

DOSSIER DE LA RÉGIE

Pièce B-4:

Étude présentée par Hydro-Québec TransÉnergie à la Régie de l'énergie, datée du 30 octobre 2006, intitulée «*Coûts de référence des postes de départ* », à titre de suivi de la décision D-2006-66.

**COÛTS DE RÉFÉRENCE
DES POSTES DE DÉPART**

TABLE DES MATIÈRES

1	CONTEXTE	5
2	CARACTÉRISTIQUES DES POSTES DE DÉPART	6
3	COÛTS DE RÉFÉRENCE	8
3.1	MODULES	8
3.2	RÈGLES DE CONCEPTION	11
3.3	COÛTS DES MODULES	11
3.4	CAS TYPES	13
4	CONCLUSION	14
	ANNEXE 1 – RÈGLES DE CONCEPTION	17
	ANNEXE 2 – PARAMÈTRES CONCERNANT LES COÛTS DES MODULES	21
	ANNEXE 3 – AVIS DU CONSULTANT INDÉPENDANT	25

1 CONTEXTE

La présente étude fait suite à la décision D-2006-66 rendue le 18 avril 2006 par la Régie de l'énergie (la « Régie ») concernant la demande R-3549-2004 – Phase 2 de modification des conditions des services de transport d'Hydro-Québec dans ses activités de transport d'électricité (le « Transporteur ») à compter du 1^{er} janvier 2005.

Suite à son analyse concernant la contribution du Transporteur au poste de départ d'un producteur, la Régie a indiqué ce qui suit à la page 42 de cette décision :

« La Régie veut s'assurer que ces contributions maximales reflètent le coût réel pour un poste de départ en fonction des facteurs qui influencent leur choix et leur coût. Il est probable que ces facteurs comprennent le niveau de tension, la taille et la localisation de la centrale raccordée, ainsi que le caractère aérien ou souterrain de la centrale. »

La Régie demande au Transporteur de déposer, d'ici le 31 octobre 2006, une étude portant sur les coûts minimaux des postes selon les facteurs qui en influencent le choix et le coût. Cette étude devrait être confiée ou supervisée par un consultant indépendant. Les résultats de cet examen devront mettre en évidence les paramètres techniques d'un poste standard de type aérien respectant les critères de fiabilité habituels de l'industrie. »

Conformément à la demande de la Régie, cette étude a été réalisée par le Transporteur et supervisée par un consultant indépendant, tel qu'il appert de l'annexe 3.

2 CARACTÉRISTIQUES DES POSTES DE DÉPART

Le poste de départ représente le poste auquel les installations d'un producteur sont raccordées au réseau de transport. Il s'agit généralement du poste de transformation situé près de la centrale. Le poste de départ est constitué de toute la partie haute tension de ce poste et inclut les transformateurs élévateurs, à partir de la borne basse tension de ceux-ci. Lorsque plus d'un niveau de transformation est requis au poste de départ, comme pour les centrales éoliennes, ceux-ci sont également inclus ainsi que tout l'appareillage et toutes les lignes reliant entre eux les différents paliers de transformation.

Le coût réel d'un poste de départ dépend de nombreux facteurs spécifiques à chaque projet :

- La puissance de la centrale
- Le type de centrale (hydroélectrique, thermique, éolienne ou autre)
- Le nombre de groupes turbine-alternateur
- La tension d'intégration au réseau
- Le nombre de transformateurs et le nombre de disjoncteurs
- Le réseau d'intégration
- La complexité du poste de sectionnement haute tension
- La localisation géographique de la centrale
- La configuration du terrain
- Le type de construction de la centrale (en surface ou souterraine)

Ainsi, compte tenu de la diversité des facteurs spécifiques à chaque projet et pour faire suite à la demande de la Régie de mettre en évidence les paramètres techniques d'un poste standard de type aérien respectant les critères de fiabilité habituels de l'industrie, les coûts minimaux sont estimés

sur la base d'un *poste de départ de référence*, selon les principaux facteurs qui en influencent le choix et le coût.

Le tableau 1 suivant décrit sommairement les principaux facteurs de ce poste de départ de référence tout en mettant en évidence certains facteurs qui ne sont pas pris en compte dans celui-ci.

