

C A N A D A

PROVINCE DE QUÉBEC  
DISTRICT DE MONTRÉAL

DOSSIER R-3956-2015

---

RÉGIE DE L'ÉNERGIE

---

INVESTISSEMENTS DES CANTONS  
D'HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE

---

HYDRO-QUÉBEC  
En sa qualité de Transporteur

Demanderesse

-et-

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)

ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DE LUTTE  
CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE  
(AQLPA)

Intervenantes

---

**LES INVESTISSEMENTS DEMANDÉS D'HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE  
QUANT À LA CONSTRUCTION D'UNE LIGNE À 320 kV  
ET À L'INSTALLATION D'ÉQUIPEMENTS AU POSTE DES CANTONS**

**RAPPORT**

Jean-Claude Deslauriers  
Consultant en énergie

Avec la collaboration de Jacques Fontaine  
Consultant en énergie

Préparé pour:  
Stratégies Énergétiques (S.É.)  
Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA)

Le 24 mars 2016  
v.r. Le 8 avril 2016

---

**Pièce SÉ-AQLPA-1 - Document 1 (v.r.)**

**Les investissements demandés d'Hydro-Québec TransÉnergie quant à la construction d'une ligne à 320 kV  
et à l'installation d'équipements au poste Des Cantons**  
**Rapport de Jean-Claude Deslauriers avec la collaboration de Jacques Fontaine**  
**Préparé pour Stratégies Énergétiques et l'AQLPA**

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

### RECOMMANDATION NO. 1 :

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de requérir qu'Hydro-Québec TransÉnergie complète son dossier en soumettant une **évaluation technico-économique de Scénarios alternatifs**, dont notamment les trois suivants :

- Scénario d'une ligne courant alternatif 735 kV jusqu'à la frontière en laissant le soin au client de faire lui même la conversion en courant continu au New Hampshire.
- Scénario d'une ligne courant alternatif double terre 230 kV jusqu'à la frontière en laissant le soin au client de faire lui même la conversion en courant continu au New Hampshire.
- Scénario d'une ligne courant alternatif double terre jusqu'à la frontière et faire un poste de conversion à courant continu de HQT à cet endroit.

En particulier il est clair que le scénario d'une ligne à courant alternatif 230 kV entre suffisamment dans le domaine des possibilités réalisables pour mériter une évaluation (que ce soit par HQT ou par le client qui prend charge du convertisseur en bout de ligne).

Toutes les autres recommandations au présent dossier sont présentées sous réserve de la présente recommandation et sous réserve également d'une demande éventuelle de notre part d'amender le présent rapport et/ou de le compléter suivant la preuve d'Hydro-Québec TransÉnergie (HQT) qui pourrait éventuellement devenir publique après la décision de la Régie sur sa demande de confidentialité, laquelle nous avons déjà contestée au présent dossier.

**RECOMMANDATION NO. 2 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser **l'ajout des bancs de condensateurs pour maintenir la stabilité de tension du réseau dans la condition de déclenchement simultané de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut**. Bien que cet ajout aille au-delà du simple ajout d'automatismes que permettraient les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie, une telle solution est préférable car l'ajout d'automatismes entraînerait une hausse de fréquence sur le réseau de HQT, ce qui ne serait pas souhaitable. Selon notre expérience et nos connaissances, il s'agit là d'une solution régulièrement utilisée par Hydro-Québec TransÉnergie. Les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie ne sont d'ailleurs que des normes minimales.

Le coût d'ajout des bancs de condensateurs proposé par Hydro-Québec TransÉnergie fait donc partie des coûts normaux du Projet devant être pris en compte dans son coût global, lequel est partagé entre le client et HQT selon les règles énoncées à l'appendice J des *Tarifs et conditions de service de transport*, dont l'application de l'allocation maximale.

Mais même s'il s'était agi d'un « *service de qualité supérieure* », son coût aurait également dû être traité de la même manière que toute autre composante du coût global du Projet et être alloué selon les mêmes règles de l'appendice J, puisqu'il se serait agi là de la demande de service du client, qu' Hydro-Québec TransÉnergie doit traiter et évaluer comme toute autre demande selon les règles des *Tarifs et conditions de service de transport*.

**RECOMMANDATION NO. 3 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser l'ajout d'une **structure d'acier pour éviter un contact entre les deux lignes à courant continu**, afin de maintenir la stabilité en fréquence du réseau dans la condition de déclenchement simultané des deux lignes en courant continu 320 kV et 450 kV.

Même s'il s'agit d'une double contingence sur le réseau (n-2) et non d'une contingence simple (n-1), malgré la cause unique (contact entre les deux lignes), la gravité des conséquences rend cet investissement impératif. Tel que mentionné, les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie ne sont que des normes minimales et le Transporteur est pleinement justifié de prendre des mesures telles que la structure d'acier ici proposée pour parer aux conséquences graves de la double contingence que provoquerait un contact entre les deux lignes.

**RECOMMANDATION NO. 4 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser l'investissement quant au **démantèlement de la ligne de 44 kV de 25 km raccordant le poste Des Cantons à son électrode de mise à la terre**. Bien qu'utile au réseau, cet investissement en démantèlement n'est toutefois aucunement relié au Projet sous étude ici. Son coût devrait donc être traité comme une amélioration au réseau et non pas comme un investissement en croissance inclus au présent Projet et faisant partie des coûts alloués entre HQT et le client selon l'appendice J.

