

**ÉTUDE DE FAISABILITÉ POUR LA TRAVERSE DU BOULEVARD
DES ENTREPRISES PAR TECHNIQUE SANS TRANCHÉES ÉMIS
PAR LA FIRME NOEX ET DATÉE DU 11 AOÛT 2017**

*Étude de faisabilité pour la traverse du boul. Des Entreprises
par technique sans tranchée*

*Poste Judith-Jasmin
Terrebonne*

Présenté à :

*M. Sylvain Perreault, Chef travaux (Lignes)
Hydro-Québec, Équipement et services partagés*

*Hydro-Québec
430, rue Ardouin
Beauport, (Québec)
G1C 5Y9*

Préparé par:



*Steve Larivière, ing.
Ingénieur-conseil, NOEX
OIQ #122 906*

Le 11 août 2017

Table des matières

1.0 Introduction.....	3
2.0 Description de la traverse.....	3
Vue de profil du dessin 4245L-65329669N	3
3.0 Étude géotechnique.....	4
Tableau résumé des forages géotechniques	4
3.1 Analyse des rapports de forages.....	5
4.0 Méthode sans tranchée - Description et résumé	5
4.1 Le forage dirigé	5
4.2 Forage horizontal.....	6
4.3 Fonçage	6
5.0 Évaluation des risques de la technique du fonçage.....	7
6.0 Durée des travaux et estimation des coûts	10
Tableau de la durée des travaux et de l'estimation des coûts	10
7.0 Conclusion	10
8.0 Limitations	11

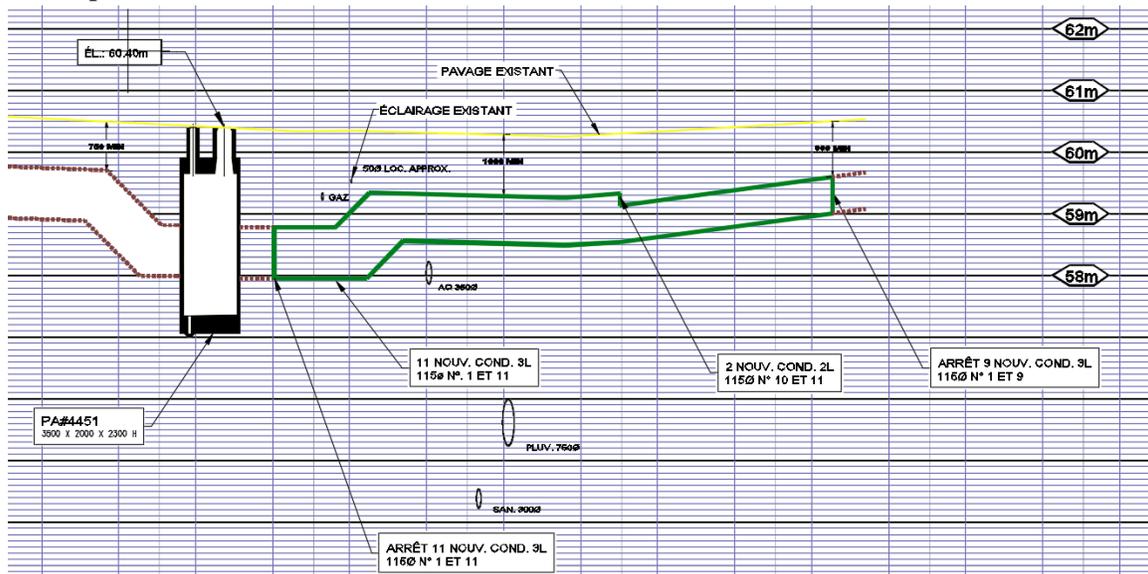
1.0 Introduction

Le projet du poste Judith-Jasmin à Terrebonne prévoit la construction de nouvelles lignes souterraines de 25 kV. Plus particulièrement dans le cadre de ce rapport, le projet inclut une traverse sous le boulevard Des Entreprises. Une gaine en PEHD 36" DR-11 ou une gaine en acier 30" avec paroi de 0,43" devra être enfouie sous ce boulevard afin d'y recevoir onze (11) conduits. Il a été demandé à NOEX d'étudier la possibilité d'installer cette gaine par technique sans tranchée.