Tableau 1 – Caractéristiques des postes de départ

<p><i>Principaux facteurs du poste de départ de référence</i></p>	<p><i>Facteurs non pris en compte dans le poste de départ de référence</i></p>
<p>LOCALISATION</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emplacement favorable et facilement accessible • Emplacement exempt de contraintes particulières liées à la localisation de la centrale 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrain accidenté ou en sol rocheux ou marécage ou sans route d'accès par exemple • Poste de départ éloigné de la centrale
<p>ÉQUIPEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Équipement conventionnel de type extérieur (aérien) • Poste de départ standard 	<ul style="list-style-type: none"> • Poste isolé au SF6, jeux de barres blindées, équipements du poste de départ installés dans la centrale ou en caverne • Poste temporaire • Faible durée de vie des équipements • Poste de départ à vocations multiples comme pour l'intégration d'une charge qui est locale ou de centrales voisines faisant partie d'un complexe de production • Évolution du réseau de transport nécessitant la conversion ultérieure de la tension d'intégration • Courts délais de réalisation nécessitant des installations temporaires

Enfin, il importe de souligner que dans le cas d'un poste de départ réel des estimations détaillées prenant en compte l'ensemble des paramètres et facteurs spécifiques sont requises.

3 COÛTS DE RÉFÉRENCE

Le poste de départ de référence présenté dans la section précédente est construit à partir de modules regroupant les équipements retrouvés généralement dans un poste de départ et de trois règles de conception permettant de déterminer le nombre de modules requis.

Les sections suivantes décrivent respectivement les divers modules du poste de départ de référence, les règles de conception permettant de déterminer le nombre de ces modules et le coût unitaire de chaque module.

Ainsi, le coût de référence de ce poste de départ est estimé en faisant la somme des coûts associés à chacun des modules déterminés en appliquant les règles de conception.

3.1 Modules

Comme illustré à la figure 1, le poste de référence comprend deux parties :

- La première partie est constituée d'un ou de plusieurs modules « transformateur » dont les équipements dépendent principalement des caractéristiques de la centrale. Le module transformateur est composé d'un transformateur de puissance, de parafoudres, d'un sectionneur de mise à la terre et de transformateurs de courant. Les principaux facteurs qui influencent le coût de cette première partie du poste de référence sont, dans l'ordre, le nombre de modules transformateur requis, la tension d'intégration au réseau et la puissance des transformateurs.

- La seconde partie est constituée d'un ou plusieurs modules « départ haute tension » dont les équipements dépendent principalement des caractéristiques du réseau d'intégration. Le module départ haute tension est composé d'un disjoncteur, de deux sectionneurs, d'un sectionneur combiné avec mise à la terre, de transformateurs de courant et de transformateurs de tension. Les principaux facteurs qui influencent le coût de cette seconde partie du poste de référence sont, dans l'ordre, le nombre de modules départ haute tension requis et la tension d'intégration au réseau.
- Dans le cas particulier des centrales éoliennes, comme illustré à la figure 2, ces centrales sont généralement constituées de deux niveaux de transformation : la section haute tension et la section moyenne tension. Les modules de la section haute tension d'une centrale éolienne sont identiques à ceux déjà décrits. La section moyenne tension du poste de départ de référence d'une centrale éolienne est construite en utilisant deux modules supplémentaires :
 - Le module « transformateur éolien » identique au module transformateur déjà présenté mais additionné de fusibles moyenne tension.
 - Le module « départ éolien », identique au module départ haute tension déjà présenté mais additionné du réseau collecteur moyenne tension reliant chaque éolienne au disjoncteur moyenne tension.

