

**Programme général  
des essais de validation et de  
performance des centrales  
photovoltaïques raccordées  
au réseau de distribution  
d'Hydro-Québec**

Rédigé par :

Essais Spécialisés de Transport (TransÉnergie)

Pour :

Direction Évolution et encadrements du réseau (HQD)

Décembre 2018

---

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>MODALITÉS DES ESSAIS DE VALIDATION ET DE PERFORMANCE .....</b>	<b>3</b>
1.1	BUT DES ESSAIS.....	3
1.2	MODULES DES ESSAIS DE VALIDATION .....	3
1.3	MODULES DES ESSAIS DE PERFORMANCE .....	4
1.4	RÔLE DU <i>PRODUCTEUR</i> ET DU <i>DISTRIBUTEUR</i> .....	4
1.5	CERTIFICATION DE LA CONFORMITÉ DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE.....	4
1.6	VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES.....	5
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION DES ESSAIS DE VALIDATION .....</b>	<b>6</b>
2.1	MODULE A – AUTOMATISMES ET PROTECTION .....	6
2.2	MODULE B – SYNCHRONISATION DE LA CENTRALE .....	7
2.3	MODULE C - LA QUALITÉ DE L'ONDE .....	8
2.4	MODULE D – LA PROTECTION ANTI-ÎLOTAGE.....	9
2.5	MODULE E - LE COMPORTEMENT LORS DE SOUS-TENSION (LVRT) .....	11
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION DES ESSAIS DE PERFORMANCE.....</b>	<b>13</b>
3.1	MODULE F - LA RÉGULATION DE FRÉQUENCE .....	13
3.2	MODULE G - LA RÉGULATION DE TENSION.....	13
3.3	MODULE H - LE FACTEUR DE PUISSANCE .....	16
3.4	MODULE I – LES TAUX MAXIMAUX DE RAMPE .....	18

---

## PRÉAMBULE

La norme E.12-01 « *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec* » traite des exigences associées à la production décentralisée. Afin de démontrer que ces exigences sont respectées, le propriétaire d'une centrale photovoltaïque doit réaliser à ses installations des essais dits de validation et de performance. Deux documents émis par le Distributeur encadrent le contenu de ces essais :

- 1) *Le programme général des essais de validation et de performance* (le présent document) qui est commun à toutes les centrales photovoltaïques raccordées à 44 kV ou moins. Il décrit les essais de validation et de performance à réaliser aux centrales photovoltaïques sans tenir compte des spécificités des installations. Ce document est disponible sur le site internet contenant les exigences techniques, normes et codes de raccordement au réseau du Distributeur<sup>1</sup>.
- 2) *La procédure détaillée des essais de validation et de performance* est particulière à chaque centrale photovoltaïque et contient la séquence complète et spécifique des essais pour cette centrale. Cette procédure tient compte notamment du type de technologie utilisée, du point de raccordement et des exigences particulières en vigueur pour cette centrale. Pour les besoins du réseau local, le Distributeur 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 quatre 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. À la deuxième et troisième section, on retrouve la description des essais lesquels sont séparés en neuf modules.

---

<sup>1</sup> [http://www.hydroquebec.com/transenergie/fr/commerce/raccordement\\_distribution.html](http://www.hydroquebec.com/transenergie/fr/commerce/raccordement_distribution.html)

---

## DÉFINITIONS

### **Centre de Téléconduite (CT)**

Centre d'exploitation régionale du Transporteur.

### **Centre d'Exploitation de Distribution (CED)**

Centre de contrôle du Distributeur

### **Distributeur**

Hydro-Québec Distribution ou son représentant.

### **Low Voltage Ride Through (LVRT)**

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

### **Pnom**

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

### **Producteur**

Propriétaire de la centrale photovoltaïque ou son représentant.

### **Tension terminale**

Tension à la sortie du transformateur de l'onduleur, c'est-à-dire à la moyenne tension (typiquement, niveau de tension 25 kV).

