les essais ou pour la surveillance continue (voir, à la section 2, les enregistrements requis pour chaque module d'essais). Le Producteur doit réaliser les mises hors tension nécessaires pour l'installation et le débranchement de l'instrumentation et ce, sans frais pour le Transporteur.

Le Producteur doit soumettre une unité de production à des essais afin de vérifier le respect de l'exigence lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through), tel que décrit dans le document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*. Si différents types d'éoliennes (technologie, réglage ou version logiciel différents) sont utilisés dans une même centrale, une éolienne de chaque type devra être soumise aux essais.

Le Transporteur assistera aux essais.

1.5 Certification

Si les résultats des essais sont jugés concluants par le Transporteur, la centrale éolienne sera considérée comme répondant aux exigences du Transporteur en regard de la version du logiciel (des contrôleurs de l'éolienne et de la centrale) vérifiée au moment des essais. Pendant toute la durée de l'exploitation de la centrale éolienne, le Producteur devra aviser le Transporteur si une nouvelle version des logiciels est implantée et documenter les modifications apportées dans cette nouvelle version. Le Producteur doit aussi aviser le Transporteur de tout changement dans la régulation de tension de ses installations. Le Transporteur pourra, dans l'un ou l'autre de ces cas, exiger que soit repris une partie ou la totalité des essais de validation et ce, aux frais du Producteur.

Le Transporteur pourra renoncer à exiger la réalisation certaines parties ou de la totalité des essais de validation pour les centrales dont la conception, le type d'éoliennes et la version du logiciel des contrôleurs ont déjà subi avec succès le programme d'essais de validation à une centrale intégrée à son réseau. Également, les essais pour confirmer le maintien en service de l'éolienne lors de sous-tension transitoire (Low Voltage Ride Through) pourraient ne pas être exigés si le Producteur peut produire un rapport complet portant sur des essais réalisés sur une unité de production identique (et avec une même version de logiciel) démontrant, à la satisfaction du Transporteur, qu'elle répond aux exigences du Transporteur sur ce point.

1.6 Système de surveillance

Certaines vérifications seront faites tout au long de l'exploitation de la centrale éolienne, au moyen d'un système de surveillance installé par le Transporteur. C'est le cas des exigences en matière de qualité de l'onde (module G). Pour les autres modules, cette supervision est également utile puisque les essais programmés ne permettent de vérifier qu'un nombre limité de conditions d'exploitation et de perturbations.

Ce système de surveillance permettra aussi de vérifier les exigences suivantes:

- Exigence lors de variation de fréquence;
- Exigences relatives aux systèmes de protection ;
- Exigence relative à l'arrêt des éoliennes en prévision d'une température très froide ou de grands vents ;
- Exigence relative au stabilisateur ;
- Exigence relative au plafonnement de la puissance active ;

1.7 Vérifications périodiques

Les vérifications périodiques (environ aux cinq ans) feront l'objet de demandes spécifiques de la part du Transporteur. Le Producteur devra, à ses propres frais, réaliser ces essais et fournir les conditions appropriées, notamment pour l'installation de l'instrumentation nécessaire. Le Transporteur fournira la procédure d'essais et pourra si nécessaire assister le Producteur à l'exécution des essais. La procédure pour ces essais sera similaire à celle des essais initiaux et ce afin de pouvoir comparer les résultats.

2. Description des essais de validation

2.1 Module A - La régulation de tension primaire

La régulation de tension primaire est réalisée par une boucle de régulation locale à l'éolienne. Généralement, c'est la réponse dynamique de cette boucle de régulation qui caractérise la régulation de tension instantanée (transitoire) de la centrale éolienne. Le programme suivant s'applique à cette situation générale où la puissance réactive nécessaire à la régulation provient uniquement des éoliennes. Toutefois, si la régulation de tension transitoire est assurée par d'autres équipements ajoutés à la centrale (compensateurs par exemple), une procédure d'essais particulière sera réalisée afin d'apprécier la réponse transitoire de ces équipements et de statuer sur le respect des exigences.

But

Le but de ces essais est de mesurer la réponse locale dynamique d'une éolienne à une variation rapide de tension et de valider que cette réponse satisfait aux exigences en matière de régulation de tension.

Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale éolienne répond aux spécifications décrites à la section *Exigences relatives à la régulation de tension et au facteur de puissance* du document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*.

