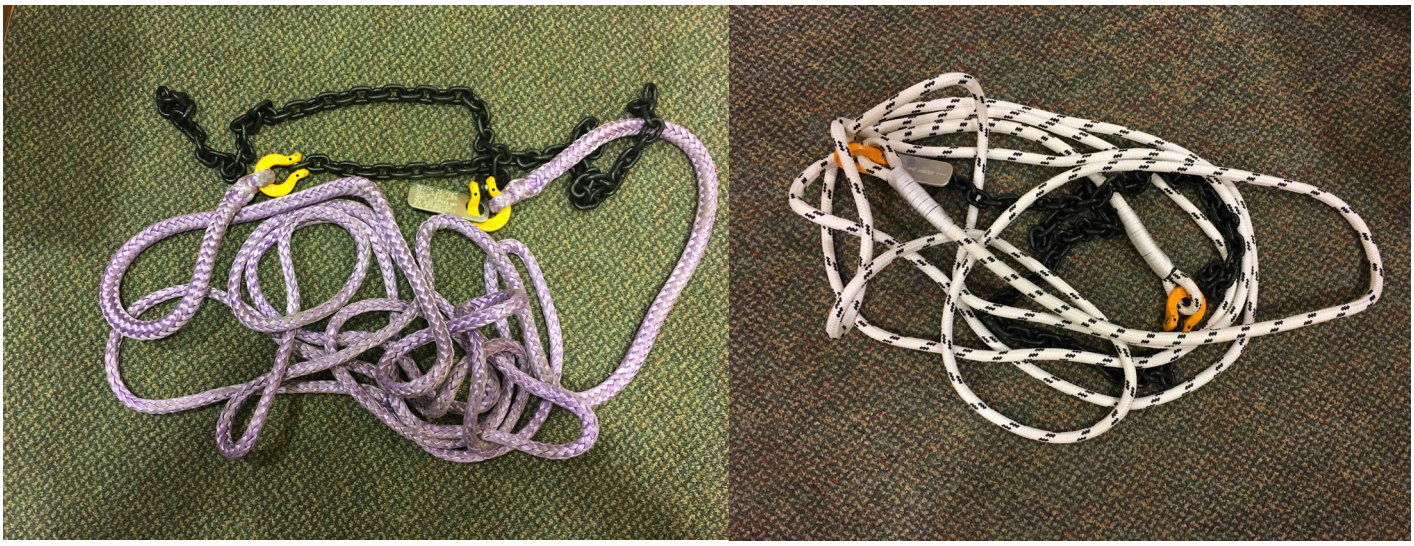
info@fpinnovations.ca
www.fpinnovations.ca



ÉVALUATION DE CÂBLES D'ARRIMAGE EN FIBRE SYNTHÉTIQUE GAINÉ DE PLUS GRAND DIAMÈTRE

Rob Jokai, A.Sc.T.

Septembre 2020

Cette étude a évalué des câbles en polyéthylène de poids moléculaire ultra élevé (PEPMUE) pour sécuriser des chargements de billes. Des tests destructifs d'échantillons de câbles usagés effectués dans un projet précédent avaient révélé que la résistance de ces câbles diminuait avec l'utilisation. Pour résoudre ce problème, le diamètre du câble synthétique a été augmenté. De plus, un autre type de câble avec une âme intérieure en PEPMUE recouverte d'une gaine de protection en polyester a été testé. La gaine extérieure protégeait le câble intérieur de la saleté et de l'abrasion, ce qui peut aider à atténuer la perte de résistance qui se produit avec l'utilisation. Les câbles ont été mis en service et testés pour la résistance à la rupture après trois et six mois d'utilisation.

Numéro de projet: 301014019

RAPPORT TECHNIQUE RT 2020N28

RÉVISEURS
Jan Michaelsen
James Sinnett

INFORMATION DE CONTACT DE L'APPROBATEUR
James Sinnett
Directeur, Transport et Infrastructure
james.sinnett@fpinnovations.ca
(604) 222-5741

INFORMATION DE CONTACT POUR L'AUTEUR
Rob Jokai
Technicien chef, Transport et infrastructure
rob.jokai@fpinnovations.ca
(604) 222-5694

Avertissement

FPInnovations ne donne aucune indication ni garantie à quiconque (personne ou entité) quant à l'exactitude, à la rectitude ou à l'exhaustivité de l'information, des données ou de l'analyse de l'information ou des données contenues dans le présent rapport, et ne fournit aucune recommandation, indication ni garantie de quelque nature que ce soit concernant le présent rapport.