## NORMES ASSOCIÉES

- |         |   |
|---------|---|
| C.22-03 | Exigences techniques relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec   |
| C.25-01 | Exigences techniques relatives au raccordement de charges déformantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec  |
| E.12-01 | Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec                             |
| E.12-03 | Exigences de maintenance périodique des équipements utilisés pour l'intégration d'un Producteur/Client-producteur au réseau d'Hydro-Québec Distribution |

---

# 1 Modalités des essais de validation et de performance

## 1.1 But des essais

Les essais demandés par le Distributeur poursuivent deux buts :

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

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

Le présent document est séparé en deux parties : les essais de validation (section 2), qui doivent être réalisés avant la mise en service commerciale et les essais de performance (section 3), réalisés après la mise en service commerciale, mais requis notamment pour déclarer l'acceptation finale. Pour connaître davantage sur l'ordre chronologique du raccordement, s'adresser au délégué commercial.

Notez que le Distributeur ou un représentant doit assister en tant que témoin à tous les essais incluant aussi les essais hors réseau et les essais en réseau tel que défini dans le document « Étude de raccordement » à la section 5.

Tous les essais doivent être coordonnés avec le Distributeur dans les semaines et les jours précédant les essais, et avec le CED et le CT concerné le jour des essais.

## 1.2 Modules des essais de validation

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

- **Module A Les automatismes et protections**
- **Module B La synchronisation de la centrale**
- **Module C La qualité de l'onde**
- **Module D La protection anti-îlotage**
- **Module E Le comportement lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through)**

Le succès de ces essais est nécessaire pour autoriser la production continue de la centrale. Dix jours ouvrables sont réservés pour la rédaction d'une lettre ou d'une note confirmant l'acceptation des essais de validation.

---

### 1.3 Modules des essais de performance

Les essais de performance sont séparés en quatre modules qui visent à vérifier :

- **Module F** La régulation de la fréquence
- **Module G** La régulation de tension
- **Module H** Le facteur de puissance
- **Module I** Les taux maximums de rampe

Les essais de performance doivent être réalisés après les essais de validation et sont nécessaires pour l'obtention de l'acceptation finale.

Vingt jours ouvrables sont prévus pour la rédaction du rapport d'essais de performance.

### 1.4 Rôle du *Producteur* et du *Distributeur*

Le Producteur a l'obligation de réaliser des essais de validation et de performance afin de démontrer que ses installations satisfont les exigences du Distributeur. Il doit, au moins trois mois d'avance, informer le Distributeur 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 Distributeur de tout déplacement de cette fenêtre de temps.

Le Producteur doit permettre au Distributeur 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. 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 réaliser les mises hors tension nécessaires pour l'installation et le débranchement de l'instrumentation, et ce, sans frais pour le Distributeur. La surveillance sera faite tout au long de l'exploitation de la centrale photovoltaïque.

### 1.5 Certification de la conformité de la centrale photovoltaïque

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

---

Le Distributeur peut renoncer à exiger la réalisation de certaines parties des essais de validation pour les centrales dont la conception, le type d'onduleur et la version du logiciel des contrôleurs ont déjà subi avec succès le programme d'essais à une centrale intégrée à son réseau (ou le réseau du Transporteur). Si tel est le cas, le Producteur doit produire un rapport complet portant sur des essais réalisés démontrant qu'il répond aux exigences du Distributeur.

## **1.6 Vérifications périodiques**

Des vérifications périodiques (approximativement aux cinq ans) feront l'objet de demandes spécifiques de la part du Distributeur. Le Producteur devra, à ses frais, réaliser ces essais et fournir les conditions appropriées, notamment pour l'installation de l'instrumentation nécessaire. Le Distributeur fournira la procédure d'essais et pourra témoigner aux essais s'il le désire. La procédure pour ces essais sera similaire à celle des essais initiaux, et ce, afin de pouvoir comparer les résultats.

Ne pas confondre les vérifications périodiques mentionnées dans la présente section avec les exigences de la norme E.12-03 intitulée « Exigences de maintenance périodique des équipements utilisés pour l'intégration d'un Producteur/Client-producteur au réseau d'Hydro-Québec Distribution » stipulant que les essais fonctionnels de maintenance doivent être effectués une fois par année. La norme E.12-03 demeure pleinement en vigueur.

