

Projet de terminal méthanier Rabaska

Étude de l'impact potentiel sur les lignes de transport
d'électricité d'un accident survenant sur les
installations terrestres du terminal méthanier



Août 2006

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	3
2.	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	3
3.	SCÉNARIO D'ACCIDENT	4
	3.1. Accident sur les installations terrestres	4
	3.2. Accident au croisement entre les lignes et le corridor de service	4
4.	DESCRIPTION DES LIGNES HYDRO-QUÉBEC	6
5.	MODÉLISATION	9
	5.1. Données d'entrée	9
	5.2. Chaleur reçue par le conducteur	9
	5.3. Chaleur émise par le conducteur	10
	5.4. Bilan thermique.....	10
6.	RÉSULTATS DES CALCULS	11
	6.1. Effet de la température ambiante.....	13
	6.2. Probabilité d'impacter les lignes électriques	13
7.	CONCLUSION	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Schéma des lignes électriques et des installations du terminal.....	7
Figure 2 – Schéma d'un pylône électrique	8
Figure 3 – Évolution de la température d'un conducteur en fonction du temps pour différentes vitesses de vent	12
Figure 4 – Rose des vents à la station de Lauzon - Hiver	16
Figure 5 - Rose des vents à la station de Lauzon – Été	16

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Principales caractéristiques de lignes électriques	6
Tableau 2 - Distance entre les câbles conducteurs de chaque ligne et le centre du réservoir de GNL le plus proche.....	7
Tableau 3 – Résultats pour un vent de 11 m/s et une stabilité atmosphérique D	11
Tableau 4 – Résultats pour un vent de 3 m/s et une stabilité atmosphérique D	11
Tableau 5 – Résultats pour un vent de 0,6 m/s et une stabilité atmosphérique D	12

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A – DONNÉES SUR LE VENT
ANNEXE B – CALCULS DE DISTANCE

1. INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts potentiels d'un accident survenant sur le terminal méthanier (feu de toit de réservoir) sur les 3 lignes de transport d'électricité à 735 kV reliant les postes de Manicouagan et de Lévis, qui passent à proximité du terminal.

2. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

L'étude est réalisée avec les conditions météorologiques suivantes et les conditions de vent basées sur les données de l'annexe A.

Trois vitesses de vent différentes ont été utilisées.

- Une vitesse faible (0,6 – 1 m/s), pour laquelle les effets du refroidissement éolien (pertes par convection) sont faibles, mais le rayonnement thermique reçu par les câbles est plus faible que pour un vent fort (flamme moins inclinée vers les lignes).
- Une vitesse élevée (11 m/s), pour laquelle les effets du refroidissement éolien sont forts, mais le rayonnement thermique reçu par les câbles est plus élevé que pour un vent faible (flamme inclinée vers les lignes).
- Une vitesse moyenne (3 m/s) qui est représentative des conditions locales.

Le vent est supposé souffler dans la direction des lignes électriques, ce qui a pour conséquence d'incliner la flamme vers les lignes et donc de conduire à une estimation prudente du rayonnement thermique. Il faut noter qu'un vent soufflant dans la direction des lignes électriques (Vents de ESE, SE et SSE) n'est observé que dans 3,16 % du temps,

- Vitesse du vent : 1 m/s (3,6 km/h), 3 m/s (11 km/h) et 11 m/s (40 km/h)
- Stabilité atmosphérique : D
- Humidité : 70 %
- Température ambiante : 10°C et 30°C
- Direction du vent : En direction des lignes électriques (ESE, SE et SSE)

3. SCÉNARIO D'ACCIDENT

3.1. ACCIDENT SUR LES INSTALLATIONS TERRESTRES

Le scénario d'accident lié au terminal retenu pour l'évaluation de l'impact potentiel sur les lignes électriques est le scénario d'un feu majeur d'un réservoir suite à l'effondrement du toit.

Les principales hypothèses pour le calcul des conséquences potentielles sont les suivantes :

- Diamètre de la nappe de GNL : 90 m
- Hauteur de la nappe de GNL : 25 m, correspondant à une altitude de 101 m (76 m+ 25 m)
- Taux de combustion : 700 kg/s
- Pouvoir émissif de la flamme : 190 kW/m²

L'altitude du sol au niveau du terminal est 76 m. Les réservoirs sont placés dans des bassins de 10 m de profondeur.

Un effet d'écran possible par les parois du réservoir qui pourraient masquer une partie de la flamme n'est pas pris en compte. De même, au cours du temps, la hauteur de GNL dans le réservoir va diminuer, accentuant l'effet d'écran par les parois. Cet effet n'est pas non plus pris en compte.

Du fait de la présence des parois du réservoir, l'incendie sera difficilement alimenté en air frais (comburant). Par conséquent, la combustion sera incomplète, produisant de la fumée. Le rayonnement thermique réel est dans ce cas plus faible que celui qui résulte de la modélisation.