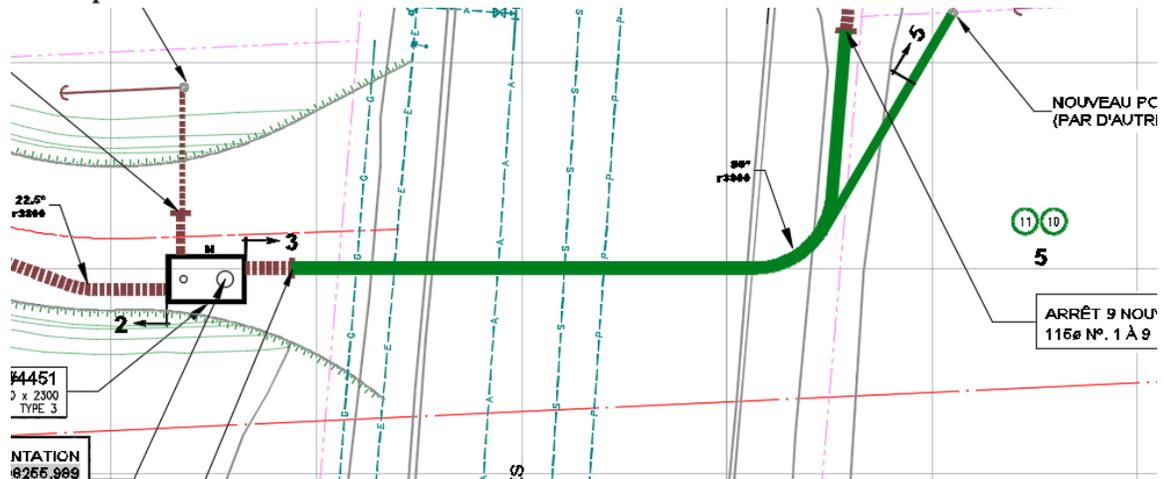
2.0 Description de la traverse

La traverse du boulevard Des Entreprises est située à $\pm 80\text{m}$ au sud de la rue Antonio Héroux. Cette traverse a une longueur approximative de 21m et sera posée à une profondeur approximative de 1m sous le pavage entre les élévations 58,5m et 59,4m. Plusieurs conduites d'utilité publique sont présentes à cet endroit, dont une conduite de gaz et un conduit d'aqueduc $\text{Ø}350\text{mm}$ qui sont particulièrement près du passage de la future gaine. Un dégagement approximatif de 300mm est présent entre la conduite d'aqueduc et la future gaine. Pour ce qui est de la conduite de gaz, celle-ci étant à l'extérieur du boulevard Des Entreprises, devra être dégagée lors des travaux afin d'assurer qu'elle ne soit interceptée par un équipement quelconque ou par le passage de la future gaine. Ci-dessous, une vue en profil et en plan de la traverse selon le dessin 4245L-65329669N fourni par Hydro-Québec.

Vue de profil du dessin 4245L-65329669N



Vue en plan du dessin 4245L-65329669N



3.0 Étude géotechnique

Un rapport intitulé " Distribution à 25 KV souterrain du poste Judith-Jasmin, Lot 2, Terrebonne, Québec" (Rapport n ° 7484-60191-002-01-0-IK-L), daté du 22 mars 2017, présente quelques données géotechniques de forages situés au nord et au sud de la future traverse. Pour fin d'analyse géotechnique de cette étude, nous avons retenus deux (2) forages situés au nord et trois (3) forages situés au sud. Les forages F-07-4-2017 et F-08-4-2017 sont à des distances respectives de ± 110m et ± 200m au nord de la traverse. Du côté sud, les forages F-14-3-2017, F-13-3-2017 et F-15-3-2107 sont situées à ± 310m de la traverse.

Tableau résumé des forages géotechniques

Forage no.	Prof. (m)	Localisation	Stratigraphie
F-07-4-2017	1,22	± 110m au nord de la traverse	Sol naturel à 0,61m composé de sable avec trace de silt compact.
F-08-4-2017	4,27	± 200m au nord-est de la traverse	Sol naturel à 0,60m composé de sable avec trace de silt de lâche à compact. Niveau d'eau à l'élévation 57,6m.
F-14-3-2017	1,22	± 290m au sud de la traverse	Terre végétale et remblai de 0,14 à 1,22m constitué de sable, un silt et trace de gravier compact avec présence de débris de bois.
F-15-3-2017	4,27	± 300m au sud-est de la traverse	Sol naturel à 0,61m composé de sable avec un peu de silt de lâche à compact devenant saturé à l'élévation 57,34.