Description des essais

Les essais sont effectués sur une éolienne. L'éolienne doit être isolée de tout système de régulation secondaire de tension. Pour chaque essai, la production de l'éolienne doit être supérieure à 50 % de sa puissance nominale.

La partie 1 des essais consiste à provoquer des variations de tension instantanées et de faible amplitude du côté haute tension de l'éolienne (tension terminale). Si l'on dispose d'un banc d'essai isolant l'éolienne via une impédance et qui permet de contrôler sa tension terminale, les variations de tension seront faites par ce système. Dans le cas contraire, les variations de tension seront générées par des manœuvres sur le réseau (manœuvres de batteries de condensateurs, d'inductances, etc.) ou encore en changeant la position des prises au(x) transformateur(s) de puissance du poste de départ.

La partie 2 des essais consiste à injecter de faibles échelons de tension de durée limitée, directement au système de régulation de tension de l'éolienne. Ces essais ne sont possibles que si l'éolienne possède un système de régulation de tension accessible.

Essais du module A

Partie 1

Essai A1.1 Hausse instantanée de la tension terminale de l'ordre de 1 % à 2 %

Essai A1.2 Baisse instantanée de la tension terminale de l'ordre de 1 % à 2 %

Essai A1.3 Hausse instantanée de la tension terminale de l'ordre de 3 % à 5 %

Essai A1.4 Baisse instantanée de la tension terminale de l'ordre de 3 % à 5 %

Partie 2

Essai A2.1 Échelon positif de tension de l'ordre de 2 % et d'une durée de 1/2 à quelques secondes

Essai A2.2 Échelon négatif de tension de l'ordre de 2 % et d'une durée de 1/2 à quelques secondes

Essai A2.3 Échelon positif de tension de l'ordre de 5 % et d'une durée de 1/2 à quelques secondes

Essai A2.4 Échelon négatif de tension de l'ordre de 5 % et d'une durée de 1/2 à quelques secondes

Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à l'éolienne :

- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension

2.2 Module B - Le comportement lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through)

L'exigence en matière de sous-tension (Low Voltage Ride Through) requiert que les éoliennes demeurent en service lors de perturbations de la tension. Le programme d'essai suivant est réalisé sur une éolienne. Il suppose donc que chaque éolienne satisfait de façon indépendante à ces exigences. Pour les cas où le respect des exigences est rencontré à l'aide d'équipements ajoutés à la centrale (compensateurs par exemple), une procédure d'essais particulière sera alors établie.

But

Le but de ces essais est de vérifier que les éoliennes respectent l'exigence lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through) et de mesurer la réponse d'une éolienne lors de perturbations sévères de la tension.

Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale éolienne répond aux spécifications décrites à la section *Exigence lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through)* du document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*.

Description des essais

Les essais sont effectués sur une éolienne. Une première série d'essais est faite avec une production correspondant à la puissance nominale de l'éolienne. Une deuxième série est faite avec un niveau de production correspondant à environ 20% de la puissance nominale de l'éolienne. Les durées de creux de tension spécifiées en cycles sont basées sur un réseau de fréquence 60 Hz. Par exemple, "9 cycles" équivaut à 0.15 secondes.

On doit disposer d'un banc d'essai isolant l'éolienne du réseau via une impédance et permettant d'appliquer différentes valeurs de creux de tension aux bornes haute tension du transformateur de l'éolienne (tel que montré dans la norme CEI 61400-21). Les creux de tension décrits ci-après aux étapes B1 à B18 reflètent les exigences de TransÉnergie lesquelles sont spécifiées du côté haute tension du poste de départ. Afin de simplifier les procédures d'essais, nous demandons que ces creux de tension soient appliqués aux bornes haute tension du transformateur de l'éolienne. Si cela n'est pas possible, les creux de tension à appliquer aux bornes haute tension du transformateur de l'éolienne pourront être calculés en considérant l'impédance et le mode de raccordement du ou des transformateurs haute tension du poste de départ. Ces creux de tension devront alors correspondre aux conditions aux bornes haute tension du transformateur de l'éolienne la plus près du poste lorsque les creux de tension décrits aux étapes B1 à B18 sont effectifs à la barre haute tension du poste de départ.