**RECOMMANDATION NO. 5 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser le **rehaussement thermique** proposé des lignes 7005 et 7035, au présent Projet.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1 - LE MANDAT ET LE PLAN DU RAPPORT.....</b>	<b>1</b>
1.1    LE MANDAT .....	1
1.2    LE PLAN DU RAPPORT .....	1
<b>2 - NOTRE APPROCHE GLOBALE AU PRÉSENT DOSSIER ET LA JUSTIFICATION DU PROJET.....</b>	<b>2</b>
<b>3 - LE CHOIX D'UNE LIGNE À COURANT CONTINU PLUTÔT QU'UNE LIGNE À COURANT ALTERNATIF .....</b>	<b>3</b>
<b>4 - LES AJOUTS D'ÉQUIPEMENTS PROPOSÉS PAR HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE EN APPLICATION D'UN CRITÈRE DE FIABILITÉ N-2.....</b>	<b>7</b>
4.1    L'AJOUT PROPOSÉ DE BANCS DE CONDENSATEURS POUR MAINTENIR LA STABILITÉ DE TENSION DU RÉSEAU DANS LA CONDITION DE DÉCLENCHEMENT SIMULTANÉ DE DEUX LIGNES À 735 kV AU SUD DU RÉSEAU À LA SUITE D'UN DÉFAUT .....	8
4.2    L'AJOUT PROPOSÉ D'UNE STRUCTURE D'ACIER POUR ÉVITER UN CONTACT ENTRE LES DEUX LIGNES À COURANT CONTINU, AFIN DE MAINTENIR LA STABILITÉ EN FRÉQUENCE DU RÉSEAU DANS LA CONDITION DE DÉCLENCHEMENT SIMULTANÉ DES DEUX LIGNES EN COURANT CONTINU 320 kV ET 450 kV .....	12
<b>5 - LE DÉMANTÈLEMENT DE LA LIGNE DE 25 KM DE 44 kV RACCORDANT LE POSTE DES CANTONS À SON ÉLECTRODE DE MISE À LA TERRE.....</b>	<b>16</b>
<b>6 - LE REHAUSSEMENT THERMIQUE DES LIGNES 7005 ET 7035.....</b>	<b>18</b>
<b>7 - CONCLUSION .....</b>	<b>20</b>



## 1

## LE MANDAT ET LE PLAN DU RAPPORT

### 1.1 LE MANDAT

L'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA) et Stratégies Énergétiques (S.É.) ont requis nos services aux fins de préparer un rapport relatif aux investissements demandés par Hydro-Québec TransÉnergie (ci-après « HQT » ou « le Transporteur ») quant à la construction d'une ligne à 320 kV et à l'installation d'équipements au poste Des Cantons (dossier R-3956-2015 de la Régie de l'énergie).

Le présent rapport est le fruit de nos travaux et est remis à nos clientes afin de pouvoir être déposé en preuve par elles dans ce dossier.

### 1.2 LE PLAN DU RAPPORT

Au présent rapport, nous traitons successivement des aspects suivants :

**Chapitre 2 :** Nous présentons notre approche globale au présent dossier et traitons de la justification du Projet.

**Chapitre 3 :** Nous traitons du choix d'une ligne à courant continu plutôt qu'une ligne à courant alternatif.

**Chapitre 4 :** Nous traitons des ajouts d'équipements proposés par Hydro-Québec TransÉnergie en application d'un critère de fiabilité N-2.

**Chapitre 5 :** Nous traitons du démantèlement de la ligne de 25 km de 44 kV raccordant le poste Des Cantons à son électrode de mise à la terre

**Chapitre 6 :** Nous traitons du rehaussement thermique des lignes 7005 et 7035.

## 2

## NOTRE APPROCHE GLOBALE AU PRÉSENT DOSSIER ET LA JUSTIFICATION DU PROJET

Conformément à l'approche qui est privilégiée depuis plusieurs années, nous préconisons le maintien et le développement d'un réseau de la plus haute qualité, fiabilité et sécurité de façon à minimiser l'usage des sources de production plus polluantes notamment dans les réseaux voisins.

Ce maintien et ce développement doivent évidemment s'effectuer dans le souci de garder les coûts à un niveau acceptable et de les allouer adéquatement entre la masse de la clientèle et les parties qui en bénéficieraient plus particulièrement.

Bien qu'Hydro-Québec TransÉnergie n'a pas à juger de la pertinence ou de la justification des projets des clients qui lui logent une demande de service, nous ne pouvons faire abstraction, dans l'étude du présent dossier, des considérations économiques et environnementales importantes associées au projet d'exportation d'Hydro-Québec Production vers la Nouvelle-Angleterre et qui justifient les présents investissements en transport. Les exportations additionnelles de HQP vers la Nouvelle-Angleterre contribueront à réduire les émissions de gaz à effet de serre et plusieurs autres pollutions atmosphériques en Amérique du Nord, en plus de fournir des revenus à l'État québécois au bénéfice de tous les citoyens.

Il s'agit là d'un projet attendu depuis longtemps. Il est particulièrement important que le service de transport de cette électricité soit de la plus haute qualité, fiabilité et sécurité, ces éléments constituant un facteur fondamental dans le choix des clients de Nouvelle-Angleterre d'acquérir cette électricité québécoise propre et renouvelable.

## 3

## LE CHOIX D'UNE LIGNE À COURANT CONTINU PLUTÔT QU'UNE LIGNE À COURANT ALTERNATIF

La présente section porte sur le projet d'Hydro-Québec TransÉnergie d'établir une ligne à courant continu plutôt qu'une ligne à courant alternatif afin de répondre à la demande de service d'Hydro-Québec Production.