3.2. ACCIDENT AU CROISEMENT ENTRE LES LIGNES ET LE CORRIDOR DE SERVICE

Le corridor de service traverse l'emprise des lignes électriques avant d'arriver aux installations terrestres du terminal. La ligne de déchargement est constituée d'un caisson en béton qui contient deux conduites de déchargement de GNL en acier inoxydable (610 mm de diamètre) et la conduite de retour gaz (150 mm de diamètre). Le dessus du caisson en béton est à une profondeur de 2 à 4 m là où il passe dans l'emprise des lignes électriques.

Les principales mesures de sécurité sont les suivantes :

- Le caisson enfoui en béton protège les conduites de tout impact externe;
- Les conduites seront entièrement soudées (contrôle radiographique de 100 % des soudures);
- Dans le caisson, les conduites ne comporteront aucun piquage d'instrumentation, de purge ou d'évent, ni aucune robinetterie;
- Les conduites subiront un test hydraulique afin d'éliminer les tensions de soudures et de vérifier leur intégrité;
- Le caisson en béton est maintenu sous une atmosphère d'azote et ventilé;
- Le caisson est équipé de détecteurs de froid. Un analyseur permet de vérifier en permanence la présence éventuelle d'oxygène ou de gaz naturel dans l'azote purgé;

- Le corridor de service sera surveillé en permanence par les opérateurs du terminal.

Vu ces mesures de sécurité, la probabilité d'avoir une fuite dans le tunnel est négligeable. De plus, comme il n'y a ni source d'allumage ni oxygène, un feu dans le caisson en béton n'est pas réaliste.

Un impact externe est aussi un événement peu probable grâce à la profondeur d'enfouissement des lignes de déchargement et à la résistance du béton. Le caisson en béton sera conçu en prenant en compte tous les types possibles de véhicules qui pourraient passer au-dessus de la ligne de déchargement de GNL, en suivant les normes CAN/CAS et les normes de Transports Canada. Comme ce secteur sera surveillé de manière permanente, n'importe quel travail d'excavation serait détecté et contrôlé. De plus, tout travail d'excavation dans la servitude d'Hydro-Québec ne peut être fait qu'avec l'autorisation d'Hydro-Québec, et ces terrains seront la propriété de Rabaska.

La ligne de déchargement franchit l'emprise à approximativement 85 m du pied du pylône le plus rapproché. La hauteur des pylônes est comprise entre 47 et 52 mètres. Il n'y a donc pas de risque de dommage sur la ligne de déchargement en cas de chute d'un pylône. La profondeur d'enfouissement (de 2 m à 4 m) ainsi que la résistance du caisson en béton font que des dommages à la ligne en cas de rupture et de chute au sol d'un câble conducteur ne sont pas physiquement possibles.

Les effets liés aux décharges électriques et aux courants induits par les lignes d'Hydro-Québec sont évalués dans une étude spécifique ("Rapport préliminaire relativement à la mise à la terre des postes terminal et quai ainsi qu'un blindage électrique du massif de béton pour les conduits GNL", MDL, Rapport 2150/106-017, mai 2006). Ce rapport conclut que les courants induits ne sont pas un problème pour les lignes de déchargement de GNL. Le pire cas serait la chute d'un câble au-dessus des lignes de déchargement. Le rapport définit des mesures pratiques spécifiques pour gérer une telle situation, sans dommage aux installations gazières, et particulièrement sans aucune possibilité de fuite de gaz ou de GNL.

Le risque de perte de confinement des lignes de déchargement de GNL dans le caisson en béton enfoui est considéré comme négligeable et n'a pas fait l'objet d'évaluation supplémentaire.

4. DESCRIPTION DES LIGNES HYDRO-QUÉBEC

Les lignes de transport d'électricité entre les postes de Manicouagan et de Lévis sont constituées de 3 lignes différentes. La tension de chaque ligne est de 735 kV.

- Ligne n° 7007 au nord;
- Ligne n° 7008 au milieu;
- Ligne 7023 au sud.

Chaque ligne est composée de 3 phases. Chaque phase est elle-même constituée d'un faisceau de 4 conducteurs faits d'aluminium avec une âme en acier. Il y a 45,7 cm (18") entre chaque conducteur. Par simplification dans la suite du document, le terme « câble » désigne un faisceau ou phase d'une ligne.

La distance entre les phases d'une ligne est de 15,24 m (50') pour les lignes 7007 et 7008, et de 13,7 m (45') pour la ligne 7023.

La distance entre la ligne 7007 et la ligne 7008 est de 71,6 m (235').

La distance entre la ligne 7008 et la ligne 7023 est de 64,0 m (210').

Les principales caractéristiques de chaque ligne sont résumées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 – Principales caractéristiques de lignes électriques

	Ligne 7007 (Nord)	Ligne 7008 (Milieu)	Ligne 7023 (Sud)
Type de ligne	"Bersimis" ACSR	"Bersimis" ACSR	"Curlew" ACSR
Diamètre des conducteurs	35,05 mm	35,05 mm	31,64 mm
Masse linéique	2,1812 kg/m	2,1812 kg/m	1,977 kg/m
Position du croisement avec la ligne de déchargement	Entre les pylônes 849 et 848	Entre les pylônes 818 et 817	Entre les pylônes 831 et 830
Élévation des points d'attache au support le plus à l'ouest	116 m (380') Pylône 849	113 m (370') Pylône 818	114 m (374') Pylône 831
Élévation du point bas du conducteur	93 m (305')	92 m (302')	93 m (305')
Élévation des points d'attache au support le plus à l'est	117 m (385') Pylône 848	113 m (370') Pylône 817	116 m (380') Pylône 830