Figure 1 – Schéma du poste de départ de référence

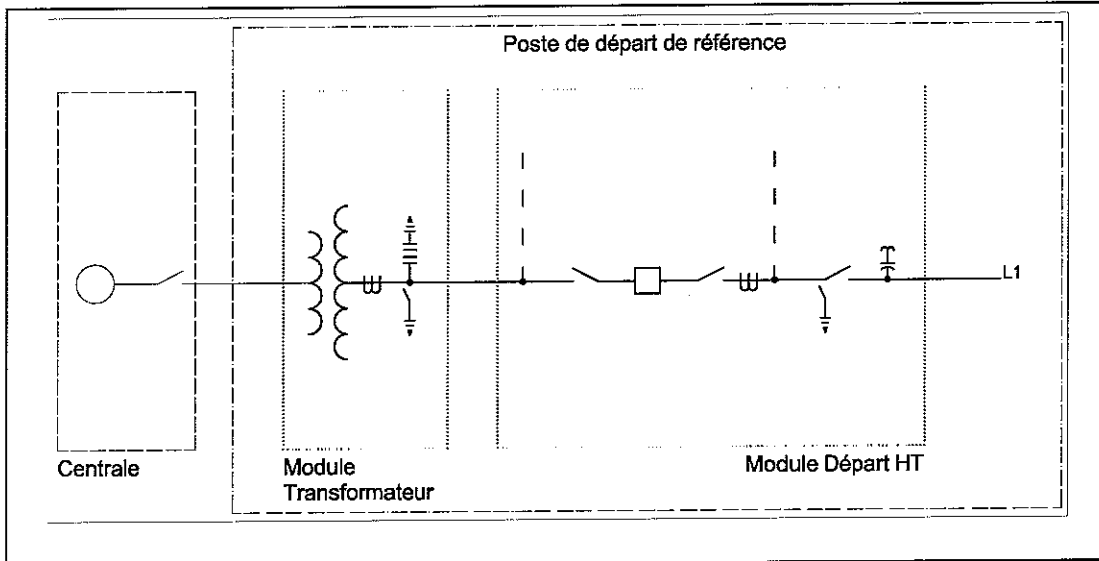
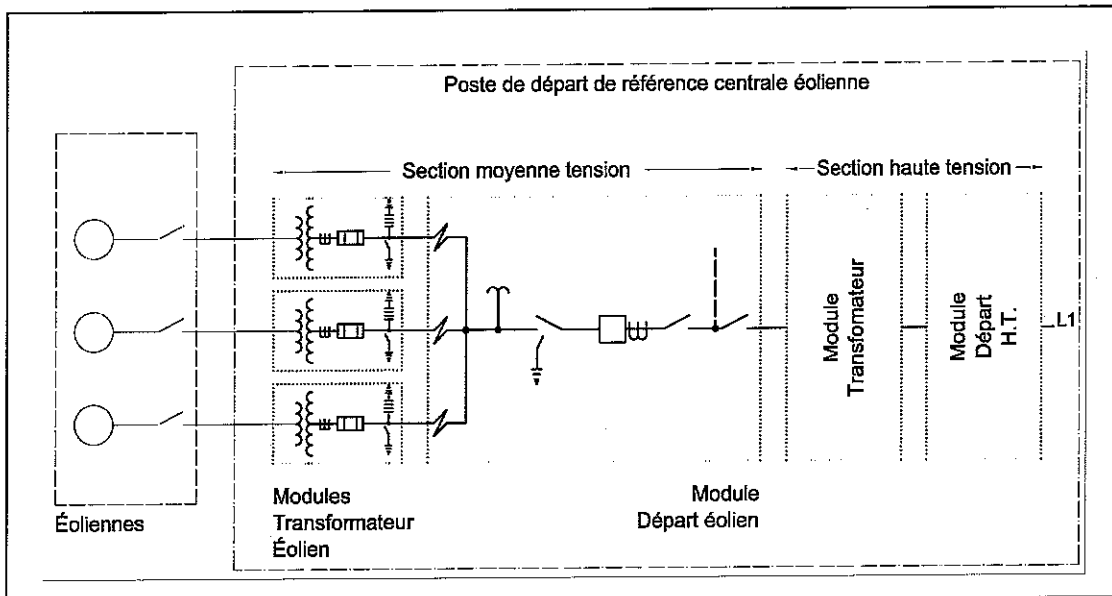


Figure 2 – Schéma du poste de départ de référence d'une centrale éolienne



3.2 Règles de conception

Les règles de conception du poste de départ de référence visent essentiellement à déterminer le nombre de modules requis en fonction des caractéristiques les plus importantes d'un poste de départ standard.

Les trois règles suivantes, décrites en détail à l'annexe 1, permettent de couvrir les différents types de centrales :

- La règle 1 s'applique aux centrales dont les groupes sont inférieurs à 50 MW ;
- La règle 2 s'applique exclusivement aux centrales éoliennes ;
- La règle 3 s'applique aux autres centrales.

Les informations nécessaires pour appliquer les règles de conception sont la puissance de la centrale, le nombre de groupes turbine-alternateur, la tension du réseau d'intégration et le nombre de lignes d'intégration.