La Régie de l'énergie, dans la question 4.1 de sa demande de renseignement no 2 à Hydro-Québec TransÉnergie, s'interrogeait sur ce choix technologique d'une ligne à courant continu.

La réponse du Transporteur ci-après est techniquement correcte mais ce n'est pas la seule réponse possible puisqu'il y avait également d'autres scénarios plausibles :

**Q 4.1** *Veillez justifier le choix technologique d'une ligne à courant continu avec convertisseur CA/CC, plutôt qu'une solution comprenant une installation de type dos-à-dos avec ligne à courant alternatif.*

**R4.1** *La ligne à 320 kV à courant continu sera raccordée à une ligne proposée dans l'État du New Hampshire, où cette dernière sera enfouie sur trois sections, dont la plus longue fait 84 km (60 milles). Il n'est pas envisageable d'enfouir une ligne à courant alternatif à haute tension sur une telle longueur, ce qui élimine toute solution comprenant une installation de type dos-à-dos avec ligne à courant alternatif.*<sup>1</sup>

Certes, lorsque le Transporteur affirme qu'une longue ligne souterraine à courant alternatif ne serait pas envisageable (au New Hampshire), il a parfaitement raison. En effet pour une ligne à courant alternatif, la réactance longitudinale (XI) est directement proportionnelle à la fréquence et à l'espacement des conducteurs de sorte que pour une ligne aérienne, cette réactance longitudinale (XI) est considérable parce que les conducteurs sont très éloignés alors que pour un câble souterrain cet éloignement est faible et la réactance longitudinale (XI) qui s'oppose au passage du courant est donc faible. Par contre, à l'opposé, la capacitance (Xc) est

---

<sup>1</sup> **HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE**, Dossier R-3956-2015, Pièce B-0027, HQT-2, Document 1.1, réponse numéro 4.1 à la demande de renseignements numéro 2 de la Régie, page 5.

inversement proportionnelle à la distance des conducteurs de phase; conséquemment celle ci, pour un câble, est très importante alors qu'elle est faible pour une ligne aérienne. Il s'ensuit qu'à l'enclenchement d'un câble souterrain à courant alternatif une surtension importante apparaît, ce qui limite la distance possible sans compensation comme l'a affirmé le Transporteur. Évidemment, mettre de la compensation sur une telle ligne, comme par exemple, des réactances shunts, sous un lac présente des difficultés certaines.

La Régie s'est aussi inquiétée du fait que le Transporteur ne présente pas d'étude de faisabilité économique comparant les scénarios alternatifs :

*La Régie comprend que le Transporteur ne dépose pas d'étude de faisabilité économique du projet, car cette étude compare généralement plus d'une solution, alors que le Transporteur n'en considère qu'une dans le présent dossier.*

*La Régie constate que, ce faisant, les informations en lien avec les réinvestissements ne sont pas précisées.*

**Q 7.1** *Veillez confirmer la compréhension de la Régie citée en préambule (1er paragraphe).*

**R7.1** *Compte tenu qu'une seule solution est envisageable pour fournir le service de transport ferme de point à point à long terme demandé, l'étude de faisabilité économique n'est pas applicable dans ce cas.<sup>2</sup>*

De par notre expérience et nos connaissances, l'affirmation à l'effet qu'une seule solution est envisageable nous semble abusive.

Selon nous en effet, il existe d'autres scénarios alternatifs qui auraient pu être étudiés et présentés par le Transporteur, qui répondraient aux mêmes préoccupations ci-dessus et dont les coûts pourraient être inférieurs à ceux du présent projet.

---

<sup>2</sup> **HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE**, Dossier R-3956-2015, Pièce B-0027, HQT-2, Document 1.1, réponse numéro 7.1 à la demande de renseignements numéro 2 de la Régie, page 9.

Voici quelques scénarios qu'il aurait ainsi pu être d'intérêt que le Transporteur évalue :

- ❑ Scénario d'une ligne courant alternatif 735 kV jusqu'à la frontière en laissant le soin au client de faire lui même la conversion en courant continu au New Hampshire.
- ❑ Scénario d'une ligne courant alternatif double terne 230 kV jusqu'à la frontière en laissant le soin au client de faire lui même la conversion en courant continu au New Hampshire.
- ❑ Scénario d'une ligne courant alternatif double terne jusqu'à la frontière et faire un poste de conversion à courant continu de HQT à cet endroit.

Ne disposant pas des informations publiques requises de la part d'Hydro-Québec TransÉnergie, nous n'avons pas fait les analyses détaillées sur la faisabilité technique (écoulement de puissance) du scénario à courant alternatif 230 kV, mais on peut prétendre raisonnablement que celui-ci pourrait fonctionner, sous réserve de vérification si les écoulements de puissance du Transporteur, autres données confidentielles et/ou son évaluation deviennent publiquement disponibles. À titre comparatif, on note par exemple le Transporteur propose dans le dossier R-3960-2016 de la ligne Grand Brulé-dérivation St Sauveur une ligne 120 kV d'une capacité de 600 MVA et de 42,5 km de long :

*Construction d'une ligne à 120 kV*

*Une ligne biterne de 42,5 km sera construite, soit la construction de 30,5 km d'une nouvelle ligne dans une nouvelle emprise à partir du poste du Grand-Brûlé et la reconstruction de 12 km jusqu'à la dérivation Saint-Sauveur de la ligne 1128-1357. La ligne utilise des corridors de transport existants sur plus de 55 % de sa longueur.*

*La ligne sera dotée de deux conducteurs par phase (type Bersfort) pour une capacité de transit de 600 MVA.<sup>3</sup>*

La capacité d'une ligne est proportionnelle au carré de la tension de sorte qu'une ligne double terne de 42,5 km à 230 kV pourrait transporter 2200 MVA. La frontière est à 79 km et la capacité d'une ligne est inversement proportionnelle à la distance de sorte que la capacité pour se rendre à la frontière serait réduite à 1227 MVA ce qui est suffisant pour satisfaire la demande du client qui est de 1128 MW.