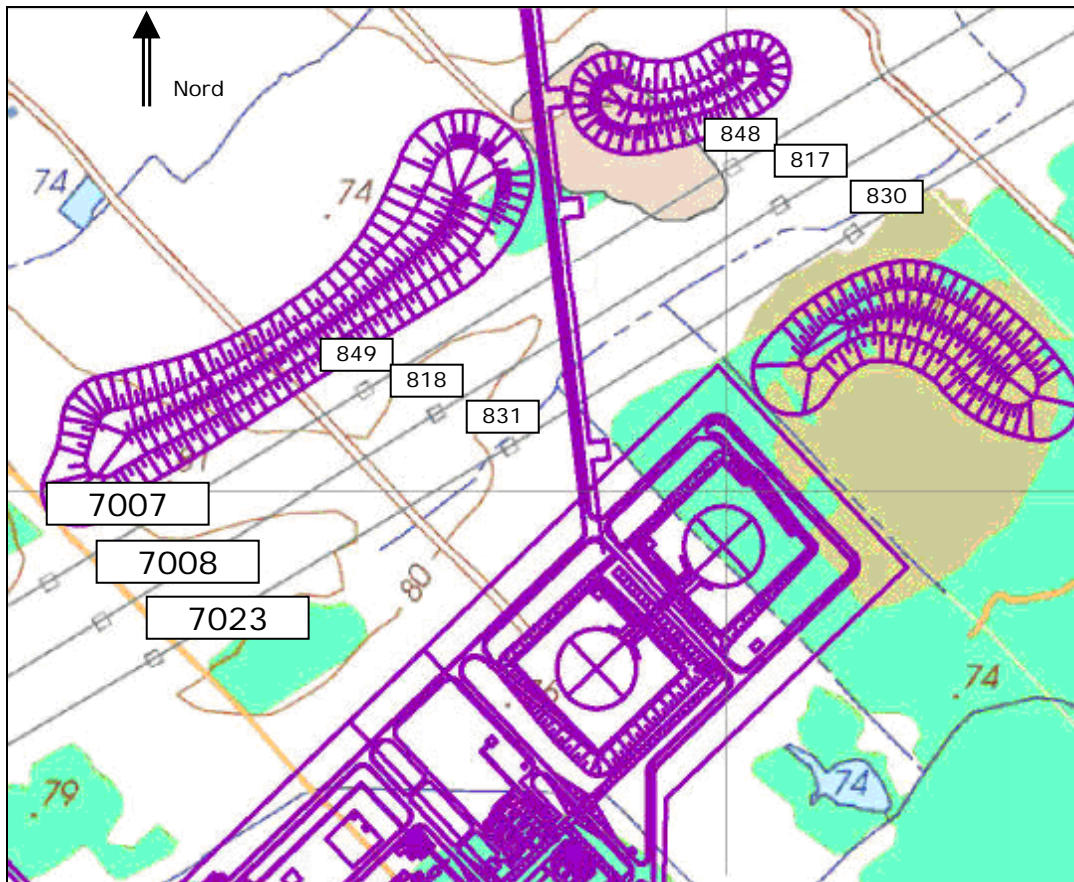


Figure 1 – Schéma des lignes électriques et des installations du terminal

Les distances entre chaque câble (sud, milieu et nord) de chaque ligne et le centre du réservoir de GNL le plus proche sont données dans le tableau ci-dessous (voir annexe B).

Tableau 2 - Distance entre les câbles conducteurs de chaque ligne et le centre du réservoir de GNL le plus proche

Ligne 7023 (Sud)	câble sud	211,230 m
	câble central	224,946 m
	câble nord	238,662 m
Ligne 7008 (Milieu)	câble sud	273,714 m
	câble central	288,954 m
	câble nord	304,194 m
Ligne 7007 (Nord)	câble sud	345,342 m
	câble central	360,582 m
	câble nord	375,822 m

Les impacts sur les lignes électriques d'un accident survenant sur le terminal méthanier ont été calculés pour le câble le plus proche du terminal, c'est-à-dire le câble sud de chaque ligne.

Les conducteurs en aluminium des lignes électriques ont deux fonctions : ils agissent comme conducteurs et ils contribuent en partie à la résistance à la tension de la ligne. Comme l'aluminium assure une partie de la résistance de la ligne, la capacité thermique de celle-ci sera limitée par la perte de résistance de l'aluminium. L'âme en acier n'est pas prise en compte pour évaluer la résistance des câbles.

D'un point de vue général, plusieurs sources indiquent que l'aluminium perd sa résistance aux environs de 200°C. Cependant, ce seuil de température dépend du type d'alliage d'aluminium utilisé. Pour une approche prudente, une température de 140°C a été choisie comme seuil des premiers dommages potentiels dépendants de la durée d'exposition. Hydro-Québec indique que la température maximale d'exploitation des câbles est de 95°C. Une température de 500°C est choisie comme seuil de destruction des câbles (à titre d'information, nous rappelons que la température de fusion de l'aluminium est de 660°C).