F-13-3-2017	4,27	± 330m au sud-est de la traverse	Sol naturel à 0,61m composé de sable avec trace de silt de compact à dense.
-------------	------	----------------------------------	---

3.1 Analyse des rapports de forages

Selon les différents forages géotechniques fournis, la gaine serait enfouie dans un sol naturel constitué de sable avec trace à un peu de silt. Les mesures des niveaux d'eau dans le sol au moment des travaux de sondage se situaient à une élévation variant de 56,0 à 58,0m. Le sondage F-08-4-2017 nous indique un niveau d'eau à l'élévation $\pm 57,6m$. Donc, le passage de la future gaine serait effectué dans un sol non saturé. Cependant, le niveau d'eau est susceptible de fluctuer selon les saisons et/ou conditions climatiques. De plus, il est à noter qu'il peut y avoir des variations au niveau de la stratigraphie des sols compte tenu de la distance séparant les forages géotechniques de l'endroit de la traverse. Des informations géotechniques supplémentaires pourraient être révélées par le forage F-06-4-2016. Ce dernier avait été exécuté en 2016 du côté ouest à l'endroit de la traverse.

En ce qui concerne l'épaisseur de la fondation du boulevard Des Entreprises, aucune données géotechniques sont disponibles à cet effet. Cependant, le forage F-08-2-2107 situé sur la Rue Des Bâtisseurs indique que la limite inférieure de la fondation composée de pierre concassée se situe à 0,61m sous la surface du pavage. Cela nous indique que le passage de la gaine n'intercepterait normalement pas la couche de fondation et serait posé dans le sol naturel.

4.0 Méthode sans tranchée - Description et résumé

Le présent rapport met l'accent sur la faisabilité de la traverse selon trois (3) méthodes sans tranchée: soit le forage dirigé, le forage horizontal et le fonçage. Il compare les risques et la faisabilité de ces trois méthodes d'installation.

4.1 Le forage dirigé

Le forage dirigé est une technique dirigeable dont les opérations se font à la surface. Un trou pilote est foré à l'aide de tiges d'acier dont l'extrémité est munie d'une tête qui est dirigeable selon l'angle d'attaque de celle-ci. Par la suite, une ou plusieurs passes d'alésages seront effectuées en retirant et en repoussant les aciers du trou pilote jusqu'à l'obtention du diamètre final permettant d'insérer la conduite sans aucun obstacle. Les déblais sont évacués lors des différentes étapes par l'injection de bentonite et d'additifs

qui transportent le matériel jusqu'aux puits de départ et d'arrivée. Pour l'insertion final de conduites de 600 mm et plus, les passes d'alésages doivent être effectuées afin d'agrandir le trou à un diamètre pouvant atteindre 300 mm de plus que le diamètre extérieur de la conduite.

Cette technique n'est pas à considérer dans le cadre de ce projet car il y aura affaissement en surface causé par l'espace annulaire important entre la gaine et l'excavation final. De plus, il y aura instabilité du trou excavé compte tenu du manque de couvert entre la gaine et la surface.

4.2 Forage horizontal

Le forage horizontal est une technique non dirigeable dont les opérations se font à partir d'un puits dont la profondeur est moins de 0,3 m sous le radié de la gaine à poser. Cette technique consiste à insérer horizontalement dans le sol une conduite d'acier par poussée. La force de poussée est générée par une foreuse installée sur un système de rails. Une tête de forage est située à l'extrémité de tarières servant d'acier de forage qui sont préalablement insérées dans la conduite d'acier. Le déblayage du matériel est effectué au fur et à mesure de l'avancement du forage par la rotation des tarières à l'intérieur des conduites d'acier. Avec l'utilisation d'une tête mobile ("steering head"), celle-ci permet de maintenir la pente désirée, procurant une excellente précision dans le plan vertical.

Dans le cadre de notre projet, la technique du forage horizontal ne permet pas d'assurer qu'aucun vide ne sera engendré au pourtour de la gaine car il est extrêmement difficile de contrôler la quantité de matériel entrant à l'endroit de la tête de forage. Étant donné que nous sommes dans un sol non cohésif et que le couvert entre la gaine et la surface est faible, cette technique pourrait occasionner des affaissements et devient donc très risquée.