---

## **2 Description des essais de validation**

### **2.1 Module A – Automatismes et protection**

#### **But**

Le but de cet essai est de vérifier le bon fonctionnement des automatismes et appareils de protection.

#### **Exigences**

Démontrer que chacun des systèmes de protection peut produire une séquence complète de déclenchement initiant l'ouverture du disjoncteur principal. De plus, démontrer le fonctionnement du verrouillage du disjoncteur principal de la centrale.

#### **Description des essais**

La lecture des courants et des tensions devra être validée par les relais de protection en amplitude et en phase.

Le déclenchement du disjoncteur principal doit être initié par chacun des systèmes de protection. À cette fin, forcer le ou les contacts de sortie des relais de protection afin de simuler le fonctionnement du relais de protection pour provoquer un déclenchement du disjoncteur principal. Durant ce/ces essai(s), le ou les onduleurs doit (doivent) fonctionner en synchronisation avec le réseau HQD, à puissance réduite.

La temporisation de 5 minutes du mécanisme de verrouillage du disjoncteur principal de la centrale doit être aussi validée. Cette temporisation doit être activée seulement quand la tension sur les trois phases est présente en amont du disjoncteur principal. Une fois le délai terminé, le disjoncteur principal a la possibilité d'enclencher.

#### **Enregistrements**

Les signaux suivants seront enregistrés à la centrale :

- Courants des trois phases au point de raccordement
- Tensions des trois phases au point de raccordement
- États des relais de protection
- État du disjoncteur principal



---

## 2.2 Module B – Synchronisation de la centrale

### But

Valider que la synchronisation de la centrale au réseau d'Hydro-Québec respecte les limites de variations rapides de tension.

### Exigences

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale photovoltaïque répond aux spécifications décrites dans la norme C.22-03 « *Exigences techniques relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec* ».

### Description des essais

Les essais consistent à mesurer les variations rapides de tension lorsque la centrale se synchronise sur le réseau d'Hydro-Québec. Pour ce faire, la procédure normale établie par le producteur pour faire la synchronisation de la centrale doit être suivie. Si la centrale se synchronise du côté basse tension de transformateurs, les variations rapides de tension causées par le courant d'appel de ces transformateurs seront mesurées.

Les variations rapides de tension ne doivent pas excéder les valeurs prescrites dans le tableau IV de la norme C.22-03.

### Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à la moyenne tension à la centrale :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases

Les signaux suivants seront enregistrés à un ou quelques onduleurs :

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

---

## 2.3 Module C - La qualité de l'onde

### But

Le but de ces essais est de démontrer que la centrale respecte les limites de papillotement, variations rapides de tension, harmoniques et injection de courant continu.

### Exigence

Les exigences des normes C.22-03 « *Exigences techniques relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec* », C.25-01 « *Exigences techniques relatives au raccordement de charges déformantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec* » et E.12-01 « *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec* » devront être respectés.

### Description des essais

Les essais doivent être faits avec au moins 80 % des onduleurs de la centrale en service. La production de la centrale doit être supérieure à 50 % de sa puissance nominale. Dans le cas où le poste est scindé en plusieurs parties (deux artères ou plus), le minimum de 80 % doit être considéré pour chaque partie. Lors des essais, aucune section, série de modules ne doit être indisponible de façon volontaire.

Pendant 60 minutes, les mesures suivantes au point de raccordement doivent être effectuées.

- Production de la centrale (puissance active, réactive, facteur de puissance) moyenne de 10 minutes ;
- Papillotement court-terme (Pst 10 minutes) à l'aide d'un appareil de mesure conforme à la norme CEI 61000-4-30 ;
- Harmonique de courant et de tension (individuels du rang 2 à 50, distorsion totale) intégré sur 10 minutes à l'aide d'un appareil de mesure conforme à la norme CEI 61000-4-30 ;
- Injection de courant continu.

### Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à la moyenne tension à la centrale :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases
- Irradiation solaire.
- Température ambiante.
- Température des cellules.