En résumé, les trois seuils de températures retenus pour l'étude sont les suivants :

- 95°C Température maximale d'exploitation des câbles
- 140°C Début de la dégradation potentielle de la partie en aluminium dépendant de la durée d'exposition au rayonnement thermique
- 500°C Destruction des câbles

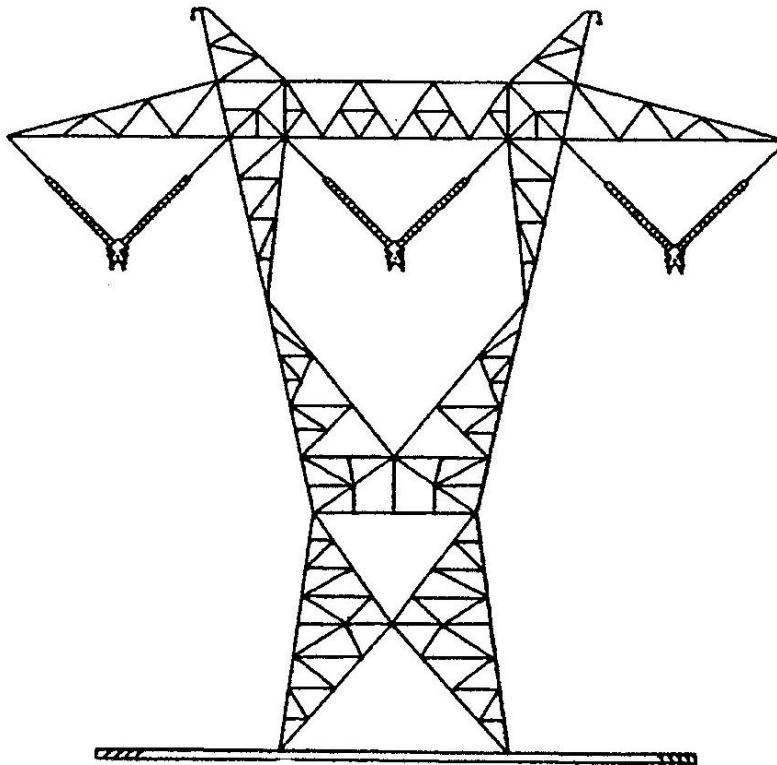


Figure 2 – Schéma d'un pylône électrique

5. MODÉLISATION

5.1. DONNÉES D'ENTRÉE

Température du conducteur à l'instant n	T_n
Masse volumique d'un conducteur	$\rho = 2736 \text{ kg} / \text{m}^3$
Constante de Stefan-Boltzmann	$B = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{K}^{-4}$
Diamètre d'un conducteur	$D [m]$
Rayonnement thermique incident	$q [W / m^2]$
Température d'exploitation des lignes	50 °C
Température de l'air	10 °C or 30°C
Masse volumique de l'air	Fonction de la température (1,19 kg/m ³ à 20°C)
Viscosité de l'air	1,9 x 10 ⁻⁵ kg/ms
Capacité calorifique de l'air	CP _{air} = 1000 J/kg/K
Conductivité thermique de l'air	2,5 x 10 ⁻² W/m/K
Nombre de Prandtl (Pr)	7,60 x 10 ⁻¹
Nombre de Reynolds (Re)	1,27 x 10 ³ avec un vent de 0,6 m/s
Coefficient de transfert convectif H _t	Le coefficient de transfert convectif utilisé est celui correspondant à une convection forcée autour d'un cylindre (Voir pour plus de détails l'ouvrage « Heat Transfer », J.P. Holman, section 6.3 Flow across cylinders and spheres).
Source de chaleur interne	16,2 W (Chaleur appliquée au conducteur pour avoir une température d'équilibre du conducteur de 50°C avec une température ambiante de 20°C)

5.2. CHALEUR REÇUE PAR LE CONDUCTEUR

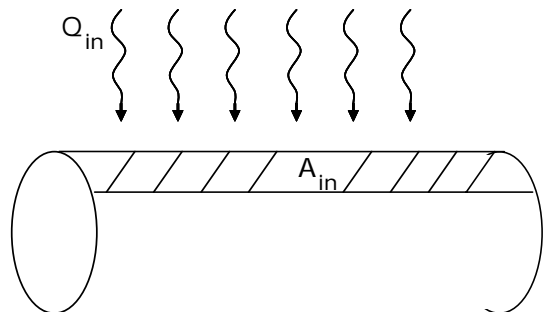
$$q_{in} = A_{in} * Q_{in} * E_{in}$$

Avec

$$A_{in} = Dl, \quad l = 1m$$

$$Q_{in} [W / m^2]$$

$$E_{in} = 0,5$$



Le flux thermique incident, Q_{in} , dépend de la distance entre le toit du réservoir et le conducteur. L'angle entre le rayonnement incident et le conducteur n'est pas

directement pris en compte dans les calculs. Par conséquent, le flux reçu est appliqué à l'aire projetée du câble.