En conclusion, il nous semble particulièrement et nettement que le scénario d'une ligne à courant alternatif 230 kV entre suffisamment dans le domaine des possibilités faisables pour mériter une évaluation (que ce soit par HQT ou par le client qui prend charge du convertisseur

<sup>3</sup> **HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE**, Dossier R-3960-2015, Pièce B-000-4, HQT-1, Document 1, page 12, ligne 10.

en bout de ligne). Nous soulignons que l'interconnexion Highgate est de l'autre côté de la frontière au bout d'une ligne 120 kV. C'est donc un scénario à première vue plausible.

Cet analyse ne prétend pas que d'autres scénarios seraient plus économiques ou plus fiables mais seulement que le Transporteur, s'il a envisagé ceux-ci, aurait dû expliquer en quoi ils sont moins intéressants que le scénario retenu.

**RECOMMANDATION NO. 1 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie de requérir qu'Hydro-Québec TransÉnergie complète son dossier en soumettant une **évaluation technico-économique de Scénarios alternatifs**, dont notamment les trois suivants :

- Scénario d'une ligne courant alternatif 735 kV jusqu'à la frontière en laissant le soin au client de faire lui même la conversion en courant continu au New Hampshire.
- Scénario d'une ligne courant alternatif double terre 230 kV jusqu'à la frontière en laissant le soin au client de faire lui même la conversion en courant continu au New Hampshire.
- Scénario d'une ligne courant alternatif double terre jusqu'à la frontière et faire un poste de conversion à courant continu de HQT à cet endroit.

En particulier il est clair que le scénario d'une ligne à courant alternatif 230 kV entre suffisamment dans le domaine des possibilités réalisables pour mériter une évaluation (que ce soit par HQT ou par le client qui prend charge du convertisseur en bout de ligne).

Toutes les autres recommandations au présent dossier sont présentées sous réserve de la présente recommandation et sous réserve également d'une demande éventuelle de notre part d'amender le présent rapport et/ou de le compléter suivant la preuve d'Hydro-Québec TransÉnergie (HQT) qui pourrait éventuellement devenir publique après la décision de la Régie sur sa demande de confidentialité, laquelle nous avons déjà contestée au présent dossier.

## 4

## LES AJOUTS D'ÉQUIPEMENTS PROPOSÉS PAR HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE EN APPLICATION D'UN CRITÈRE DE FIABILITÉ N-2

Le présent chapitre porte sur les ajouts d'équipements proposés par Hydro-Québec TransÉnergie en application d'un critère de fiabilité N-2.

Tel qu'expliqué au présent chapitre, deux ajouts d'équipements sont ainsi proposés par le Transporteur au présent dossier :

- L'ajout proposé de bancs de condensateurs, pour maintenir **la stabilité de tension du réseau** dans la condition de déclenchement simultané de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut.
- L'ajout proposé d'une structure d'acier pour éviter un contact entre les deux lignes à courant continu, afin de maintenir **la stabilité en fréquence du réseau** dans la condition de déclenchement simultané des deux lignes en courant continu 320 kV et 450 kV.

Ces deux ajouts proposés sont examinés successivement ci-après

**4.1 L'AJOUT PROPOSÉ DE BANCS DE CONDENSATEURS POUR MAINTENIR LA STABILITÉ DE TENSION DU RÉSEAU DANS LA CONDITION DE DÉCLENCHEMENT SIMULTANÉ DE DEUX LIGNES À 735 kV AU SUD DU RÉSEAU À LA SUITE D'UN DÉFAUT**

Au présent dossier, Hydro-Québec TransÉnergie propose l'ajout de bancs de condensateurs pour maintenir la stabilité de tension du réseau dans la condition de déclenchement simultané de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut.

Il s'agit là de l'application d'un critère de fiabilité n-2, comme l'ont souligné à juste titre tant SÉ-AQLPA que AQCIE-CIFQ dans leurs demandes d'intervention respectives au présent dossier.<sup>4</sup> AQCIE-CIFQ argumente qu'il s'agirait là d'un service de qualité supérieure aux normes de fiabilité prescrites, lequel devrait être assumé entièrement par le client. SÉ-AQLPA, au contraire, argumentent que, même s'il s'agissait d'un service de qualité supérieure aux normes de fiabilité prescrites, son coût devrait être traité de la même manière que toute autre composante du coût global du Projet et être alloué selon les règles énoncées à l'appendice J des *Tarifs et conditions de service de transport*, dont l'application de l'allocation maximale.

Avant de se prononcer sur cette proposition, il faut analyser les normes de conception et d'exploitation du Transporteur. En premier lieu, il faut se demander si effectivement il s'agit d'un service de qualité supérieure.

À ce sujet, Hydro-Québec TransÉnergie indique :

**Q 1.1** *Veillez indiquer si les événements décrits en (ii) (la perte temporaire (déclenchement) simultanée de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut) font partie des critères de conception du réseau de transport.*

**R1.1** *Les événements décrits à la référence (ii) font partie des critères de conception du réseau de transport.*

**Q 1.1.1.** *Si oui, veuillez déposer l'énoncé de ce critère.*

**R 1.1.1** *En lien avec la phrase « la perte temporaire (déclenchement) simultanée de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut », le critère s'énonce comme suit : la stabilité du réseau doit être maintenue durant et après un défaut monophasé permanent sur un circuit*

---

<sup>4</sup> **SÉ-AQLPA**, Dossier R-3956-2015, Pièce SÉ-AQLPA-0005, Demande d'intervention amendée, page 3.

