



Norme TPL-007-3

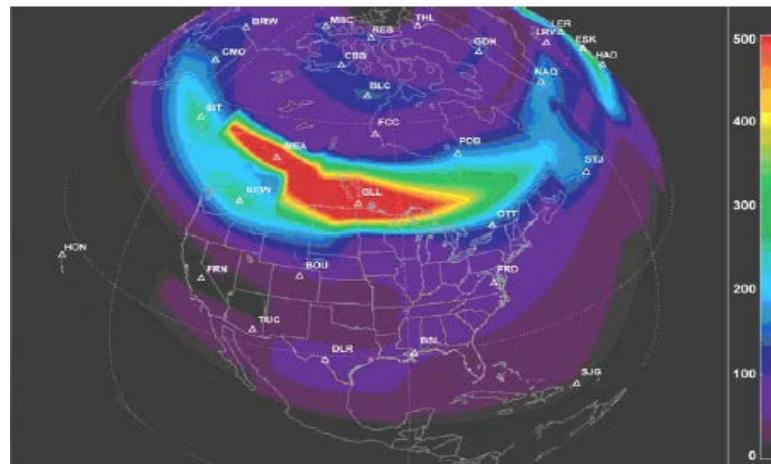
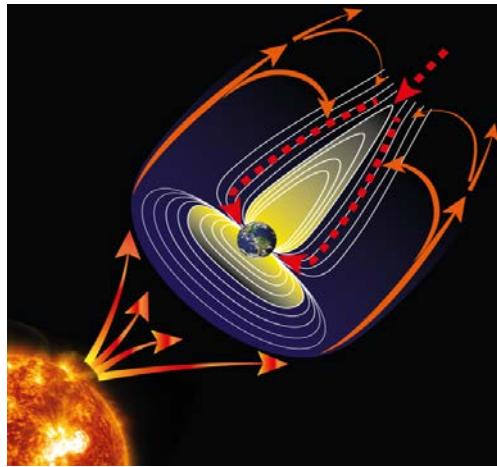
Planification du réseau de transport pour tenir
compte des perturbations géomagnétiques

Hydro-Québec TransÉnergie | Mars 2020

TPL-007-3 - Plan de la présentation

- Mise en contexte
- Description générale de la TPL-007-3
- Exigences spécifiques aux propriétaires d'installations de transport ou de production (TO et GO)
- Conclusion

Mise en contexte - Phénomènes physiques



- Le soleil émet, de façon spontanée, des tempêtes solaires (jets de particules, principalement électrons et protons)
- Ces particules sont déviées puis reconnectées par le champ magnétique de la terre ce qui génère un courant élevé électrique dans l'ionosphère (~ 100 km) (électrojet)
- Cet électrojet à des effets au sol, et induit dans les réseaux électriques des courants parasites (courant continu CC)
- Conséquences pour les réseaux électriques:
 - Difficulté de contrôler adéquatement les niveaux de tension sur le réseau lors d'orages
 - Mauvais fonctionnement des équipements
 - Bris d'équipement, surtout les transformateurs qui peuvent s'échauffer avec l'addition de ce courant

Mise en contexte - Historique de la norme

- Suite à une ordonnance 779 de la FERC en mai 2013, la NERC a été mandatée pour rédiger des normes sur les orages géomagnétiques pour l'exploitation et pour la planification des réseaux
 - **Normes d'exploitation** (EOP-010-1 approuvée le 1^{er} avril 2015 aux États-Unis) Développer et implanter un plan d'opération lors de perturbations géomagnétiques
 - **Norme de planification** (TPL-007-1 approuvée le 22 septembre 2016 aux États-Unis) Tenir compte des orages géomagnétiques lors de la planification des réseaux de transport
 - TPL-007-2 (approuvée le 15 novembre 2018 aux États-Unis)
 - Variante pour tenir compte d'un effet localisé de perturbations géomagnétiques et de collecte de mesures de courant géomagnétiquement induit et de données magnétométriques
 - TPL-007-3 (remplace la TPL-007-2 aux États-Unis le 1er juillet 2019)
 - Ajout de particularités canadiennes, notamment pour les approbations réglementaires et l'utilisation de données spécifiques au Canada

TPL-007-3 - Description générale

- Évaluation à tous les 5 ans sur le réseau planifié
- Considérer 2 tempêtes géomagnétiques de référence de forte amplitude (statistique de 1 fois au 100 ans)
 - Un orage sur l'ensemble du réseau
 - Un orage localement de forte amplitude, mais moins sévère ailleurs sur le réseau
- Appliquer ces tempêtes sur le réseau et faire deux évaluations d'impacts.
 - Impact sur le réseau (effondrement de tension possible et perte du réseau)
 - Impact sur les transformateurs (dommages dus à l'échauffement)