5.3. CHALEUR ÉMISE PAR LE CONDUCTEUR

La chaleur émise par le conducteur est la somme des transferts de chaleur dus aux pertes par rayonnement thermique, $Q_{out,r}$, et dus aux pertes par convection (pertes thermiques dues à l'effet du vent), $Q_{out,c}$.

Pertes thermiques par rayonnement

$$Q_{out,r} = A_{out} * T_n^4 * E_{out} * B$$

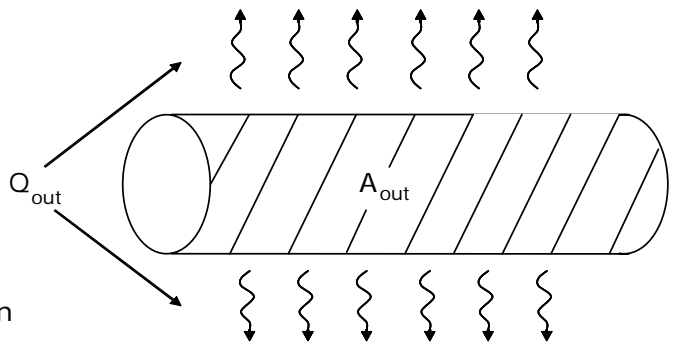
Avec

$$A_{out} = \pi D l$$

$$E_{out} = 0,5$$

Pertes thermiques par convection

$$Q_{out,c} = H_t * A_{out} * (T_n - T_{air})$$



5.4. BILAN THERMIQUE

Un bilan thermique permet d'obtenir la variation de température du conducteur en fonction des flux thermiques reçus et émis.

$$T_n = T_{n-1} + \frac{(Q_{in_{n-1}} - Q_{out_{n-1}})(t_n - t_{n-1})}{V * \rho * C_p}$$

Avec

$$C_p = 894 \text{ J / kg / K}$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 l$$

Température initiale : $T_0 = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$

Pas de temps pour la résolution numérique : $t_n - t_{n-1} = 50\text{s}$

6. RÉSULTATS DES CALCULS

Les résultats sont présentés en donnant la température maximale atteinte par le conducteur et les temps d'atteinte des trois seuils de température.

Le cas d'un vent de 3 m/s a été fait avec deux températures ambiantes différentes, 10°C et 30°C.

L'élévation de température dépend du temps, comme cela est montré sur la figure 3 ci-dessous.

Tableau 3 – Résultats pour un vent de 11 m/s et une stabilité atmosphérique D

Vent 11 m/s (D11)	Rayonnement thermique reçu par le câble (Q_{in})	Température ambiante	Température maximum atteinte par le câble	Temps mis pour atteindre les seuils de température		
				95°C	140°C	500°C
Câble le plus proche de la ligne 7023 (Sud)	16,2 kW/m ²	10°C	127°C	540 sec		
Câble le plus proche de la ligne 7008 (Milieu)	7,9 kW/m ²	10°C	85°C	-	-	-
Câble le plus proche de la ligne 7007 (Nord)	4,1 kW/m ²	10°C	63°C	-	-	-

Tableau 4 – Résultats pour un vent de 3 m/s et une stabilité atmosphérique D

Vent 3 m/s (D3)	Rayonnement thermique reçu par le câble (Q_{in})	Température ambiante	Température maximum atteinte par le câble	Temps mis pour atteindre les seuils de température		
				95°C	140°C	500°C
Câble le plus proche de la ligne 7023 (Sud)	13 kW/m ²	10°C	147°C	630 sec	2550 sec	-
		30°C	149°C	620 sec	2360 sec	-
Câble le plus proche de la ligne 7008 (Milieu)	7 kW/m ²	10°C	99°C	3100 sec	-	-
		30°C	100°C	2880 sec	-	-
Câble le plus proche de la ligne 7007 (Nord)	4 kW/m ²	10°C	71°C	-	-	-
		30°C	71°C	-	-	-

Tableau 5 – Résultats pour un vent de 0,6 m/s et une stabilité atmosphérique D

Vent 0,6 m/s (D1) *	Rayonnement thermique reçu par le câble (Q_{in})	Température ambiante	Température maximum atteinte par le câble	Temps mis pour atteindre les seuils de température		
				95°C	140°C	500°C
Câble le plus proche de la ligne 7023 (Sud)	10,6 kW/m ²	10°C	167°C	750 sec	2110 sec	-
Câble le plus proche de la ligne 7008 (Milieu)	6,2 kW/m ²	10°C	116°C	2250 sec	-	-
Câble le plus proche de la ligne 7007 (Nord)	3,7 kW/m ²	10°C	80°C	-	-	-

* Le rayonnement thermique du feu GNL a été calculé avec une vitesse de vent de 1 m/s, comme cette valeur est la plus faible qui peut être utilisée avec le modèle PHAST. Néanmoins, l'augmentation de la température des câbles a été évaluée avec une vitesse de vent de 0,6 m/s. C'est une approche prudente quant à l'élévation de température des câbles, car un vent de 0,6 m/s conduit à moins de refroidissement éolien qu'un vent de 1 m/s.