3.3 Coûts des modules

Le tableau 2 présente l'estimation des coûts de chaque module (en millions de dollars 2006) du poste de départ de référence en fonction des paramètres les plus importants qui affectent leurs coûts, soit la puissance des transformateurs et la tension d'intégration au réseau.

Les coûts sont estimés essentiellement à partir d'informations provenant de projets qui sont conçus et réalisés ou en cours de réalisation à Hydro-Québec. Ces coûts incluent l'avant-projet, l'ingénierie, la gestion du projet, l'approvisionnement et l'appareillage, la construction et l'aménagement du terrain, les essais et la mise en route ainsi qu'une provision pour imprévus. Toutefois, ces coûts n'incluent pas la majoration de 15 % applicable à un

producteur privé pour tenir compte des frais d'exploitation et d'entretien du poste de départ.

Tableau 2 – Coûts des modules (en M\$ 2006)

Module	Tension d'intégration au réseau					
	315 kV	230 kV	161 kV	120 kV	69 kV	Éolien ≤ 44 kV
Transformateur ≤ 50 MVA	5,6	5,0	4,2	4,1	3,7	-
Transformateur entre 50 MVA et 100 MVA	6,0	5,4	4,6	4,5	4,2	-
Transformateur entre 100 MVA et 200 MVA	6,5	6,2	5,5	5,3	4,8	-
Transformateur ≥ 200 MVA	8,3	7,7	Note 1	Note 1	Note 1	-
Départ haute tension	5,8	5,1	4,9	4,5	4,3	-
Transformateur éolien	-	-	-	-	-	Note 2
Départ éolien	-	-	-	-	-	Note 2

Note 1 : Non considéré comme du matériel standard pour ces niveaux de tension.

Note 2 : Compte tenu de la diversité et du récent développement de la filière éolienne, le Transporteur poursuit ses travaux afin d'estimer les coûts des modules éoliens. Ces coûts seront fournis ultérieurement par le Transporteur.

Les paramètres qui ont été utilisés pour estimer les coûts de ces modules sont décrits à l'annexe 2.

Tel qu'indiqué au tableau 1, le coût réel d'un poste de départ peut varier significativement d'une installation à l'autre en fonction des caractéristiques spécifiques, dont particulièrement les caractéristiques physiques de la centrale (localisation géographique, configuration du terrain, centrale en surface ou souterraine).

3.4 Cas types

Cette section présente les coûts de référence pour trois cas types de centrales représentant un large éventail de situations possibles quant aux postes de départ. Ces coûts n'incluent pas la majoration de 15 % applicable à un producteur privé pour tenir compte des frais d'exploitation et d'entretien du poste de départ.

Le cas type 1 illustre une centrale hydraulique ou thermique de taille importante, le cas type 2 illustre une centrale hydraulique de taille moyenne composée de plusieurs groupes turbine-alternateur et le cas type 3 illustre une petite centrale.

Cas type 1

Centrale de 550 MW composée de trois groupes turbine-alternateur et intégrée au réseau par deux lignes à 315 kV.

Résultat de l'application de la règle 3 :

- trois modules transformateurs de 200 MVA à 315 kV 19,5 M\$
- quatre modules départ haute tension 315 kV 23,2 M\$
- coût total estimé du poste de départ de référence 42,7 M\$

Cas type 2

Centrale de 140 MW composée de dix groupes turbine-alternateur et intégrée au réseau par une ligne à 230 kV.

Résultat de l'application de la règle 1 :

- trois modules transformateurs de 50 MVA à 230 kV 15,0 M\$
- trois modules départ haute tension 230 kV 15,3 M\$
- coût total estimé du poste de départ de référence 30,3 M\$

Cas type 3

Centrale de 40 MW composée de deux groupes turbine-alternateur et intégrée au réseau par une ligne à 69 kV.

Résultat de l'application de la règle 1 :

- un module transformateur de 50 MVA à 69 kV 3,7 M\$
- un module de départ haute tension 69 kV 4,3 M\$
- coût total estimé du poste de départ de référence 8,0 M\$

4 CONCLUSION

Dans le but de répondre à la demande formulée par la Régie dans sa décision D-2006-66 concernant les coûts minimaux des postes de départ selon les facteurs qui en influencent le choix et le coût, le Transporteur présente dans cette étude les coûts pour des postes de départ de référence respectant les critères habituels de l'industrie, en fonction des facteurs les plus importants qui en affectent la réalisation.