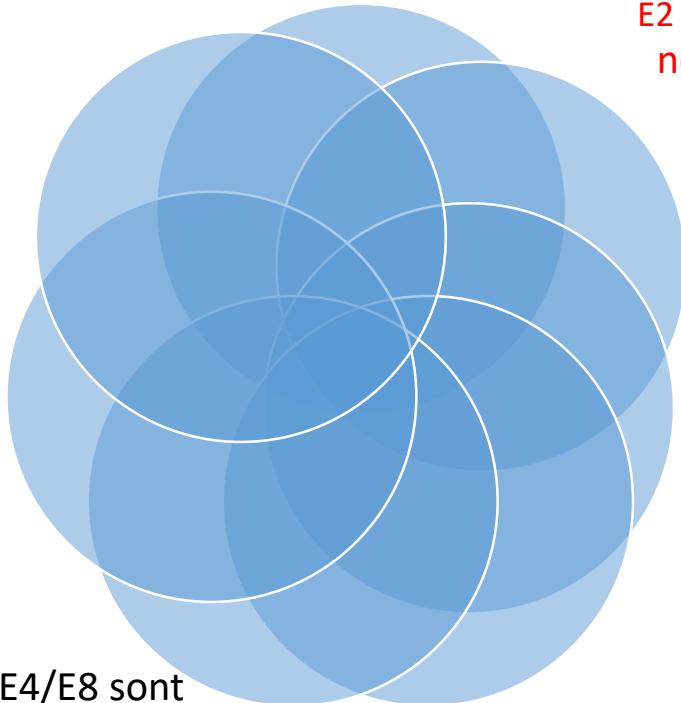
TPL-007-3 - Exigences principales

E1 - Déterminer les rôles et responsabilités

E7 - Élaborer un plan d'actions correctives si nécessaire

E6 et E10 - Évaluation de l'échauffement de transformateur (propriétaire ou manufacturier)

E5 et E9 - Les résultats de E4/E8 sont transmis aux propriétaires de transformateur
(200 kV+ GIC 75 (85) A/phase)



E2 - Maintenir un modèle de données nécessaires permettant de faire les études subséquentes.

E3 - Déterminer un critère de tension acceptable, en régime permanent, pour le réseau subissant les tempêtes de référence

E4 et E8 - Évaluation de la vulnérabilité aux orages géomagnétiques avec les orages de référence

TPL-007-3 - Exigences spécifiques pour les TO et GO

E2- Données de modélisation pour les orages géomagnétiques

- Le Planificateur de réseau de transport maintient des modèles de données permettant de faire différentes études
- Ces données sont utilisées aussi pour la TPL-007-3 et certaines données sont spécifiques pour les orages géomagnétiques
- Les TO et GO doivent fournir les données dont ils ont la responsabilité

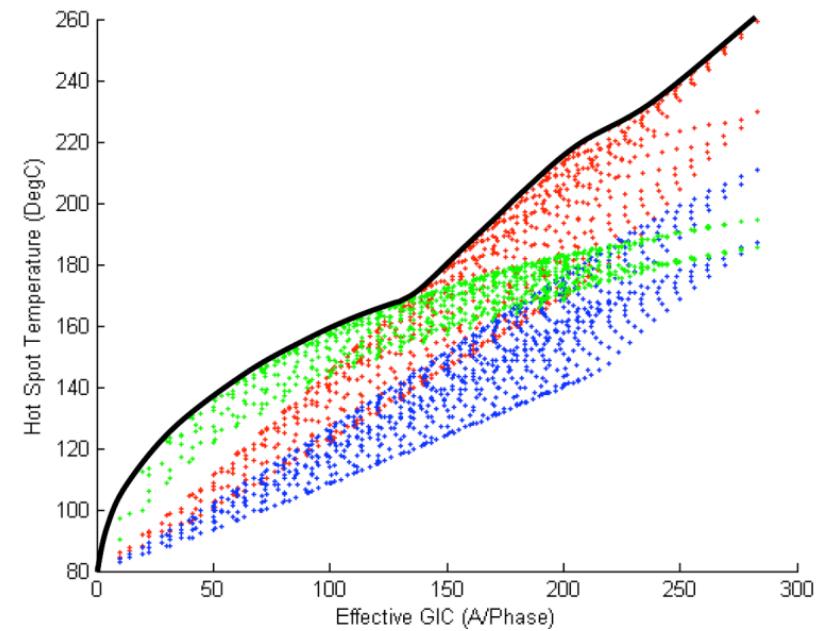
<http://www.hydroquebec.com/transenergie/fr/modelisation.html>