LIGNE 7023

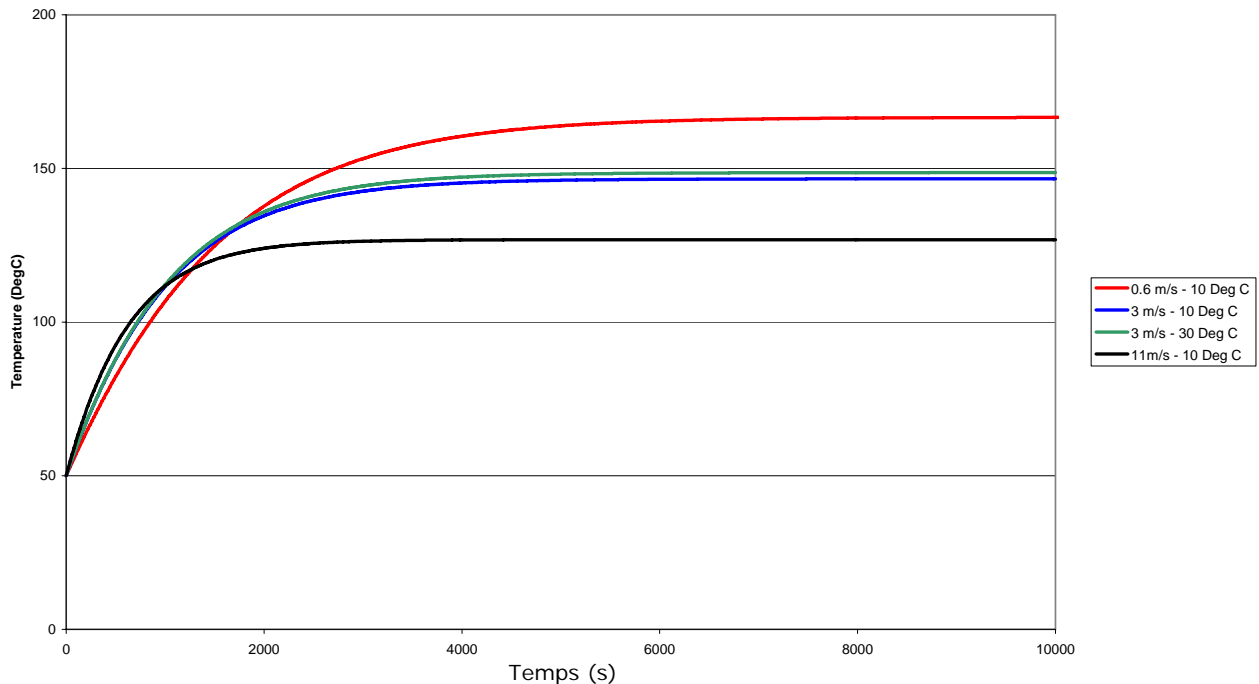


Figure 3 – Évolution de la température d'un conducteur en fonction du temps pour différentes vitesses de vent

6.1. EFFET DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE

Pour la ligne 7007, les seuils de température ne sont pas atteints, quelle que soit la température ambiante.

Pour la ligne 7008, la température maximale est proche de 95°C. Après environ cinquante minutes (52 minutes avec 10°C, 48 minutes avec 30°C), la température maximale pour la deuxième ligne est en dehors de la plage de fonctionnement normale.

Pour la ligne 7023, l'effet de la température ambiante est d'augmenter la température maximale de 147°C à 149°C, et de diminuer légèrement le temps pour atteindre les seuils de température. Cependant, les différences sont faibles.

Il convient de noter que la température quotidienne moyenne annuelle est 4°C, et la température quotidienne maximale annuelle est 9,4°C. Le mois avec la température maximale quotidienne la plus élevée est juillet, avec 24,9°C, valeur plus faible que 30°C.

Le nombre moyen de jours avec une température maximale supérieure à 30°C est de 5,4 jours par an (Données de la station de Beauséjour, de 1971 à 2000, Environnement Canada)

6.2. PROBABILITÉ D'IMPACTER LES LIGNES ÉLECTRIQUES

À partir d'une base de données interne à DNV (Risk Net), la probabilité de défaillance du confinement interne d'un réservoir est :

$$3,0 \times 10^{-5} \text{ par année-réservoir}$$

La fréquence indiquée est une fréquence générique pour des simples cuves de réservoir (à ne pas confondre avec les réservoirs à simple intégrité). Il s'agit d'une approche très prudente, étant donné que le confinement interne d'un réservoir de GNL est de bien meilleure qualité qu'une simple cuve. De plus, le confinement interne est protégé des impacts et de l'environnement externe par le confinement externe.

Probabilité de défaillance du système ESD : 0,01

$$F_{\text{Bris du toit d'un réservoir}} = (3 \times 10^{-5}) \times 0,01 = 3,0 \times 10^{-7} \text{ par année}$$

La fréquence de bris touchant le toit d'un réservoir, de $3,0 \times 10^{-7}$ par année, a été appliquée aux réservoirs de GNL.

La probabilité qu'une telle fuite soit enflammée est évaluée à 10 %.