4.3 Fonçage

Comme le forage horizontal, cette technique est non dirigeable et les opérations se font à partir d'un puits dont la profondeur est moins de 0,3 m sous le radié de la gaine à poser. Cette technique consiste à insérer horizontalement dans le sol une gaine d'acier par percussion à l'aide d'un marteau pneumatique. C'est le même principe que l'enfoncement d'un pieu, mais sur la plan horizontal. Une fois la gaine en place, on vide cette dernière avec l'utilisation d'une tarière mécanique. Lorsque l'installation de la gaine d'acier et des équipements au fond du puits sont fait selon les règles de l'art avec un bon alignement initial, cette technique procure une bonne précision. Selon le TTC Technical Report

#2001.04 for US Army Corps of Engineers, la précision est de l'ordre de 0,1 à 0,5% sur la distance du fonçage lorsqu'une installation précise est préalablement effectuée au puits de départ.

Du fait que nous sommes en présence d'un sol sableux non saturé sans la présence de cailloux/blocs/débris, la méthode par fonçage est la technique décrite qui est le mieux adaptée au présent projet. Elle assure la meilleure stabilité de terrain compte tenu qu'un bouchon de matériel est toujours présent dans la gaine empêchant ainsi la création d'un vide annulaire entre la paroi extérieure de la gaine et l'excavation. De plus, lorsque appliqué dans des conditions de sol favorable combiné avec de bonnes méthodes de travail de la part de l'entrepreneur, le fonçage procure une précision acceptable pour ce projet. Par ailleurs, c'est la technique qui est le plus utilisée pour des insertions sous des structures à risque comme les voies ferrées et autoroutes.

5.0 Évaluation des risques de la technique du fonçage

La description des éléments à risque est un résumé de l'évaluation des risques de la traverse avant toutes mesures de mitigation.

Voici les principaux risques et les principales stratégies de mitigation développées pour minimiser les difficultés qui peuvent survenir lors de la construction. Les risques sont regroupés en fonction des différentes étapes de réalisation.

1. Excavation du puits de départ

Risque: Exécuter l'excavation du puits sous le niveau d'eau.

Mitigation(s): La technique du fonçage exige une la préparation d'une plate-forme de travail solide afin d'assurer la stabilité des équipements au fond du puits. Maintenir le niveau d'eau à au moins 0,5m sous le radier du puits. De plus, éviter la sur excavation et le remaniement inutile du sol en place. Finalement, le fond du puits devra être réalisé avec un lit de pierre net d'une épaisseur d'au moins 150mm pour faciliter le drainage et la stabilité des équipements.

2. Préparation de la gaine d'acier

Risque: Déviation de la première section de gaine d'acier.

Mitigation(s): Utiliser des sections de gaine de plus grande longueur possible afin de réduire le nombre de soudures et ainsi augmenter la précision. Utiliser une première section de gaine d'au moins 12m de long. Cela exigera un puits de départ d'au minimum 18m de long.

Risque: Création d'un vide annulaire causé par le renforcement de l'extrémité extérieure de la gaine par l'installation d'un sabot d'enfoncement.

Mitigation(s): Ne pas poser de sabot d'enfoncement. Au besoin, renforcer l'extrémité de la gaine par l'intérieur pour ne pas créer de sur excavation. S'assurer d'utiliser un marteau de puissance suffisante pour compenser la friction supplémentaire causé par l'absence du sabot d'enfoncement.

3. Fonçage de la première section de gaine

Risque: Déviation de la gaine.

Mitigation(s): Utiliser la plus longue gaine possible. S'assurer de la précision de l'alignement et de la pente du support de la gaine au fond du puits et débiter le fonçage à bas régime.

Risque: Affaissement en surface.

Mitigation(s): Remplir l'extrémité de la gaine avec du matériel avant de débiter le fonçage pour ainsi empêcher un surplus matériel d'entrer dans la gaine.

Risque: Interception de la conduite d'aqueduc Ø350mm.

Mitigation(s): **Avant d'envisager tout travaux de fonçage, confirmer l'élévation au-dessus de la conduite d'aqueduc par hydro-excavation.** Selon l'élévation de la conduite d'aqueduc et du dégagement existant, envisager la pose de deux (2) gaines de 20" de diamètre ce qui donnera un dégagement supplémentaire de 254mm.

La plupart du temps la déviation associée au fonçage est dirigée vers le bas à cause du poids de la gaine. Installer la ou les gaine(s) à une pente ascendante de l'ordre de 0,5%. Avant que l'extrémité de la ou des gaine(s) n'atteigne(nt) la conduite d'aqueduc, vider la gaine en prenant soin de

laisser un bouchon de matériel à l'avant et vérifier la pente par arpentage pour confirmer le passage de la gaine au-dessus de la conduite d'aqueduc.