Les signaux suivants seront enregistrés à un ou plusieurs onduleurs :

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

---

## 2.4 Module D – La protection anti-îlotage

L'exigence en matière d'anti-îlotage requiert que le disjoncteur principal de la centrale soit déclenché afin d'éviter la formation d'un îlot entre la centrale et les charges sur l'artère moyenne tension dans le cas où le disjoncteur de départ de ligne du poste satellite ouvre intempestivement.

### But

Le but de ces essais est de vérifier que la centrale respecte l'exigence d'anti-îlotage et de mesurer le délai entre la formation d'un îlot et l'ouverture du disjoncteur principal de la centrale. Cet aspect sera validé alors que la régulation est en mode tension<sup>2</sup> et en mode facteur de puissance.

### Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que l'îlot est éliminé à l'intérieur d'un délai de 2 secondes.

### Description des essais

Dans le cas où la centrale est scindée en plusieurs parties (deux artères ou plus), les essais peuvent être effectués avec une seule partie en service. Cette partie doit correspondre à au moins 10 % des onduleurs de la centrale. Lors des essais, la production de la centrale doit être supérieure à 50 % de la puissance nominale de cette partie du parc solaire.

Pour effectuer les essais, un dispositif capable d'interrompre le courant de charge doit être installé entre le mesurage d'Hydro-Québec et le disjoncteur principal de la centrale afin d'isoler la centrale des charges de l'artère.

On doit disposer d'un banc d'essai raccordé en amont du disjoncteur principal de la centrale. Ce banc d'essai doit être dimensionné de manière à permettre d'atteindre un ratio charge/puissance<sup>3</sup> de 90%, 100% et 110%. Le facteur de puissance doit être approximativement 0,95 inductif.

Alors que la centrale produit, le dispositif d'interruption doit ouvrir afin de simuler l'ouverture du disjoncteur d'artère au poste satellite. Ainsi, la protection de la centrale doit détecter l'îlot et faire provoquer l'ouverture du disjoncteur principal de la centrale avant les dispositifs de protection des onduleurs.

---

<sup>2</sup> Si ce mode de régulation est applicable à la centrale.

<sup>3</sup> Corresponds au ratio de la charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale.

---

## Essais du module D

### **Partie 1 – La régulation est ajustée en mode tension.**

**Essai D1.1** Ratio charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale équivalent à 90% avec un facteur de puissance d'approximativement 0,95 inductif.

**Essai D1.2** Ratio charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale équivalent à 100% avec un facteur de puissance d'approximativement 0,95 inductif.

**Essai D1.3** Ratio charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale équivalent à 110% avec un facteur de puissance d'approximativement 0,95 inductif.

### **Partie 2 – La régulation est ajustée en mode facteur de puissance.**

**Essai D2.1** Ratio charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale équivalent à 90% avec un facteur de puissance d'approximativement 0,95 inductif.

**Essai D2.2** Ratio charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale équivalent à 100% avec un facteur de puissance d'approximativement 0,95 inductif.

**Essai D2.3** Ratio charge du banc d'essai sur la puissance de la centrale équivalent à 110% avec un facteur de puissance d'approximativement 0,95 inductif.

## Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à un ou plusieurs onduleurs :

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

Les signaux suivants seront enregistrés à la moyenne tension à la centrale :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases
- Signal de commande d'ouverture du dispositif capable d'interrompre le courant
- États des relais de protection d'anti-îlotage

---

## 2.5 Module E - Le comportement lors de sous-tension (LVRT)

L'exigence en matière de comportement lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through) requiert que le parc solaire demeure en service lors de perturbations de la tension. Le programme d'essai suivant est réalisé sur un onduleur. Il suppose donc que chacun satisfait de façon indépendante à ces exigences.

### But

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

### Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale photovoltaïque répond aux spécifications décrites à la section *Exigence lors de sous-tension (Low Voltage Ride Through)* de la norme E.12-01 « *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec* ».