**AQCIE-CIFQ**, Dossier R-3956-2015, Pièce C-AQCIE-CIFQ-0002, Demande d'intervention, parag. 14 b et c, pages 3 et 4.

**de transport, avec élimination normale du défaut, entraînant simultanément la perte d'un autre circuit parallèle.<sup>5</sup>**

À première vue, la réponse du Transporteur semblerait donc à l'effet que le critère n-2, appliqué au présent cas, fasse déjà partie des normes de conception et d'exploitation et qu'il n'y aurait donc, ici, pas de niveau supérieur de qualité comme l'a interprété l'intervenant AQCIE-CIFQ.

**Nous soumettons cependant que la réponse ci-dessus d'Hydro-Québec TransÉnergie n'est pas tout à effet exacte.**

En effet, la norme de conception et d'exploitation invoquée par Hydro-Québec TransÉnergie n'a pas été citée dans son texte complet par elle.

Le texte complet de cette norme indique en effet :

***Normes de conception et d'exploitation de HQT***

***3.2 En situation de pointe***

*Certains événements exceptionnels, plus spécifiques au réseau de transport d'Hydro-Québec, doivent être évalués en situation de pointe avec tous les équipements en service afin de se protéger en tout temps contre l'occurrence toujours possible de ces événements. On requiert alors que la stabilité du réseau soit maintenue durant et après chacun des événements suivants, **avec l'aide des automatismes appropriés et compte tenu du système de réenclenchement** :*

**a)** *Un défaut monophasé permanent sur un circuit de transport, avec élimination normale du défaut, entraînant simultanément la perte*  
*- d'un circuit de transport parallèle au circuit en défaut ;*  
*- du banc de condensateurs-série d'un autre circuit de transport parallèle quelconque ;*

**b)** *Un défaut monophasé permanent sur un circuit de transport, avec élimination normale du défaut, entraînant une perte de corridor dans les sections de ligne comprises entre les postes Churchill et Manicouagan/Micoua;<sup>6</sup>*

<sup>5</sup> HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE, Dossier R-3956-2015, Pièce B-0038, HQT-2, Document 2, Réponses 1.1 et 1.1.1 à AQCIE-CIFQ, page 4.

<sup>6</sup> HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE, Dossier R-3498-2002, Pièce HQT-2, Document 1, page PDF 131 de 408. Souligné en caractère gras par nous. Les caractères gras du texte d'origine n'ont pas été repris ici.

Dans la citation de cette norme ci-dessus, nous avons souligné le segment « avec l'aide des automatismes appropriés » parce que cette nuance est importante. En effet, les normes du Transporteur qui sont conformes à celles du NPCC et du NERC autorisent celui-ci à utiliser « des automatismes » pour préserver la stabilité dans les cas de seconde contingence ou dans la condition N-2. Effectivement le Transporteur fait déjà parfois usage de cette autorisation pour des automatismes tels que la « MAIS » (*Manœuvre Automatique des Inductances Shunts*) ou le délestage de charge ou le rejet de production.

Nous sommes donc en droit de nous demander si, dans le cas présent, un automate aurait pu solutionner la difficulté de baisse de tension (dans la condition de déclenchement simultané de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut).

À cela, nous répondons par l'affirmative. Il aurait en effet été assez facile et donc possible de concevoir un automate apte à réduire le transit sur la ligne d'interconnexion assurant le rétablissement de la tension. Un tel automate aurait certainement été moins dispendieux que l'ajout des bancs de condensateurs qui sont ici proposés par le Transporteur :

*Les travaux de renforcement identifiés pour assurer la stabilité du réseau consistent en l'ajout de deux batteries de condensateurs au poste des Cantons et d'une batterie de condensateurs au poste de la Montérégie. Ces équipements apportent le soutien de tension additionnel requis pour maintenir la tension en régime permanent à l'intérieur des limites d'urgence permettant l'exploitation du réseau et ainsi d'assurer sa stabilité.<sup>7</sup>*

Mais, selon notre expérience et nos connaissances, l'ajout d'un tel automate aurait présenté l'inconvénient de provoquer une perte de la charge visée par le présent Projet de transport par Hydro-Québec TransÉnergie et une perte de la production pour le client, ce qui aurait entraîné une hausse de fréquence sur le réseau de HQT, ce qui n'aurait évidemment pas été souhaitable.

Ce double inconvénient peut être évité par la solution proposée ici par le Transporteur, à savoir l'ajout de bancs de condensateurs. Selon notre expérience et nos connaissances, il s'agit là d'une solution régulièrement utilisée par Hydro-Québec TransÉnergie. L'ajout de bancs de condensateurs sur le réseau est la solution régulièrement retenue par le Transporteur pour maintenir la stabilité suite à la croissance de la charge qu'elle soit locale ou de point à point et ne constitue en aucune façon une mesure exceptionnelle.

**Cette solution ne contrevient aucunement aux normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie, lesquelles – il est utile de le rappeler – sont des normes**

---

<sup>7</sup> HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE, Dossier R-3956-2015, Pièce B-0028, HQT-2, Document 2, page 4.

minimales. Ces normes de conception et d'exploitation n'interdisent aucunement de rechercher des solutions plus élaborées lorsque la solution minimale énoncée dans ces normes pose elle-même des difficultés comme dans le cas présent.