Risque: Valider si l'intégrité de la conduite d'aqueduc peut être affectée par les vibrations du fonçage.

Mitigation(s): Faire évaluer par un ingénieur - conseil en contrôle de vibration l'impact des travaux sur la conduite d'aqueduc selon le type et l'état de cette dernière.

4. Soudage de la deuxième section de gaine d'acier.

Risque: Déviation de la gaine.

Mitigation(s): Les soudures doivent être exécutées de façon précise par du personnel expérimenté.

5. Travaux à proximité d'une conduite de gaz

Risque: Interception de la conduite de gaz.

Mitigation(s): Dégager la conduite de gaz à l'endroit du puits d'arrivée afin d'éviter que la gaine entre en contact avec celle-ci. Les travaux doivent être exécutés selon le Guide des travaux à proximité des installations de gaz naturel, Gazifère une société Enbridge.

Risque: Valider si l'intégrité de la conduite de gaz peut être affectée par les vibrations du fonçage.

Mitigation(s): Tel qu'exigé dans le Guide des travaux à proximité des installations de gaz naturel, une demande d'enfoncement de pieux doit être faite auprès de Gazifère. S'il y a lieu, un rapport technique avec l'analyse appropriée et prévision des niveaux de vibration devra être rédigé par un ingénieur - conseil spécialisé en contrôle des vibrations.

6.0 Durée des travaux et estimation des coûts

Tableau de la durée des travaux et de l'estimation des coûts

Options	Longueur	Coût total	Coût au m. lin	Durée travaux
Fonçage gaine 30"	21m	35 000 \$	1 666,66 \$/m	2,5 à 3,5
Fonçage 2 gaines 20"	42m	45 500 \$	1 083,33 \$/m	5 à 6
Activités connexes au fonçage gaines 30"	21m	24 950 \$	1 188,10 \$/m	2,0
Activités connexes au fonçage 2 gaines 20"	42m	37 000 \$	880,95 \$/m	4,0
Contingence pour assèchement avec pointes filtrantes fonçage gaine 30"		13 500 \$		
Contingence pour assèchement avec pointes filtrantes fonçage 2 gaines 20"		18 750 \$		

Voici ce qui est inclus dans l'estimation des activités de fonçage: Mobilisation et démobilitation des équipements, excavation et remblayage des puits, fourniture et soudure des sections de gaine, pose de la/ des gaine(s) par fonçage et déblayage de la/des gaine(s). Ce qui est inclus dans l'estimation des activités connexes au fonçage: Mobilisation et démobilitation des équipements, conduits en FRE, quincaillerie, coulis de béton, séparateurs, l'installation, l'injection du coulis et caméra.

Ce qui est **exclu** de l'estimation: Travaux d'hydro-excavation, expertise d'un ingénieur - conseil en contrôle de vibration, suivi des vibrations lors des travaux de fonçage.

7.0 Conclusion

Cette évaluation montre les risques associés à la traverse du boulevard Des Entreprises par la technique du fonçage, et s'ils sont adéquatement atténués par les moyens de mitigations proposés, cela réduit l'impact global sur le projet. Sur la base des données disponibles, il est possible de construire cette traverse par fonçage.

Il est à noter qu'une expertise supplémentaire faite par un ingénieur - conseil en contrôle et en analyse de vibration est nécessaire pour évaluer l'impact des travaux de fonçage sur la conduite de gaz et la conduite d'aqueduc. Selon les niveaux de

vibration enregistrés et/ou anticipés, des moyens de mitigations supplémentaires devront être développés à ce sujet. Pour fin de cette expertise, nous vous référons à Géophysique GPR.

8.0 Limitations

Ce rapport a été préparé en fonction de l'information spécifique du site disponible pour l'utilisation exclusive d'Hydro Québec pour la traverse du boulevard Des Entreprises par techniques sans tranchée. Aucune autre garantie n'est exprimée ou implicite et les informations présentées dans ce rapport ne doivent pas être appliquées à d'autres projets.

Bien que les conditions de sol ne devraient pas varier considérablement par rapport à celles indiquées à l'étude géotechnique fournie, il convient de noter que les caractéristiques du sol correspondent à la nature du terrain aux seuls endroits où des forages et sondages ont été effectués. Il faut considérer que ces caractéristiques peuvent varier entre deux forages ou sondages.