Essais du module B

- Essai B1** Creux de tension sur trois phases résultant en une tension de composante directe de 0,95 p.u., pendant 1 heure.
- Essai B2** Creux de tension sur une phase résultant en une tension de composante directe de 0,90 p.u., pendant 10 minutes.
- Essai B3** Creux de tension sur deux phases résultant en une tension de composante directe de 0,90 p.u., pendant 10 minutes.
- Essai B4** Creux de tension sur trois phases résultant en une tension de composante directe de 0,90 p.u., pendant 10 minutes.
- Essai B5** Creux de tension sur une phase résultant en une tension de composante directe de 0,85 p.u., pendant 30 secondes.
- Essai B6** Creux de tension sur deux phases résultant en une tension de composante directe de 0,85 p.u., pendant 30 secondes.
- Essai B7** Creux de tension sur trois phases résultant en une tension de composante directe de 0,85 p.u., pendant 30 secondes.
- Essai B8** Creux de tension sur une phase résultant en une tension de composante directe de 0,75 p.u., pendant 2 secondes.
- Essai B9** Creux de tension sur deux phases résultant en une tension de composante directe de 0,75 p.u., pendant 2 secondes.
- Essai B10** Creux de tension sur trois phases résultant en une tension de composante directe de 0,75 p.u., pendant 2 secondes.
- Essai B11** Défaut triphasé, d'une durée de 9 cycles.
- Essai B12** Défaut biphasé, d'une durée de 9 cycles.
- Essai B13** Défaut biphasé-terre, d'une durée de 9 cycles.
- Essai B14** Défaut monophasé, d'une durée de 15 cycles ou 18 cycles (selon les exigences en vigueur).
- Essai B15** Défaut triphasé avec impédance résultant en une tension de composante directe de 0,25 p.u., d'une durée de 45 cycles.
- Essai B16** Défaut biphasé-terre avec impédance résultant en une tension de composante directe de 0,50 p.u., d'une durée de 45 cycles.

Essai B17 Défaut biphasé avec impédance résultant en une tension de composante directe de 0,60 p.u., d'une durée de 45 cycles.

Essai B18² Défaut monophasé avec impédance résultant en une tension de composante directe de 0,70 p.u., d'une durée de 45 cycles.

Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à l'éolienne :

- Tensions des trois phases du côté haute tension
- Courants des trois phases du côté haute tension
- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension
- Vitesse du rotor

² Cet essai s'applique seulement aux centrales éoliennes pour lesquelles les exigences en vigueur spécifient un défaut monophasé éloigné éliminé par protection lente.

2.3 Module C - La réponse inertielle

Note : Ce module s'applique seulement aux centrales éoliennes de l'appel d'offre A/O 2005-03 (2000 MW) et à toutes les centrales éoliennes subséquentes.

But

Le but de ces essais est de vérifier que les éoliennes respectent les exigences en matière de régulation de fréquence (réponse inertielle).

Exigence

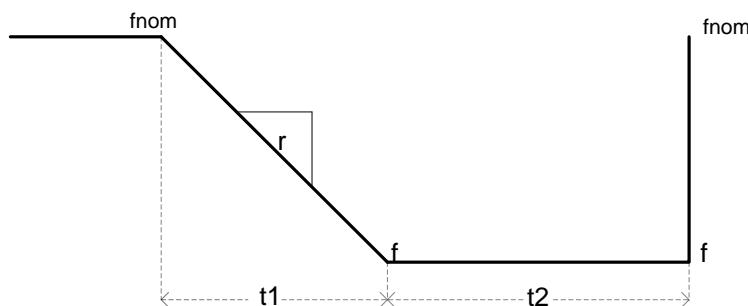
Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale éolienne répond aux spécifications décrites à la section *Exigences relatives à la régulation de fréquence (réponse inertielle)* du document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*.

