



# Procédure de validation des modèles dynamiques PSS/E

---

Hydro-Québec – Groupe Exploitation et infrastructures (GEI)

2026-04-10

## Table des matières

1	Objectif.....	1
2	Modélisation .....	2
3	Simulation .....	4
4	Rapport de validation.....	6

# 1 Objectif

Tel qu'indiqué dans le document « *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec* », Hydro-Québec dans ses activités de transport d'électricité (le « Transporteur ») utilise le logiciel PSS/E de la firme Siemens PTI pour la réalisation de ses études de comportement dynamique du réseau.

Dans le cadre d'une demande de raccordement d'une installation de production, le producteur doit indiquer au Transporteur les modèles dynamiques inclus à la bibliothèque de PSS/E et fournir les paramètres associés et validés de toutes les composantes, toutes les fonctions et tous les contrôles de la centrale. Les modèles identifiés par le producteur doivent représenter fidèlement le comportement dynamique de la centrale. Conditionnellement à une entente avec le Transporteur, le producteur peut transmettre des modèles complets de type « usager », utilisables par le Transporteur dans ses études de comportement dynamique avec la version courante du logiciel PSS/E.

Aujourd'hui, la version courante du logiciel PSS/E qui est utilisée par le Transporteur est la version 34.8.

Afin d'accélérer le processus de validation des modèles dynamiques de l'installation de production, le Transporteur demande au producteur un rapport de validation démontrant que les modèles dynamiques PSS/E de son installation de production :

- S'initialisent adéquatement;
- Respectent les exigences de performance dynamique indiquées dans les *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*, notamment en termes de comportement en tension et en fréquence à la suite de perturbations.

Ainsi, le présent document a pour objectif de faciliter la préparation, par le producteur, d'un rapport de validation pertinent, et ce, en proposant une procédure de validation standardisée des modèles dynamiques PSS/E.

## 2 Modélisation

De manière générale, le producteur doit intégrer une modélisation de son installation de production à une modélisation d'un équivalent Thévenin du réseau du Transporteur à une barre de référence.

Le producteur est responsable de développer l'ensemble de cette modélisation.

La modélisation de l'équivalent Thévenin du réseau du Transporteur est composée d'une source infinie (source idéale) et d'une ligne, dont l'impédance doit être calculée par le producteur à l'aide d'équations spécifiées par le Transporteur. Ces équations ont été développées pour représenter un équivalent Thévenin caractérisé par un ratio de court-circuit de 5 et un rapport X/R de 28.

Le Tableau 1 et le Tableau 2 résument les paramètres à utiliser afin de modéliser l'équivalent Thévenin du réseau du Transporteur.

**Tableau 1 : Modélisation de la source idéale de l'équivalent Thévenin du réseau du Transporteur**

Paramètre	Valeur
Bus	999000
Type code	3 – Swing bus
ID	1
Pmax / Pmin (MW)	9999.0 / -9999.0
Qmax / Qmin (Mvar)	9999.0 / -9999.0
Mbase (MVA)	1000
R Source (pu)	0
X Source (pu)	0.0001

**Tableau 2 : Modélisation de la ligne de l'équivalent Thévenin du réseau du Transporteur**

Paramètres	Valeurs
From Bus Number	999000
To Bus Number	888000
ID	1
Line R	Équation E.1
Line X	Équation E.2
Line Charging B	0

$$(E.1) \quad \text{Line R} = \frac{S_{\text{base}}}{5 \times S_{\text{production}}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 28^2}}$$

$$(E.2) \quad \text{Line X} = 28 \times \text{Line R}$$

Où :

$S_{\text{base}}$  = Puissance apparente de base de PSS/E (VA)

$S_{\text{production}}$  = Puissance apparente nominale de l'installation de production (VA)

La modélisation de l'installation de production doit représenter la puissance réelle prévue d'être installée, la quantité exacte de transformateurs éleveurs de l'installation, ainsi que les équipements de support réactif ou de stockage si requis.