Élément de réseau de transport	Données de modélisation
Poste de transport	<ul style="list-style-type: none">• Résistance de grille du poste (Ohms)• Coordonnées géographiques du poste<ul style="list-style-type: none">• latitude (positive pour le Nord et négative pour le Sud)• longitude (positive pour l'Est et négative pour l'Ouest)
Lignes de transport	<ul style="list-style-type: none">• Résistance DC (Ohms/phase)• Coordonnée des points de dérivation de la ligne<ul style="list-style-type: none">• latitude (positive pour le Nord et négative pour le Sud)• longitude (positive pour l'Est et négative pour l'Ouest)• Présence de câbles de garde et de contrepoids
Transformateurs (de tension et déphasateurs) (si une des tension d'enroulement >200 kV et une des connexions du transformateur est mise à la terre)	<ul style="list-style-type: none">• Résistance DC (Ohms/phase) pour chaque enroulement• Core design<ul style="list-style-type: none">◦ Three phase shell◦ Single core◦ 3-phase 3-legged◦ 3-phase 5-leggedetc...• Coefficient reliant les pertes en puissance réactive en fonction du courant DC dans le transformateur (K factor)• Résistance de la mise à la terre (Ohms)• Présence de mécanisme de blocage de courant dc dans le neutre
Réactance shunt	<ul style="list-style-type: none">• Resistance DC de l'enroulement (Ohms/phase)• Résistance de la mise à la terre (Ohms)

TPL-007-3 - Exigences spécifiques pour les TO et GO

E5 et E9 - Les résultats de courant sont transmis aux propriétaires de transformateurs

- TO ou GO, si nécessaire, doivent faire une étude pour démontrer que les transformateurs peuvent subir sans dommage les orages de référence de la norme
- Études demandées pour les transformateurs:
 - Haute tension $\geq 200\text{kV}$
 - Connecté par le neutre (Y)
 - Dont le courant circulant dans le transformateur lors d'un orage, identifié dans l'étude de vulnérabilité (E4 et E8), dépasse un certain seuil
- Règle du pouce dans la norme pour simplifier quels transformateurs doivent être évalués
 - Basée sur des simulations pessimistes et des normes d'échauffement IEEE
 - 75 A par phase, calculé dans l'étude de vulnérabilité E4 et 85 A par phase pour E8

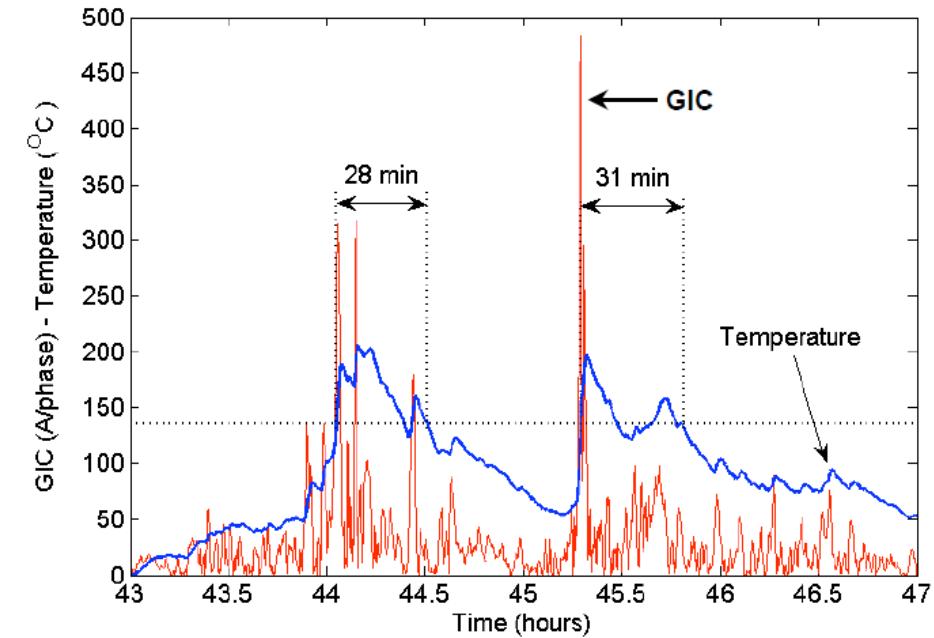


TPL-007-3 - Exigences spécifiques pour les TO et GO

E6 et E10 - Évaluation de l'échauffement des transformateurs

Plusieurs méthodes sont proposées:

- Demander une étude aux manufacturiers
- Courbes de courant CC fournies par les manufacturiers
- Simulation avec un modèle thermique
- Autres méthodes qui peuvent être techniquement démontrables comme étant équivalentes



Conclusion

- Des nouvelles normes ont comme préoccupation la résilience des réseaux électriques face à des événements extrêmes tel que les orages géomagnétiques
- Hydro-Québec Trans-Énergie en tant que coordonnateur de la planification est le maître d'œuvre de l'application de cette norme
- Pour les propriétaires d'installation de transport ou de production :
 - Ils doivent fournir des données de modélisation du réseau (E2)
 - Des études d'échauffement de transformateur (E6/E10) peuvent être demandées si le courant CC dépasse 75 (85) A / phase lors des études (E5/E9)
- Sites de la NERC sur la norme et les orages géomagnétiques contiennent beaucoup d'information
 - <http://www.nerc.com/pa/Stand/Pages/Project-2013-03-Geomagnetic-Disturbance-Mitigation.aspx>
 - <https://www.nerc.com/pa/Stand/Pages/Project201801CanadianspecificRevisionsToTPL0072.aspx>