Suivez-nous sur

Tables des matières

1 MISE EN CONTEXTE 2
2 OBJECTIFS 3
3 MÉTHODOLOGIE 3
3.1 Procédure des tests destructifs 3
4 RÉSULTATS 4
5 DISCUSSION 7
5.1 Gel des câbles 8
5.2 L'expérience avec les câbles gainés DT 8
5.3 Coûts 8
6 CONCLUSION 8
7 RECOMMANDATIONS 9
8 OUVRAGES CITÉS 10

Liste de figures

Figure 1. Câbles d'arrimage sécurisant un chargement de billes 2
Figure 2. Câbles dans la machine d'essai 4
Figure 3. Câbles d'arrimage pour billes faits de câble Plasma de 12,5 mm 4
Figure 4. Câbles d'arrimage pour billes faits de câble DT 5
Figure 5. Connecteur jaune utilisé pour joindre la câble DT et la chaîne 7

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats de forces de rupture pour le câble Plasma 4
Tableau 2. Résistance à la rupture de câble gainé DT de 12,5 mm neuf et usagé 6
Tableau 3. Résistance à la rupture de câbles d'arrimage en acier neufs et usagés 7

1 MISE EN CONTEXTE

Les câbles en acier avec des sections de chaîne à chaque extrémité sont couramment utilisés comme enveloppeurs ou câbles d'arrimage pour sécuriser les billes dans les remorques, comme le montre la figure 1 (le terme « câble d'arrimage » est utilisé tout au long de ce rapport et se réfère aux deux types d'applications). Ces câbles d'arrimage peuvent être lourds, ce qui rend difficile pour un chauffeur de les lancer par-dessus la charge. Certains conducteurs développent même des blessures à l'épaule en lançant les câbles d'arrimage, ce qui peut les empêcher de continuer leur travail actuel. Pour d'autres, l'incapacité de lancer les câbles d'arrimage au-dessus d'une charge peut constituer un obstacle au travail de chauffeur.

Figure 1. Câbles d'arrimage sécurisant un chargement de billes

FPInnovations avait mené une étude antérieure sur les câbles d'arrimage fabriqués à partir de câbles en polyéthylène à poids moléculaire ultra élevé (PEPMUE), communément appelés câbles synthétiques (Jokai, 2017). Cette étude avait révélé qu'après six mois ou moins d'utilisation, la résistance à la rupture des câbles diminuait, dans certains cas à moins de la moitié de la résistance initiale. Sur la base des observations faites au cours de cette étude, la diminution de la résistance semblait être au moins en partie due à la fois à l'abrasion externe (des billes) et à l'abrasion interne (due à l'intrusion de saletés à l'intérieur des fibres). Pour aider à atténuer cette perte de résistance, le rapport suggérait que les utilisateurs envisagent d'utiliser un câble de plus grand diamètre d'une ou deux grandeurs. Par exemple, un câble de 9,5 mm (3/8 po) de diamètre serait remplacée par une autre de 11,1 mm ou 12,5 mm (7/16 ou ½ po) de diamètre, tout en conservant la limite de charge du câble de 11,1 mm. Le Cordage Institute et la société Cortland (le fournisseur des câbles testés) ont suggéré que l'augmentation de la taille des câbles

pourrait être une option viable pour faire face à la perte de résistance. Cependant, ils ont indiqué que plus de travail était nécessaire pour déterminer si les câbles plus gros conservent une résistance suffisante pour en faire une option viable pour l'arrimage des chargements de billes. Puisqu'il est apparu que la cause principale de la perte de résistance était l'intrusion de saletés et l'abrasion parmi les fibres, il a été décidé d'essayer des câbles d'arrimage faits de la même matière synthétique mais avec une gaine extérieure en polyester.

2 OBJECTIFS

Les objectifs de ce projet étaient de déterminer si l'augmentation de diamètre du câble PEPMUE utilisé pour les câbles d'arrimage de chargements de billes avait un impact sur sa résistance au fur et à mesure de son utilisation, et de déterminer si les câbles gainés conservaient leur résistance et étaient mieux adaptés à une utilisation comme câbles d'arrimage que ceux sans gaine qui sont présentement utilisés.