En tenant compte de la probabilité d'inflammation et de la probabilité que le vent souffle en direction des lignes électriques, la probabilité que les lignes électriques soient exposées à un rayonnement thermique est :

$$\begin{aligned} P_{\text{Exposition des lignes électriques}} &= F_{\text{Bris du toit d'un réservoir}} \times P_{\text{inflammation}} \times P_{\text{Vent dans la direction des lignes}} \\ &= 3 \times 10^{-7}/\text{an} \times 0,1 \times 0,0316 \\ &= 1 \times 10^{-9}/\text{an} \end{aligned}$$

7. CONCLUSION

Les principaux résultats sont les suivants :

- La ligne nord, la plus éloignée du terminal n'est pas impactée par un accident sur le terminal méthanier, malgré les hypothèses prudentes prises.
- Après environ une heure, la température maximale de la ligne électrique centrale est dehors de sa plage de fonctionnement normal tout en restant proche du seuil de 95°C et sans jamais atteindre le seuil des premiers dommages potentiels.
- La ligne la plus proche du terminal est la plus susceptible d'être impactée par un accident sur le terminal méthanier. Pour des conditions de vent moyennes, le début de la dégradation potentielle des câbles survient environ trente minutes après le début de l'accident.

Compte tenu de ces résultats, des hypothèses prudentes et du caractère très improbable du scénario (probabilité d'occurrence d'environ 10^{-9} par an, soit une fois tous les milliards d'années, en tenant compte de la direction du vent), le risque d'un dommage sur les lignes Hydro-Québec par suite d'un accident sur le terminal méthanier est négligeable.



ANNEXE A – DONNÉES SUR LE VENT

ANALYSE STATISTIQUE DES VENTS

STATION: LAUZON POUR LA PERIODE DU 1991/ 1/ 1 AU 2003/12/31

***** ENSEMBLE DES DONNEES *****

VIT. (km/h)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	TOTAL	TOTAL CUMULATIF
CALME																		
1 - 5	0.73	0.42	0.38	0.35	1.01	0.60	0.37	0.33	0.73	0.57	0.78	0.89	1.50	0.55	0.37	0.35	9.938	2.027
6 - 10	0.86	0.91	0.88	0.74	2.18	0.78	0.20	0.22	0.84	1.41	2.61	3.41	4.43	0.60	0.40	0.35	97.973	9.938
11 - 15	0.33	0.71	1.15	1.00	2.51	0.32	0.03	0.04	0.23	0.62	2.34	5.06	5.07	0.46	0.29	0.22	20.817	20.817
16 - 20	0.19	0.22	0.81	1.28	3.35	0.12	0.01	0.02	0.07	0.22	1.57	4.66	4.55	0.53	0.29	0.18	67.218	20.378
21 - 25	0.10	0.05	0.26	0.86	2.23	0.05	0.00	0.00	0.01	0.04	0.48	2.20	2.29	0.38	0.18	0.10	18.044	18.044
26 - 30	0.06	0.02	0.26	1.25	2.79	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.29	1.86	2.10	0.41	0.21	0.10	9.408	9.408
31 - 35	0.02	0.01	0.12	1.00	1.89	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.74	0.96	0.22	0.12	0.04	5.224	10.154
36 - 40	0.00	0.01	0.04	0.46	0.83	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.23	0.29	0.29	0.05	0.04	0.01	1.976	1.976
41 - 45	0.04	0.00	0.06	0.57	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.18	0.04	0.02	0.00	0.00	1.789	2.954
46 - 50	0.00	0.01	0.30	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.742	1.165
51 - 55			0.01	0.11	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.206	0.423
56 - 60	0.00		0.01	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.138	0.217
61 - 65			0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.049	0.079
66 - 70			0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.017	0.030
71 - 75			0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006	0.013
76 - 80			0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006	0.007
81 - 85					0.00												0.001	0.001
86 - 90																	0.000	0.000
** TOTAL **	2.35	2.35	4.00	8.07	17.95	1.92	0.62	0.62	1.88	2.86	8.15	19.21	21.46	3.26	1.92	1.36	99448	88.29