Description des essais

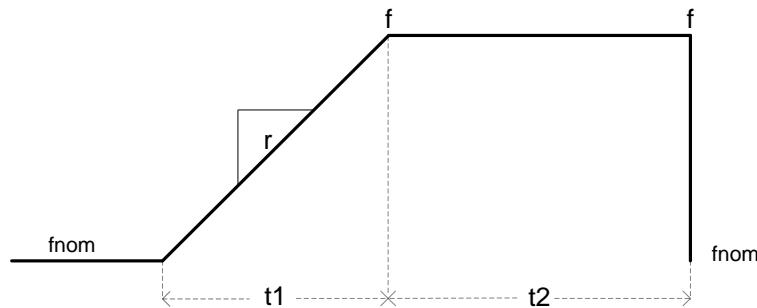
Les essais sont effectués sur une éolienne. La production de l'éolienne devra être entre 5% et 100% de sa puissance nominale, selon l'essai. Le niveau de production lors des essais devra refléter les conditions de vent c'est-à-dire que l'éolienne ne doit faire l'objet d'aucune limitation (curtailment) ou restriction de puissance.

Les essais consistent à appliquer des signaux de fréquence de durée limitée, directement au système de régulation de fréquence de l'éolienne. Ces signaux ont le profil suivant :

Pour les essais de la partie 1



Pour les essais de la partie 2



La valeur des paramètres f , $t1$, $t2$ et r sont définis pour chaque essai. Dans la section qui suit, ces valeurs sont donnés de manière approximative. Ils seront précisés dans les procédures d'essais où ils seront adaptés aux réglages et aux technologies des systèmes de régulation testés.

Dans le but de constater l'effet du contrôleur de pas des pales sur la réponse inertielle (phase de récupération), l'essai C1.8 est fait avec des conditions de vent où le pas des pales est au dessus de son minimum.

Essais du module C

Partie 1

Test C1.1 $f = 59$ Hz, $t1 = 20$ secondes, $t2 = 15$ secondes, $r = 0.05$ Hz/seconde
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C1.2 $f = 59.6$ Hz, $t1 = 4$ secondes, $t2 = 2$ secondes, $r = 0.10$ Hz/seconde
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C1.3 $f = 59$ Hz, $t1 = 10$ secondes, $t2 = 10$ secondes, $r = 0.10$ Hz/seconde
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C1.4 $f = 58.5$ Hz, $t1 = 10$ secondes, $t2 = 10$ secondes, $r = 0.15$ Hz/seconde
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C1.5 $f = 59$ Hz, $t1 = 10$ secondes, $t2 = 35$ secondes, $r = 0.10$ Hz/seconde
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C1.6 $f = 59$ Hz, $t1 = 10$ secondes, $t2 = 35$ secondes, $r = 0.10$ Hz/seconde
Production entre 5% et 10 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C1.7 $f = 59$ Hz, $t1 = 10$ secondes, $t2 = 35$ secondes, $r = 0.10$ Hz/seconde
Production à 100 % de la puissance nominale de l'éolienne.
Pas des pales à son minimum.

Test C1.8 $f = 59 \text{ Hz}$, $t_1 = 10 \text{ secondes}$, $t_2 = 35 \text{ secondes}$, $r = 0.10 \text{ Hz/seconde}$
Production à 100 % de la puissance nominale de l'éolienne.
Pas des pales au dessus de son minimum.

Partie 2

Test C2.1 $f = 60.35 \text{ Hz}$, $t_1 = 7 \text{ secondes}$, $t_2 = 20 \text{ secondes}$, $r = 0.05 \text{ Hz/seconde}$
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C2.2 $f = 60.8 \text{ Hz}$, $t_1 = 16 \text{ secondes}$, $t_2 = 20 \text{ secondes}$, $r = 0.05 \text{ Hz/seconde}$
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C2.3 $f = 61.0 \text{ Hz}$, $t_1 = 10 \text{ secondes}$, $t_2 = 20 \text{ secondes}$, $r = 0.1 \text{ Hz/seconde}$
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Test C2.4 $f = 61.2 \text{ Hz}$, $t_1 = 6 \text{ secondes}$, $t_2 = 20 \text{ secondes}$, $r = 0.2 \text{ Hz/seconde}$
Production entre 30% et 90 % de la puissance nominale de l'éolienne.

Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à l'éolienne :

- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension
- Vitesse du rotor
- Position des pales
- Signaux d'entrée et de sortie du système de régulation de fréquence
- Vitesse du vent

2.4 Module D - La régulation de tension secondaire

La régulation de tension secondaire peut, là où elle existe, être un complément judicieux à la régulation primaire. Elle peut notamment permettre de contrôler de manière continue la tension du côté haute tension des installations du Producteur (ou au point de raccordement). Le programme d'essais suivant s'applique lorsque la boucle de régulation secondaire est gérée par un système, que nous nommons *contrôleur de tension*, qui contrôle la production réactive des éoliennes en fonction d'une consigne de tension à la haute tension du poste de départ. Ce programme s'applique donc au cas général où la puissance réactive provient uniquement des éoliennes. Si la régulation de tension est assurée par d'autres équipements ajoutés à la centrale (compensateurs par exemple), une procédure d'essais particulière sera alors réalisée afin d'apprécier la réponse de ces équipements et de statuer sur le respect des exigences.

But

Le but de ces essais est de mesurer la réponse du système de régulation secondaire et de valider que cette réponse, en complément à la régulation primaire, permet de satisfaire aux exigences en matière de régulation de tension.

Les essais permettent aussi de vérifier, si cette option existe, le fonctionnement de la régulation avec statisme permanent.

Finalement, les essais servent également à vérifier la dynamique de la puissance réactive à la centrale lorsque le contrôleur de tension est mis en service et hors service.

Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale éolienne répond aux spécifications décrites à la section *Exigences relatives à la régulation de tension et au facteur de puissance* du document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*.

Description des essais

Les essais sont faits avec au moins 95 % des éoliennes en service et la production de la centrale doit être supérieure à 50 % de la puissance nominale.

La partie 1 des essais consiste à appliquer des variations de tension de faible amplitude sur le réseau. Ces variations de tension seront générées par des manœuvres sur le réseau (manœuvres de batteries de condensateurs, d'inductances, de changeurs de prises, etc.).

La partie 2 des essais consiste à appliquer des échelons de consignes au contrôleur de tension.

La partie 3 des essais, le contrôleur de tension sera mis hors service puis, une fois la puissance réactive stabilisée aux éoliennes, remis en service.

Les parties 1 et 2 des essais seront d'abord faites avec une régulation sans statisme permanent. Ces parties seront ensuite reprises avec différentes valeurs de statisme permanent allant de 2 % à 8 %. Ces essais peuvent nécessiter des changements de réglage (gains, constantes de temps, etc.) au contrôleur de tension.

La partie 3 des essais sera faite uniquement avec une régulation sans statisme permanent.

Essais du module D

Partie 1

Essai D1.1 Hausse de la tension du réseau de l'ordre de 1 %

Essai D1.2 Baisse de la tension du réseau de l'ordre de 1 %

Essai D1.3 Hausse de la tension du réseau de l'ordre de 3 %

Essai D1.4 Baisse de la tension du réseau de l'ordre de 3 %

Essai D1.5 Baisse de la tension du réseau de l'ordre de 3 %, suivie d'une hausse de l'ordre de 5 % quelques secondes plus tard

Partie 2

Essai D2.1 Échelon de consigne de tension positif de l'ordre de 1 % à 2 %

Essai D2.2 Échelon de consigne de tension négatif de l'ordre de 1 % à 2 %

Essai D2.3 Échelon de consigne de tension positif de l'ordre de 3 % à 5 %

Essai D2.4 Échelon de consigne de tension négatif de l'ordre de 3 % à 5 %

Essai D2.5 Échelon de consigne de tension négatif de l'ordre de 3 % à 5 %, suivi d'un échelon de consigne positif de 2 % quelques secondes plus tard

Faire les parties 1 et 2 avec une régulation sans statisme permanent. Les refaire ensuite avec deux différentes valeurs de statisme permanent (entre 2 % et 8 %).

Partie 3

Essai D3 Mettre hors service le contrôleur de tension jusqu'à ce que la puissance des éoliennes soit stabilisée. Remettre ensuite en service le contrôleur de tension.

Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à une éolienne :

- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension
- Vitesse du rotor
- Position des pales
- Vitesse du vent

Les signaux suivants seront enregistrés au départ (près du poste) d'une des lignes du réseau collecteur :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

Les signaux suivants seront enregistrés à la haute tension du poste de départ :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

2.5 Module E - Le facteur de puissance

Dans le programme d'essais suivant, nous considérons le cas général où la puissance réactive de la centrale provient uniquement des éoliennes. Pour les cas où le respect du facteur de puissance est assuré à l'aide d'équipements ajoutés à la centrale (compensateurs par exemple), une procédure d'essais particulière sera alors réalisée afin de statuer sur le respect des exigences.