Un équivalent Thévenin du réseau collecteur et un modèle équivalent des transformateurs des groupes de production sont demandés. Il est requis de compléter le formulaire fourni de demande de raccordement d'une IPE au réseau du Transporteur afin de consolider toutes les informations nécessaires à la validation de l'écoulement de puissance et des modèles dynamiques de l'installation de production.

La Figure 1 et la Figure 2 illustrent des exemples de représentation simplifiée d'une modélisation qui comprend une modélisation de l'installation de production raccordée à une modélisation d'un équivalent Thévenin du réseau du Transporteur par l'entremise de la barre de référence #888000.

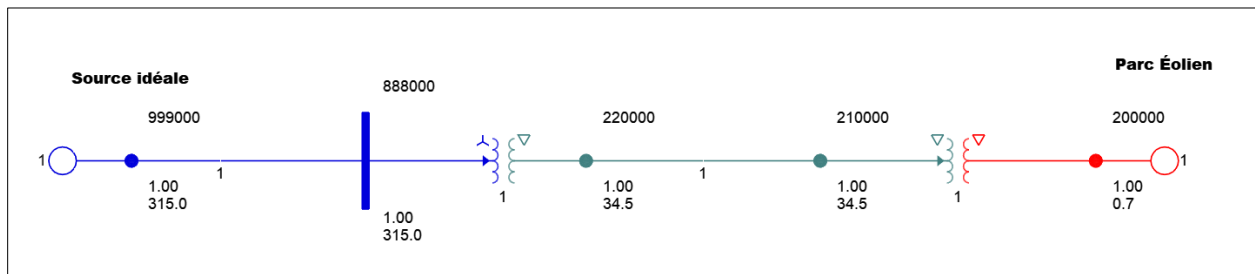


Figure 1 : Exemple de représentation simplifiée avec un transformateur éleveur

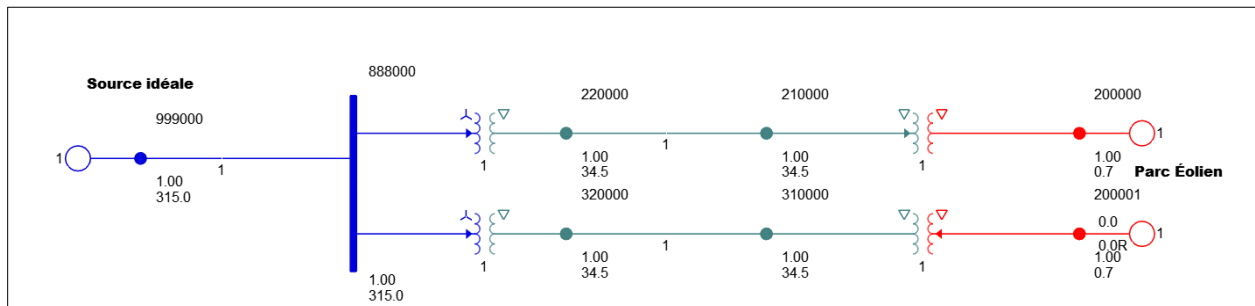


Figure 2 : Exemple de représentation simplifiée avec plusieurs transformateurs éleveurs

### 3 Simulation

Afin de valider le comportement dynamique de l'installation de production, le Transporteur demande que le producteur simule une série de 8 perturbations avec la modélisation préparée à la section précédente. La simulation de ces 8 perturbations a pour objectif de démontrer la conformité du comportement dynamique de l'installation de production aux exigences de performance dynamique indiquées à la section 12 des *Exigences techniques de raccordement de centrales au réseau de transport d'Hydro-Québec*.

Les perturbations peuvent être simulées à l'aide du modèle PLBVFU1 (*Model to Play-In known voltage and/or frequency signal*) de la librairie PSS/E. Les fichiers DYR et PLB associés à chacune des perturbations à simuler ont été préparés par Hydro-Québec et sont disponibles sur le site web de l'entreprise. Les simulations doivent être réalisées avec la version 34.8 de PSS/E, et ce, à l'aide des paramètres indiqués dans le Tableau 3.