Le poste de départ de référence utilisé dans le cadre de cette étude fait suite à la demande de la Régie de mettre en évidence les coûts d'un poste de départ standard de type aérien, qui peut être approprié dans plusieurs

situations. Cependant, dans le cas d'un projet réel de poste de départ, les coûts peuvent varier significativement par rapport à ceux du poste de départ de référence, puisque toutes les caractéristiques spécifiques du projet doivent être considérées.

Cette étude a été supervisée par un consultant indépendant qui conclut, tel qu'indiqué à l'annexe 3, que l'évaluation des coûts de référence des postes de départ fait appel à une des méthodes d'estimation reconnues par l'ACEI (Association for the Advancement of the Cost Engineering International) pour ce type de projet et respecte les critères habituels de l'industrie. En conséquence, la méthode présentée permet d'établir systématiquement et avec une précision adéquate l'estimation du coût de référence pour un poste de départ.

ANNEXE 1 – RÈGLES DE CONCEPTION

ANNEXE 1 – RÈGLES DE CONCEPTION

Les règles de conception du poste de départ de référence visent essentiellement à déterminer le nombre de modules requis en fonction des caractéristiques les plus importantes.

Paramètres généraux :

- Le poste de référence est constitué d'un seul niveau de transformation sauf dans le cas des centrales éoliennes qui en comptent deux.
- Lorsque requis, le nombre de modules est arrondi à l'unité supérieure

Règle 1

Pour toutes les centrales avec des groupes plus petits que 50 MW (sauf les centrales éoliennes)

- un module transformateur par tranche de 50 MW de puissance de la centrale
- puissance des transformateurs = puissance en MW de la centrale / (nombre de transformateurs x 0,90)
- nombre de modules départ haute tension = (nombre de transformateurs + nombre de lignes d'intégration) - 1

Règle 2

Pour toutes les centrales éoliennes

Ces centrales sont constituées de deux niveaux de transformation : la section haute tension et la section moyenne tension

Règles pour la section haute tension

- un module transformateur par tranche de 150 MW de puissance de la centrale éolienne
- puissance des transformateurs = puissance en MW de la centrale / (nombre de transformateurs x 0,90)
- nombre de modules départ haute tension = (nombre de transformateurs + nombre de lignes d'intégration) - 1

Règles pour la section moyenne tension

- un module transformateur éolien par éolienne
- nombre de modules départ éolien = (puissance de la centrale éolienne / 30 MW)

Règle 3

Pour toutes les autres centrales

- un module transformateur par groupe de la centrale
- puissance des transformateurs = puissance en MW de la centrale / (nombre de groupes x 0,90)
- nombre de modules départ haute tension = (nombre de transformateurs + nombre de lignes d'intégration) - 1

**ANNEXE 2 – PARAMÈTRES CONCERNANT LES
COÛTS DES MODULES**

ANNEXE 2 – PARAMÈTRES CONCERNANT LES COÛTS DES MODULES

Le coût d'un poste de départ peut varier significativement d'une installation à l'autre en fonction des caractéristiques propres à chaque projet. Les paramètres suivants ont été utilisés pour estimer les coûts des modules du poste de départ de référence :

- Le poste de référence est implanté sur un emplacement favorable, accessible par route et exempt de contraintes particulières liées à la nature du sol ou à l'éloignement de la centrale. La capacité portante du sol est suffisante pour des fondations standards.
- Le poste de référence est composé d'équipement conventionnel de type extérieur.
- Les équipements du poste de référence sont installés à l'extérieur et à proximité de la centrale. Les transformateurs de puissance sont raccordés à la partie haute tension du poste par voie aérienne. Le poste est localisé à moins de 300 mètres de la centrale et est doté d'un bâtiment de commande.
- L'alimentation du poste de référence est fournie par la centrale par voie aérienne.
- Les coûts associés au raccordement de la partie basse tension des transformateurs aux alternateurs de la centrale, à l'achat du terrain, aux routes d'accès, aux campements ou à la mise en valeur ne sont pas inclus.