### Description des essais

Les essais sont effectués sur un onduleur. Une première série d'essais est faite avec une production correspondant à sa puissance nominale. Une deuxième série est faite avec un niveau de production correspondant à environ 20% de la puissance nominale de l'onduleur. Les durées de creux de tension spécifiées en cycles sont basées sur un réseau de fréquence 60 Hz. Par exemple, "9 cycles" équivalent à 0,15 seconde. Les amplitudes de tension représentent toutes des tensions phase-terre. Les amplitudes indiquées sur la courbe LVRT et dans la description des essais du module correspondent à la tension la plus basse.

On doit disposer d'un banc d'essai isolant l'onduleur du réseau via une impédance et permettant d'appliquer différentes valeurs de creux de tension aux bornes moyenne tension du transformateur de l'onduleur.

---

## Essais du module E

<b>Essai F1</b>	Creux de tension sur trois phases d'amplitude 0,95 p.u., pendant 1 heure.
<b>Essai F2</b>	Creux de tension sur une phase d'amplitude 0,90 p.u., pendant 10 minutes.
<b>Essai F3</b>	Creux de tension sur trois phases d'amplitude 0,90 p.u., pendant 10 minutes.
<b>Essai F4</b>	Creux de tension sur une phase d'amplitude 0,85 p.u., pendant 30 secondes.
<b>Essai F5</b>	Creux de tension sur trois phases d'amplitude 0,85 p.u., pendant 30 secondes.
<b>Essai F6</b>	Creux de tension sur une phase d'amplitude 0,75 p.u., pendant 2 secondes.
<b>Essai F7</b>	Creux de tension sur trois phases d'amplitude 0,75 p.u., pendant 2 secondes.
<b>Essai F8</b>	Défaut monophasé franc à la terre, d'une durée de 9 cycles.
<b>Essai F9</b>	Défaut triphasé franc à la terre, d'une durée de 9 cycles.
<b>Essai F10</b>	Défaut monophasé à la terre avec impédance d'amplitude 0,25 p.u., d'une durée de 60 cycles.
<b>Essai F11</b>	Défaut triphasé à la terre avec impédance d'amplitude 0,25 p.u., d'une durée de 60 cycles.
<b>Essai F12</b>	Défaut monophasé à la terre avec impédance d'amplitude 0,12 p.u., d'une durée de 30 cycles.
<b>Essai F12</b>	Défaut triphasé à la terre avec impédance d'amplitude 0,12 p.u., d'une durée de 30 cycles.

## Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à l'ondeur :

- Tensions des trois phases du côté moyenne tension
- Courants des trois phases du côté moyenne tension
- Tensions des trois phases du côté basse tension
- Courants des trois phases du côté basse tension
- Irradiation solaire

---

## 3 Description des essais de performance

### 3.1 Module F - La régulation de fréquence

#### But

Ce module d'essais ne s'applique habituellement qu'aux centrales de 10 MW et plus. Le but de ces essais est de vérifier que la centrale respecte les exigences en matière de régulation de fréquence.

Ce module sera détaillé dans un autre document seulement lorsqu'applicable.

### 3.2 Module G - La régulation de tension

Le module d'essais suivant s'applique lorsque la boucle de régulation est gérée par un système, nommé contrôleur de tension, qui contrôle la production réactive de la centrale en fonction d'une consigne de tension. Ce module ne s'applique habituellement qu'aux centrales de 5 MW et plus.

#### But

Le but de ces essais est de mesurer la réponse du système de régulation et de valider que cette réponse satisfasse 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 photovoltaïque répond aux spécifications décrites à la section *Régulation de tension* de la norme E.12-01 « *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec* ».

---

## **Description des essais**

Les essais sont faits avec au moins 80 % des onduleurs du parc solaire en service et la production de la centrale doit être supérieure à 50 % de la puissance nominale. Dans le cas où la centrale est scindée en plusieurs parties (deux artères ou plus), le minimum de 80 % doit être considéré pour chaque partie. Lors des essais, aucun onduleur ou artère ne doit être indisponible de façon volontaire.

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.