**Tableau 3 : Paramètres de simulation dynamique à utiliser dans PSS/E**

<b>Paramètre</b>	<b>Valeur</b>
Network solution iterations	100
Acceleration	0.1
Tolerance	0.0005
Island frequency acceleration	0.66
Island frequency tolerance	0.0001
Time step	4.16 ms
Frequency filter	16.67 ms
Delta threshold intermediate	0.04
Delta threshold island frequency	0.06
Network frequency dependence	ON

Pour chacune des 8 perturbations simulées, les variables de sortie suivantes doivent être produites :

1. Puissance active du groupe de production;
2. Puissance réactive du groupe de production;
3. Puissance réactive des équipements de compensation réactive dynamique (si applicable);
4. Puissance active au point de raccordement (barre #888000);
5. Puissance réactive au point de raccordement (barre #888000);
6. Tension au point de raccordement (barre #888000);
7. Tension à la basse tension du transformateur du groupe de production;
8. Tension à la basse tension des équipements de compensation réactive dynamique (si applicable);
9. Fréquence au point de raccordement (barre #888000).

Le rapport de validation doit contenir un graphique de chacune de ces variables de sortie, et ce, pour la durée entière de la simulation.

Les 8 perturbations sont résumées dans le Tableau 4.

**Tableau 4 : Description des 8 perturbations à simuler**

<b>Perturbation</b>	<b>Description de la perturbation</b>	<b>Durée de la simulation</b>
#1	Valider que les modèles dynamiques s'initialisent adéquatement à l'aide d'une simulation sans défaut.	20 s
#2	Produire une variation de tension de +5 % au point de raccordement (barre #888000). La simulation permet d'observer la contribution en puissance réactive du groupe de production à la régulation de tension au point de raccordement.	60 s
#3	Produire une variation de tension de -5 % au point de raccordement (barre #888000). La simulation permet d'observer la contribution en puissance réactive du groupe de production à la régulation de tension au point de raccordement.	60 s
#4	Défaut produisant une baisse de tension à 0.8 pu au point de raccordement (barre #888000) éliminé après 45 cycles. Le test permet d'observer la contribution de la centrale en puissance réactive lors d'un défaut.	20 s
#5	Défaut produisant une baisse de tension à 0.25 pu au point de raccordement (barre #888000) éliminé après 45 cycles. Le test permet d'observer la contribution de la centrale en puissance réactive lors d'un défaut.	20 s
#6	Défaut produisant une baisse de tension à 0 pu au point de raccordement (barre #88000) éliminé après 9 cycles.	20 s
#7	Valider le comportement du groupe de production en sous-fréquence (réponse inertielle). Le test a pour but de valider la réponse inertielle en observant la capacité de la centrale à ajuster sa puissance active pour maintenir la stabilité en fréquence du réseau.	100 s
#8	Valider le comportement du groupe de production en surfréquence. Le test a pour but de valider la capacité de la centrale à ajuster sa puissance active pour maintenir la stabilité en fréquence du réseau.	100 s

## 4 Rapport de validation

Le Transporteur demande au producteur de préparer et de lui remettre un rapport de validation qui comprend minimalement les éléments suivants :

1. Fichiers utilisés par le producteur pour réaliser ses simulations :
  - a. Fichier SAV de la modélisation en écoulement de puissance;
  - b. Fichier DYR de la modélisation dynamique;
  - c. Tout fichier requis pour la simulation d'un modèle dynamique usager utilisé par le producteur (si applicable);
  - d. Tout autre fichier requis pour que le Transporteur puisse reproduire les résultats des simulations du producteur.
2. Formulaire de demande de raccordement d'une IPE au réseau d'Hydro-Québec dûment rempli par le producteur;
3. Résultats détaillés des simulations des 8 perturbations réalisés par le producteur en conformité avec la section précédente du présent document.

Si jugé nécessaire, le producteur peut bonifier son rapport de validation avec d'autres simulations, afficher plus de variables de sortie, ou ajouter toute autre information considérée pertinente pour une meilleure compréhension du comportement de l'installation de production. Dans ce cas, le producteur devra également inclure dans son rapport de validation tous les requis pour que le Transporteur puisse reproduire les résultats des simulations additionnelles du producteur.