But

Le but de ces essais est de vérifier que la centrale satisfait aux exigences en matière de facteur de puissance et de mesurer la capacité maximale de puissance réactive de la centrale et d'une éolienne.

Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale éolienne répond aux spécifications décrites à la section *Exigences relatives à la régulation de tension et au facteur de puissance* du document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*.

Description des essais

Les essais doivent être idéalement faits avec toutes les éoliennes de la centrale en service. Dépendamment de l'essai, la production des éoliennes en service varie entre 10 % et 100 % de leur puissance nominale. TransÉnergie pourrait dans certains cas accepter que les essais soient faits avec un nombre moindre d'éoliennes en service et extrapoler les résultats pour déduire la production (ou l'absorption) de puissance réactive maximale de la centrale. Des restrictions de tension sur le réseau local pourraient aussi imposer que ces essais soient faits avec un nombre restreint d'éoliennes.

Les essais consistent à produire et à absorber un maximum de puissance réactive, et ce avec différents niveaux de production et sur une plage de tension entre 0.90 pu et 1.10 pu du côté haute tension du poste de départ.

Ces essais peuvent nécessiter des changements de consignes au(x) système(s) de contrôle de tension.

Essais du module E

- Essai E1** Éoliennes à 100 % de leur puissance nominale, puissance réactive capacitive maximale, pendant 1 heure
- Essai E2** Éoliennes à 100 % de leur puissance nominale, puissance réactive inductive maximale, pendant 1 heure
- Essai E3** Éoliennes à 50 % de leur puissance nominale, puissance réactive capacitive maximale, pendant 5 minutes
- Essai E4** Éoliennes à 10 % de leur puissance nominale, puissance réactive inductive maximale, pendant 5 minutes

Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à une éolienne :

- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension

Les signaux suivants seront enregistrés au départ (près du poste) d'une des lignes du réseau collecteur :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

Les signaux suivants seront enregistrés à la haute tension du poste de départ :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

2.6 Module F - Les taux maximaux de rampe

But

Le but de ces essais est de vérifier que la centrale satisfait à l'exigence relative aux taux maximaux de rampe lorsqu'elle est démarrée ou arrêtée à l'aide d'un contrôleur de rampe.

Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale éolienne répond aux spécifications décrites à la section *Exigence relative aux taux maximums de rampe lors des montées ou des baisses de la puissance produite* du document *Exigences techniques du Transporteur relatives au raccordement des centrales électriques au réseau d'Hydro-Québec*.

Description des essais

Les essais doivent être faits avec au moins 95 % des éoliennes de la centrale en service. La production des éoliennes en service doit être supérieure à 50 % de leur puissance nominale.

Les essais consistent à faire une séquence d'arrêt de la centrale puis une séquence de démarrage et d'observer si les taux appliqués pour les rampes sont respectés.

Ces essais peuvent nécessiter des changements de réglage au contrôleur de puissance de la centrale ou aux éoliennes.

Essais du module F

Essai F1 Taux de rampe ajusté à $P_{nom}/10$ minutes, arrêt complet de la centrale

Essai F2 Taux de rampe ajusté à $P_{nom}/10$ minutes, démarrage de la centrale

Essai F3 Taux de rampe ajusté à $P_{nom}/60$ minutes, arrêt complet de la centrale

Essai F4 Taux de rampe ajusté à $P_{nom}/60$ minutes, démarrage de la centrale

Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à une éolienne :

- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension
- Vitesse du rotor
- Position des pales
- Vitesse du vent

Les signaux suivants seront enregistrés au départ (près du poste) d'une des lignes du réseau collecteur :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

Les signaux suivants seront enregistrés à la haute tension du poste de départ :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

2.7 Module G - La qualité de l'onde

Les exigences en matière de qualité de l'onde ne feront pas l'objet d'essais programmés. La vérification des harmoniques et des limites d'émission sera plutôt faite pendant l'exploitation de la centrale éolienne, au moyen d'un système de surveillance installé par le Transporteur (voir section 1.6). Ceci permettra de s'assurer du respect des normes telles que spécifiées par le Producteur dans le rapport *Étude d'émission*. Ce rapport est un préalable pour la mise sous tension initiale de la centrale éolienne.