Paramètres supplémentaires pour les centrales éoliennes (ces paramètres sont préliminaires et seront confirmés lorsque les coûts des modules éoliens seront précisés) :

- Les éoliennes composant la centrale éolienne sont implantées sur un emplacement favorable accessible par route, en région boisée mais exempt de contraintes particulières liées à la nature du sol ou à l'éloignement de la centrale et excluant les coûts associés aux routes d'accès ou aux campements.
- Le réseau collecteur qui relie chaque éolienne au poste haute tension est à 34,5 kV, de type aérien et d'une longueur de 15 km. Les transformateurs basse tension à moyenne tension sont installés au sol, à côté de chaque éolienne et sont raccordés par câble souterrain triphasé au réseau collecteur 34,5 kV. Seuls les coûts associés à l'approvisionnement et à la construction sont pris en compte dans l'évaluation du module transformateur éolien (les autres coûts sont considérés comme faisant partie de la conception de l'éolienne).
- Aucun nouveau bâtiment n'est requis, la commande et la protection du transformateur de l'éolienne sont localisées dans l'éolienne. La commande et la protection du départ de ligne sont localisées dans le bâtiment du poste haute tension.

ANNEXE 3 – AVIS DU CONSULTANT INDÉPENDANT



Le 30 octobre 2006

Monsieur Mario Boucher
Chef Orientation du réseau principal
Hydro-Québec TransÉnergie
2, Complexe Desjardins
Tour Est, 10^e étage
Montréal (Québec) H5B 1H7

Objet : **Bilan de notre intervention et avis sur le rapport**
Projet : Étude sur les coûts minimaux des postes de départ
N/D : 13060-001

Monsieur,

Pour faire suite à la décision D-2006-66 (pour R-3549-2004 phase 2) page 42, concernant la contribution maximale pour un poste de départ dans laquelle la Régie demande au Transporteur de déposer une étude sur les coûts minimaux des postes de départ, Hydro-Québec TransÉnergie a mandaté Cegertec pour participer à la réalisation de cette étude.

Dans le cadre de ce mandat, nous avons étudié l'ensemble des documents fournis et nous avons participé à des sessions de travail concernant cette étude. Nous avons également formulé nos commentaires jusqu'à la réalisation finale de l'étude dont le rapport est intitulé *Coûts de référence des postes de départ*.

La méthodologie d'estimation retenue consiste à définir des règles de conception et à établir les coûts unitaires pour divers assemblages modulaires (ex. : module de départ haute tension, module transformateur, etc.) Ces coûts unitaires proviennent des données historiques récentes d'Hydro-Québec pour des installations similaires. Les coûts de chacun des modules varient selon divers paramètres importants propres à chaque installation. Ces paramètres sont : le niveau de tension, la puissance des transformateurs, le type de centrale et les caractéristiques des équipements. Cette méthode a pour avantage de produire une

2

estimation des coûts de référence relativement précise pour des modules prédéterminés avant même que l'ingénierie conceptuelle ne soit réalisée. L'estimation est assemblée à partir des modules en utilisant des règles bien définies. La précision de l'estimation que l'on peut atteindre à l'aide d'une méthode semblable est équivalente à une estimation de catégorie AACEI - Classe 3 et se situe entre -10 % et +20 % avant contingences. La contingence typique de +15 % est considérée dans l'estimation des modules.

Cette pratique utilisée pour évaluer les coûts de référence des postes de départ fait appel à une des méthodes d'estimation reconnues par l'AACEI (Association for the Advancement of the Cost Engineering International) pour ce type de projet et respecte les critères habituels de l'industrie. En conséquence, la méthode présentée permet d'établir systématiquement et avec une précision adéquate l'estimation du coût de référence pour un poste de départ. Ainsi, nous sommes en accord avec la méthode utilisée et avec le rapport présenté.

Espérant que le tout est conforme et à votre entière satisfaction, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

MS/ad


Marc Savard, ing.
Directeur du secteur Haute tension

- c. c - M. Christian Deguire, chef Planification et stratégies du réseau principal, Hydro-Québec TransÉnergie
- M. Gilles Trudel, Orientation du réseau principal, Hydro-Québec TransÉnergie
- M. Raymond Lamarre, vice-président adjoint Opérations, Cegertec
- M. Mario Poirier, vice-président Gestion de projets, Cegertec
- M. Denis Tremblay, consultant interne, Cegertec