3 MÉTHODOLOGIE

FPInnovations a travaillé avec quatre entreprises de transport de bois en Colombie-Britannique et en Alberta. De nouveaux câbles d'arrimage fabriqués à partir de câble PEPMUE de plus grand diamètre ont été achetés et fournis aux collaborateurs de l'industrie pour la période d'essai. On a demandé aux collaborateurs de retourner la moitié des câbles d'arrimage après 3 mois de service, et l'autre moitié après 6 mois d'utilisation pour des tests destructifs afin de déterminer la résistance à la rupture des câbles usagés. Les collaborateurs étaient Inwood Trucking, un entrepreneur de la division Quesnel de West Fraser, Lobar Log Transport, un entrepreneur des opérations de Canfor à Prince George, ainsi que deux entrepreneurs travaillant avec les opérations de Tolko à Slave Lake, en Alberta.

3.1 Procédure des tests destructifs

Chaque échantillon a été inspecté visuellement conformément aux «Directives d'inspection des élingues» de Cortland (Cortland Company Inc., 2011) pour déterminer son état et s'il était toujours considéré comme apte au service. Les critères pour juger qu'un échantillon ne convenait plus pour le service comprenaient une abrasion sévère (à la fois interne et externe), des brins sectionnés, une contamination aux hydrocarbures et la présence de nœuds.

Les essais de rupture ont été menés conformément aux procédures établies par le Cordage Institute et exécutées par Wesco Industries à Burnaby, en Colombie-Britannique. Chaque échantillon a été pré-tendu pour fixer le câble, et cela a été répété dix fois. Ils ont ensuite été retirés de la machine d'essai pour permettre à toute chaleur générée par le cycle de charge de se dissiper. Les échantillons ont ensuite été replacés dans la machine d'essai et lentement tendus jusqu'à ce qu'ils se cassent (figure 2).

Figure 2. Câbles dans la machine d'essai

4 RÉSULTATS

La résistance à la rupture et la longueur en service des câbles d'arrimage fabriqués à partir du câble plasma non gainé de plus grand diamètre (figure 3) sont indiquées dans le tableau 1.

Figure 3. Câbles d'arrimage pour billes faits de câble Plasma de 12,5 mm

Tableau 1. Résultats de forces de rupture pour le câble Plasma

ID de l'échantillon	Utilisation (mois)	Diamètre (mm)	Force avant rupture (kg)	Charge maximale au travail (kg)	Force résiduelle de rupture (kg, %)		Facteur de sécurité
					(kg)	(%)	
157299-2	Nouveau	12.5	14 210	1 635	14 029	99	8.6
157799-4	Nouveau	12.5	14 210	1 635	11 123	78	6.8
157299-18	3	12.5	14 210	1 635	5 448	38	3.3
157299-16	3	12.5	14 210	1 635	8 671	61	5.3

ID de l'échantillon	Utilisation (mois)	Diamètre (mm)	Force avant rupture (kg)	Charge maximale au travail (kg)	Force résiduelle de rupture (kg, %)		Facteur de sécurité
					(kg)	(%)	
157299-6	3	12.5	14 210	1 635	7 673	54	4.7
157299-1	3	12.5	14 210	1 635	8 808	62	5.4
157299-14	6	12.5	14 210	1 635	5 130	36	3.1
Inconnu	6	12.5	14 210	1 635	4 722	33	2.9
R l	6	12.5	14 210	1 635	4 903	35	3.0
R2	6	12.5	14 210	1 635	4 949	35	3.0

La résistance à la rupture des câbles de plus grand diamètre diminuait avec l'utilisation, comme on l'avait observé dans le projet précédent de FPInnovations. En général, plus les câbles étaient usés, plus ils perdaient de force ou plus ils s'affaiblissaient. Les nouveaux câbles d'arrimage avaient une résistance à la rupture de 14 210 kg. Le câble d'arrimage le plus faible s'est cassé à 4 722 kg, pour une force résiduelle de rupture de 33%. Malgré sa faible résistance résiduelle, il y avait toujours un facteur de sécurité de 2,9, basé sur une charge maximale au travail de 1 635 kg.

Les échantillons utilisés présentaient tous un certain niveau d'abrasion interne et externe due aux billes et à la contamination. La saleté s'est retrouvée piégée entre les fibres, abrasant lentement la corde, ce qui était une part de la raison de la perte de résistance. Suite à des discussions avec le fabricant et le Cordage Institute, il a été décidé d'essayer un autre type de câble, une configuration qui retenait le matériaux Plasma intérieur pour plus de solidité avec une gaine extérieure en polyester conçue pour protéger le câble intérieur, comme le montre la figure 4.

Figure 4. Câbles d'arrimage pour billes faits de câble DT

Les câbles d'arrimage pour les essais sur le terrain ont été fabriqués à partir de câble DT de Cortland et fournis à deux collaborateurs de la Colombie-Britannique pour essai. Les

échantillons ont été renvoyés à FPInnovations après trois et six mois d'utilisation pour des tests destructifs. Les résultats sont présentés au tableau 2.