NOMBRE TOTAL DE VALEURS: 112632. NOMBRE DE VALEURS DISPONIBLES: 99448. POURCENTAGE DE COUVERTURE: 88.29 %

NOTE: POURCENTAGE DE COUVERTURE BASE SUR LE NOMBRE DE VALEURS DISPONIBLES

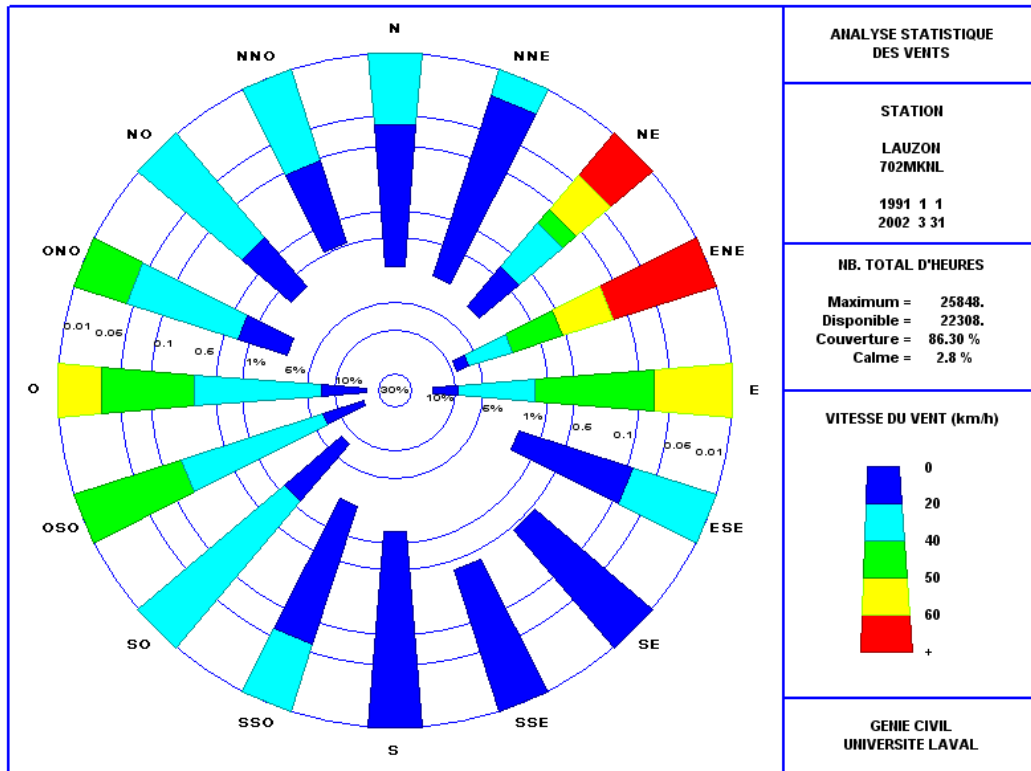


Figure 4 – Rose des vents à la station de Lauzon - Hiver

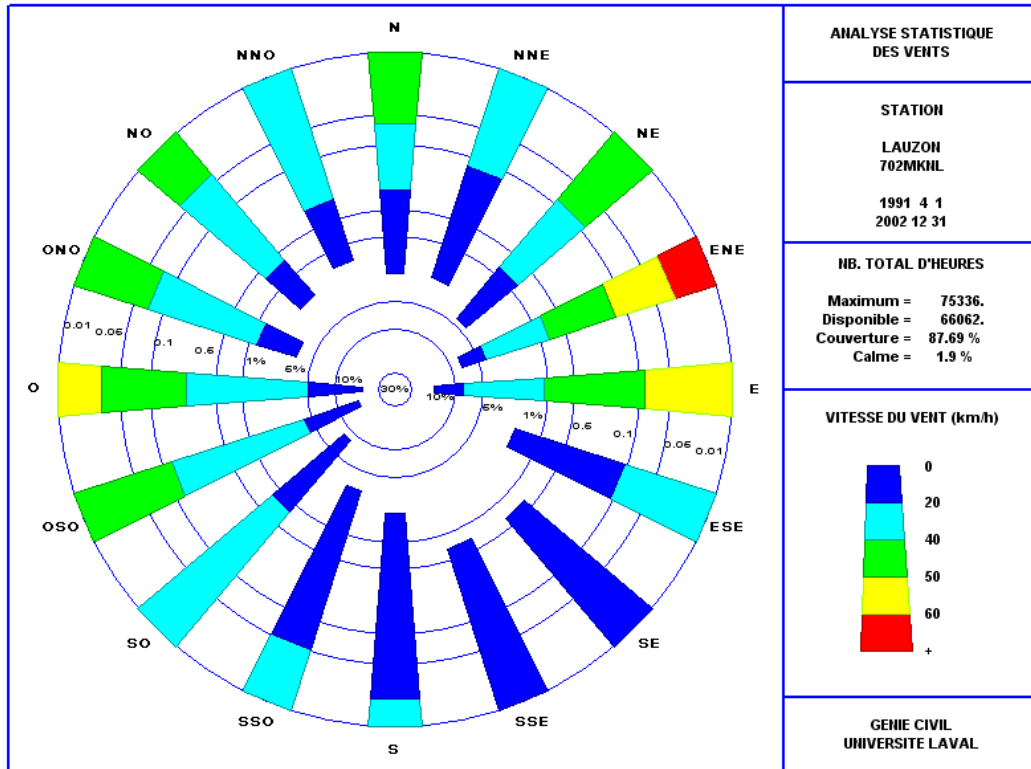


Figure 5 - Rose des vents à la station de Lauzon – Été

ANNEXE B – CALCULS DE DISTANCE

	Ligne Position	7023 Sud			7008 Milieu			7007 Sud		
		Câble	Sud	Central	Nord	Sud	Central	Nord	Sud	Central
Distance entre le câble central de chaque ligne et le câble central de la ligne sud	pieds		0			210			445	
	mètres		0			64,008			135,636	
Distance entre les câbles sud et nord et le câble central, pour chaque ligne	pieds	-45	0	45	-50	0	50	-50	0	50
	mètres	-13,716	0	13,716	-15,24	0	15,24	-15,24	0	15,24
Distance entre les câbles et le centre du réservoir GNL le plus proche	mètres	211,230	224,946	238,662	273,714	288,954	304,194	345,342	360,582	375,822

- oOo -