Le coût d'ajout des bancs de condensateurs proposé par Hydro-Québec TransÉnergie fait donc partie des coûts normaux du Projet devant être pris en compte dans son coût global, lequel est partagé entre le client et HQT selon les règles énoncées à l'appendice J des *Tarifs et conditions de service de transport*, dont l'application de l'allocation maximale.

Mais même s'il s'était agi d'un « *service de qualité supérieure* » toutefois, son coût aurait également dû être traité de la même manière que toute autre composante du coût global du Projet et être alloué selon les mêmes règles de l'appendice J, puisqu'il se serait agi là de la demande de service du client, qu' Hydro-Québec TransÉnergie doit traiter et évaluer comme toute autre demande selon les règles des *Tarifs et conditions de service de transport*.

**RECOMMANDATION NO. 2 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser **l'ajout des bancs de condensateurs pour maintenir la stabilité de tension du réseau dans la condition de déclenchement simultané de deux lignes à 735 kV au sud du réseau à la suite d'un défaut**. Bien que cet ajout aille au-delà du simple ajout d'automatismes que permettraient les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie, une telle solution est préférable car l'ajout d'automatismes entraînerait une hausse de fréquence sur le réseau de HQT, ce qui ne serait pas souhaitable. Selon notre expérience et nos connaissances, il s'agit là d'une solution régulièrement utilisée par Hydro-Québec TransÉnergie. Les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie ne sont d'ailleurs que des normes minimales.

Le coût d'ajout des bancs de condensateurs proposé par Hydro-Québec TransÉnergie fait donc partie des coûts normaux du Projet devant être pris en compte dans son coût global, lequel est partagé entre le client et HQT selon les règles énoncées à l'appendice J des *Tarifs et conditions de service de transport*, dont l'application de l'allocation maximale.

Mais même s'il s'était agi d'un « *service de qualité supérieure* », son coût aurait également dû être traité de la même manière que toute autre composante du coût global du Projet et être alloué selon les mêmes règles de l'appendice J, puisqu'il se serait agi là de la demande de service du client, qu' Hydro-Québec TransÉnergie doit traiter et évaluer comme toute autre demande selon les règles des *Tarifs et conditions de service de transport*.

**4.2 L'AJOUT PROPOSÉ D'UNE STRUCTURE D'ACIER POUR ÉVITER UN CONTACT ENTRE LES DEUX LIGNES À COURANT CONTINU, AFIN DE MAINTENIR LA STABILITÉ EN FRÉQUENCE DU RÉSEAU DANS LA CONDITION DE DÉCLENCHEMENT SIMULTANÉ DES DEUX LIGNES EN COURANT CONTINU 320 kV ET 450 kV**

La condition N-2 de double déclenchement de ligne apparaît aussi à une autre occasion au présent dossier de la ligne courant continu Des Cantons-New Hampshire.

En effet lorsque le Transporteur nous informe en page 10 de sa preuve principale que :

*Au point de croisement, la ligne projetée passe sous la ligne existante en se raccordant sur un jeu de barres rigides. Une structure d'acier sera érigée afin de protéger ce jeu de barres contre la chute d'un conducteur de la ligne située au-dessus.*

*La perte simultanée du transit sur ces deux lignes d'interconnexion peut engendrer d'importantes perturbations sur les réseaux du Transporteur et de la Nouvelle-Angleterre. La structure de protection au croisement est ainsi nécessaire pour garantir la sécurité d'exploitation des réseaux.*<sup>8</sup>

De par notre expérience et nos connaissances, nous confirmons qu'une chute d'une des lignes au-dessus de l'autre aurait pour conséquence le déclenchement de la deuxième ligne ce qui constituerait alors une condition de perte simultanée de deux éléments parallèles et placerait le réseau du Transporteur à risque. Il s'agit donc d'une condition de double déclenchement contre laquelle le transporteur doit se prémunir (donc de catégorie N-2).

Le terme « *déclenchement* » qui est utilisé ici est cependant impropre puisqu'il n'y a pas de disjoncteurs sur les lignes à courant continu. Il faut, devant un tel évènement, arrêter les convertisseurs en espérant qu'il n'y ait pas trop de thyristors (dans le convertisseur à des Cantons de la ligne à 320 kV) endommagés par les surtensions prévisibles d'un tel évènement. Il s'agirait là de la perte complète pour une durée prolongée tant de la nouvelle interconnexion à 320 kV (puisque'il n'y a pas d'électrode de terre le long de cette ligne) que d'au moins un pôle de la ligne à 450 kV (mais d'après notre expérience et nos connaissances, elle serait probablement aussi mise hors service complètement advenant un tel évènement).

L'effet sur le réseau d'un tel évènement serait dramatique puisque la fréquence du réseau pourrait atteindre 61,6 Hz comme le Transporteur l'a décrit dans sa réponse à la demande de renseignements no 1.5a de SE-AQLPA :

---

<sup>8</sup> **HYDRO QUÉBEC TRANSÉNERGIE**, Dossier R-3856-2015, Pièce B0034, HQT-1, Document-1, page 10.

**R1.5a** Un tel événement produirait d'importantes variations de la fréquence et de la tension sur l'ensemble du réseau du Transporteur. L'ampleur des variations dépend des conditions d'exploitation du réseau avant l'événement. À titre d'exemple, en condition de pointe, les simulations montrent que la fréquence sur le réseau à 735 kV pourrait atteindre 61,6 Hz et la tension 800 kV en régime transitoire.<sup>9</sup>

Ce scénario pourrait entraîner des perturbations importantes sur le réseau HQT comme le déclenchement des éoliennes et aussi des perturbations importantes sur les réseaux voisins.