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

Les parties 1 et 2 des essais seront d'abord faits 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 G**

### **Partie 1**

**Essai G1.1** Hausse de la tension du réseau de l'ordre de 1 %

**Essai G1.2** Baisse de la tension du réseau de l'ordre de 1 %

**Essai G1.3** Hausse de la tension du réseau de l'ordre de 3 %

**Essai G1.4** Baisse de la tension du réseau de l'ordre de 3 %

### **Partie 2**

**Essai G2.1** Échelon de consigne de tension positif de l'ordre de 1 % à 2 %

**Essai G2.2** Échelon de consigne de tension négatif de l'ordre de 1 % à 2 %

**Essai G2.3** Échelon de consigne de tension positif de l'ordre de 3 % à 5 %

**Essai G2.4** Échelon de consigne de tension négatif de l'ordre de 3 % à 5 %

**Essai G2.5** 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 G3** Mettre hors service le contrôleur de tension jusqu'à ce que la puissance du parc soit stabilisée. Remettre ensuite en service le contrôleur de tension.

### **Enregistrements**

Les signaux suivants seront enregistrés à un ou plusieurs onduleurs :

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

Les signaux suivants seront enregistrés à la moyenne tension de la centrale :

- Tensions des trois phases au point de raccordement
- Courants des trois phases au point de raccordement
- Irradiation solaire
- Température ambiante
- Température des cellules

---

### 3.3 Module H - Le facteur de puissance

#### 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.

#### Exigence

Les résultats de ces essais doivent montrer que la centrale photovoltaïque répond aux spécifications décrites à la section *Régulation de tension* de la norme E.12-01 « *Exigences relatives au raccordement de la production décentralisée au réseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Québec* ».

#### Description des essais

Les essais doivent être réalisés avec au moins 80 % des onduleurs du parc solaire en service. Dans le cas où la centrale est scindée en deux parties ou plus (deux artères ou plus), le minimum de 80 % doit être considéré pour chaque partie. Selon l'essai, la production du parc en service varie entre 10 % et 100 % de sa puissance nominale. Le distributeur pourrait dans certains cas accepter que les essais soient faits avec un nombre moindre d'onduleurs 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'onduleurs.

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 0,94 pu et 1,06 pu au point de raccordement de la centrale.

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

#### Essais du module H

**Essai I1** Parc solaire à 20 % de sa puissance nominale, puissance réactive capacitive maximale, pendant 1 heure

**Essai I2** Parc solaire à 100 % de sa puissance nominale, puissance réactive inductive maximale, pendant 1 heure

---

## **Enregistrements**

Les signaux suivants seront enregistrés à un onduleur :

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

Les signaux suivants seront enregistrés à la moyenne tension à la centrale :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases
- Irradiation solaire
- Température ambiante
- Température des cellules

---

### 3.4 Module I – 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

La centrale doit être conçue de manière à pouvoir respecter les taux maximaux de rampe suivants, lors des montées ou des baisses de puissance produite :

- Rampe avec un temps minimal ajustable de 2 à 60 minutes pour une variation de production de 0 MW (départ à l'arrêt) à Pmax (puissance maximale) de la centrale;
- Rampe avec un temps minimal ajustable de 2 à 60 minutes pour une variation de production de Pmax (puissance maximale) à 0 MW (arrêt) de la centrale.

#### Description des essais

Les essais doivent être faits avec au moins 80 % des onduleurs du parc solaire en service. La production du parc en service doit être supérieure à 50 % de la puissance nominale. Dans le cas où le poste est scindé en deux parties ou plus (deux artères ou plus), le minimum de 80 % doit être considéré pour chaque partie. Lors des essais, aucun onduleur ou artère ne doit être indisponible de façon volontaire. Les essais consistent à faire une séquence d'arrêt de la centrale puis une séquence de démarrage et observer si les taux appliqués pour les rampes sont respectés.

#### Essais du module I

**Essai I1** Taux de rampe ajusté à Pnom/10 minutes, arrêt complet de la centrale

**Essai I2** Taux de rampe ajusté à Pnom/10 minutes, démarrage de la centrale

#### Enregistrements

Les signaux suivants seront enregistrés à un onduleur :

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

Les signaux suivants seront enregistrés à la moyenne tension à la centrale :

- Tensions des trois phases
- Courants des trois phases
- Irradiation solaire
- Température ambiante
- Température des cellules