L'effet d'un tel évènement sur les réseaux voisins est très difficile à anticiper mais il y a une inquiétude à l'effet que cet évènement pourrait dépasser les exigences définies par les normes de régulation du Transporteur que nous reproduisons ci-après :

*Norme BAL-003-1 – Réponse en fréquence et réglage de la compensation en fréquence Document de support*

*Obligation de réponse en fréquence de l'Interconnexion (IFRO)*

*L'ERO, en consultation avec des représentants régionaux, a établi un critère cible de protection contre les contingences pour chaque Interconnexion appelé obligation de réponse en fréquence de l'Interconnexion (IFRO). Les IFRO par défaut présentés au tableau 1 sont basés sur le critère de contingence des ressources (RCC), lequel correspond au plus important événement de catégorie C (N-2) identifié, sauf dans l'Interconnexion de l'Est, laquelle utilise le plus important événement des 10 dernières années. Un écart de fréquence maximal (MDF) est calculé en ajustant la fréquence de départ de chaque Interconnexion selon les éléments suivants :*

*premier niveau de délestage de charge en sous-fréquence (UFLS) prédominant ;*

*$CC_{Adj}$  – lequel est l'ajustement pour les différences d'observation entre le point C 1 seconde et le point sous une seconde pour des événements en fréquence. Une valeur positive signifie que les données obtenues au point sous une seconde sont inférieures aux données d'une seconde ;*

*$CB_R$  – lequel est le ratio du point C sur la valeur B déterminé statistiquement ;*

---

<sup>9</sup> **HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE**, Dossier R-3956-2015, Pièce B-0029, HQT-2, Document 3, réponse 1.5a à SÉ-AQLPA, page 7.

$BC'_{Adj}$  – lequel est l'ajustement déterminé statistiquement pour le nadir d'un événement étant sous la valeur B (Interconnexion de l'Est seulement) pendant le retrait primaire de la réponse en fréquence.

L'IFRO de chaque Interconnexion du tableau 1 est donc calculé en divisant le RCC (exprimé en MW) par 10 fois le MDF. Pour l'Interconnexion de l'Est, il y a un ajustement supplémentaire ( $BC'_{Adj}$ ) pour le nadir d'un événement étant sous la valeur B en raison du retrait primaire de la réponse en fréquence. Ces IFRO incluent les ajustements pour l'incertitude à un niveau de confiance de 95 %. Des descriptions détaillées des calculs utilisés pour le tableau 1 sont définies dans le document Procedure for ERO Support of Frequency Response and Frequency Bias Setting Standard.

Interconnexion	Est	Ouest	ERCOT	HQ	Unités
Fréquence de départ ( $F_{départ}$ )	59,974	59,976	59,963	59,972	Hz
Premier niveau d'UFLS prédominant	59,5*	59,5	59,3	58,5	Hz
Écart de fréquence de base ( $DF_{Base}$ )	0,474	0,476	0,663	1,472	Hz
CCADJ	0,007	0,004	0,012	s. o.	Hz
Écart de fréquence ( $DF_{CC}$ )	0,467	0,472	0,651	1,472	Hz
CBR	1,000	1,625	1,377	1,550	
Écart de fréquence ( $DF_{CBR}$ )	0,467	0,291	0,473	0,949	Hz
$BC'_{ADJ}$	0,018	s. o.	s. o.	s. o.	Hz
Écart de fréquence max. ( $MDF$ )	0,449	0,291	0,473	0,949	
Critère de contingence des ressources)	4 500	2 740	2 750	1 700	MW
Crédit pour ressources de charge (CLR)		300	1 400**		MW
IFRO	-1 002	-840	-286	-179	MW/0,1Hz

Tableau 1 : Obligations de réponse en fréquence des Interconnexions <sup>10</sup>

<sup>10</sup> HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE, Dossier R-3944-2015, Pièce B-0008, HQCMÉ-2, Document 1, norme de fiabilité de HQT, page PDF 10 de 565.

Ce scénario est suffisamment grave pour justifier les coûts proposés au présent dossier par le transporteur pour éviter cette situation.

Le choix du Transporteur de placer une structure d'acier pour éviter un contact entre les deux lignes courant continu constitue donc une sage décision.

Même s'il s'agit d'une double contingence sur le réseau (n-2) et non d'une contingence simple (n-1), malgré la cause unique (contact entre les deux lignes), la gravité des conséquences rend cet investissement impératif. Tel que mentionné, les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie ne sont que des normes minimales et le Transporteur est pleinement justifié de prendre des mesures telles que la structure d'acier ici proposée pour parer aux conséquences graves de la double contingence que provoquerait un contact entre les deux lignes.

**RECOMMANDATION NO. 3 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser l'ajout d'une **structure d'acier pour éviter un contact entre les deux lignes à courant continu**, afin de maintenir la stabilité en fréquence du réseau dans la condition de déclenchement simultané des deux lignes en courant continu 320 kV et 450 kV.

Même s'il s'agit d'une double contingence sur le réseau (n-2) et non d'une contingence simple (n-1), malgré la cause unique (contact entre les deux lignes), la gravité des conséquences rend cet investissement impératif. Tel que mentionné, les normes de conception et d'exploitation d'Hydro-Québec TransÉnergie ne sont que des normes minimales et le Transporteur est pleinement justifié de prendre des mesures telles que la structure d'acier ici proposée pour parer aux conséquences graves de la double contingence que provoquerait un contact entre les deux lignes.

## 5

## LE DÉMANTÈLEMENT DE LA LIGNE DE 25 KM DE 44 KV RACCORDANT LE POSTE DES CANTONS À SON ÉLECTRODE DE MISE À LA TERRE

Hydro-Québec TransÉnergie propose de démanteler la ligne de 44 kV (que nous estimons à quelques 25 km) raccordant le poste Des Cantons à son électrode de mise à la terre.

Nous avons initialement pensé que cette électrode servait encore et que sa mise hors service (par la suppression de la ligne de 44 kV de 25 km) affecterait le fonctionnement de la ligne 450 kV. Cela aurait été vrai à l'origine de la mise en service de l'interconnexion Des Cantons mais ce n'est plus le cas maintenant.

En effet, cette électrode devait initialement garantir la sécurité d'alimentation du poste des Cantons dans toutes les conditions possibles lors de sa mise en service en 1985. L'électrode de terre permettait de fonctionner avec un seul pôle et un retour par la terre plutôt que d'avoir deux pôles (un positif et un négatif) en fonctionnement normal. Cela garantissait ainsi une demi-capacité pour l'alimentation du poste Des Cantons. C'est dans ce contexte qu'en 2002, la Régie avait jugé que la ligne actuelle « *RNDC* » à courant continu de +/-450 kV, notamment via le poste Des Cantons (et son convertisseur continu-alternatif), servait aussi à la charge locale.<sup>11</sup>

Cependant, depuis ce temps, la construction des postes de la Montérégie et des Appalaches sécurise désormais l'alimentation du poste Des Cantons à des fins de charge locale, de sorte que le convertisseur à continu-alternatif et l'électrode de terre ne sont plus requis depuis longtemps.

La ligne de +/-450 kV de Radisson-Nicolet-Sandy Pond possède à chaque extrémité des électrodes de terre de sorte que son exploitation ne sera pas affectée par la mise hors service de l'électrode Des Cantons (par la suppression de la ligne de 44 kV de 25 km).

---

<sup>11</sup> **RÉGIE DE L'ÉNERGIE**, Dossier R-3401-98, Décision D-2002-95, page 186, citant la très longue plaidoirie détaillée de HQT à ce sujet, au même dossier R-3401-98, dans son argumentation principale du 9 août 2001, en pages 62-66.

Le démantèlement de la ligne de 44 kV de 25 km raccordant le poste Des Cantons à son électrode de mise à la terre, bien qu'utile au réseau, n'est toutefois aucunement relié au Projet sous étude ici. Son coût devrait donc être traité comme une amélioration au réseau et non pas comme un investissement en croissance inclus au présent Projet et faisant partie des coûts alloués entre HQT et le client selon l'appendice J.

**RECOMMANDATION NO. 4 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser l'investissement quant au **démantèlement de la ligne de 44 kV de 25 km raccordant le poste Des Cantons à son électrode de mise à la terre**. Bien qu'utile au réseau, cet investissement en démantèlement n'est toutefois aucunement relié au Projet sous étude ici. Son coût devrait donc être traité comme une amélioration au réseau et non pas comme un investissement en croissance inclus au présent Projet et faisant partie des coûts alloués entre HQT et le client selon l'appendice J.

6

**LE REHAUSSEMENT THERMIQUE DES LIGNES 7005 ET 7035**

Hydro-Québec TransÉnergie propose d'inclure au Projet un rehaussement thermique des lignes 7005 et 7035. Elle a précisé les modalités de ce rehaussement en réponse à la Régie de l'énergie :

**8.1** *Veuillez préciser les valeurs du rehaussement thermique (en °C) et de la capacité (en A) recherchées sur les circuits L7005 et L7035, qui permettront de respecter les critères de conception du réseau de transport.*

**R8.1** *Une capacité en courant de 3 100 A, pour une température ambiante de 30°C, est requise sur les circuits 7005 et 7035 pour respecter les critères de conception du réseau de transport.*

*Le rehaussement thermique minimalement requis correspond à une augmentation de la température d'exploitation de 49 à 53°C pour les sections de 107 km de chacun de ces circuits qui sont équipées de conducteurs Bersimis (de calibre 1360,7 MCM). Un rehaussement additionnel est requis pour les sections de 2,5 km de chacun de ces circuits qui sont équipées de conducteurs de type Carillon (de calibre 1028,5 MCM). La température d'exploitation doit être augmentée de 55°C à 59°C pour ces sections.*

**Q 8.2** *Veuillez préciser la nature des travaux liés au rehaussement thermique de ces circuits pour le présent projet.*

**R8.2** *Les travaux consistent principalement à ajouter et à remplacer des pylônes afin d'élever les conducteurs pour les portées où la distance entre les conducteurs et le sol est insuffisante.<sup>12</sup>*

De par notre expérience et nos connaissances, nous confirmons la validité et la justification des modalités de ce rehaussement thermique proposé des lignes 7005 et 7035.

---

<sup>12</sup> **HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE**, Dossier R-3956-2015, Pièce B-0027, HQT-2, Document 1.1, Réponse 8 à la Demande de renseignements no. 2 de la Régie, page 7.

**RECOMMANDATION NO. 5 :**

Nous recommandons à la Régie de l'énergie d'autoriser le **rehaussement thermique** proposé des lignes 7005 et 7035, au présent Projet.

7

**CONCLUSION**

Nous invitons donc la Régie de l'énergie à accueillir les recommandations qui sont exprimées au présent rapport, que l'on trouve également reproduites en son sommaire exécutif.

---