Tableau 2. Résistance à la rupture de câble gainé DT de 12,5 mm neuf et usagé

ID de l'échantillon	Utilisation (mois)	Diamètre (mm)	Force avant rupture (kg)	Charge maximale au travail (kg)	Force résiduelle de rupture (kg, %)		ID de l'échantillon
					(kg)	(%)	
I2	3	12.50	9 500	1 635	5 766	0.61	3.5
I1	3	12.50	9 500	1 635	5 720	0.60	3.5
L1	3	12.50	9 500	1 635	5 720	0.60	3.5
L2	3	12.50	9 500	1 635	5 039	0.53	3.1
L3	3	12.50	9 500	1 635	4 949	0.52	3.0
I3	3	12.50	9 500	1 635	5 085	0.54	3.1
I4	6	12.50	9 500	1 635	4 949	0.52	3.0
L4	6	12.50	9 500	1 635	4 767	0.50	2.9
Nouveau	-	12.50	9 500	1 635	10 319	1.09	6.3

Tel qu'observé avec les câbles sans gaine, les câbles gainés ont également perdu de la force avec l'usage. Cependant, après six mois, la résistance moyenne à la rupture avait été réduite à 50% de la résistance initiale, alors que pour les cordes sans gaine, elle avait diminué à 35% de la résistance initiale. Le câble gainé a conservé un pourcentage plus élevé de sa résistance d'origine par rapport au câble non gainé, mais les résistances résiduelles à la rupture étaient similaires pour les deux types de câbles. En effet, le nouveau Plasma 12,5 mm avait une résistance à la rupture initiale plus élevée que le câble DT 12,5 mm. Le câble DT avait le même diamètre extérieur que le câble Plasma, mais comprenait la gaine extérieure de protection, qui était là pour protéger le câble sans augmenter de manière significative la résistance à la rupture.

Une fois les tests de rupture terminés, les échantillons de câbles DT ont été envoyés à Cortland pour une analyse plus approfondie. Celle-ci a révélé que la gaine extérieure réduisait effectivement la quantité d'abrasion intérieure, car la plupart des brins intérieurs du noyau Plasma étaient encore d'un blanc brillant. La quantité d'abrasion intérieure et extérieure n'était pas considérée comme excessive pour un câble usagé. Si la perte de résistance du câble DT continue d'être un problème, Cortland recommande d'augmenter le diamètre du câble de 12,5 mm (1/2 pouce) à 14,3 mm (9/16 pouce) de diamètre.

À des fins de comparaison, deux câbles d'arrimage en acier ont également été testés pour la rupture. Un câble d'arrimage usagé a été prélevé sur un camion de bois de la Colombie-Britannique et un nouveau câble d'arrimage en acier a été acheté. Les résultats des tests sont présentés au tableau 3.

Tableau 3. Résistance à la rupture de câbles d'arrimage en acier neufs et usagés

ID de l'échantillon	Utilisation (mois)	Diamètre (mm)	Force avant rupture (kg)	Charge maximale au travail (kg)	Force résiduelle de rupture (kg, %)		Facteur de sécurité
					(kg)	(%)	
Acier	Inconnu	7.90	4 449	Inconnu	3 314	74	Inconnu
Acier	Nouveau	7.90	4 449	3 630	4 720	106	1.3

Aucun des câbles d'arrimage en acier ne répondait à l'article 26.68 du paragraphe (4) du règlement sur la santé et la sécurité au travail de WorkSafeBC, qui exige que les câbles d'arrimage neufs aient une résistance à la rupture minimale de 5455 kg (12 000 lb), et leur utilisation n'était donc pas légale en Colombie-Britannique. Les résultats des tests sont présentés uniquement à des fins de comparaison pour illustrer que même les câbles en acier perdent de leur résistance au fur et à mesure qu'ils s'usent.

5 DISCUSSION

Avec le plus gros câble de 12,5 mm (½ pouce) de diamètre, une chaîne avec un œil plus grand était nécessaire pour que la corde puisse passer à travers l'œil. Lorsque les câbles d'arrimage ont été fabriqués, le fabricant a utilisé une chaîne de 9,5 mm (3/8 pouces) de diamètre aux deux extrémités. Cependant, cette chaîne plus grosse a rendu les câbles d'arrimage trop lourds et les collaborateurs de la Colombie-Britannique ont refusé de les utiliser. Une autre option aurait été d'utiliser une chaîne de qualité 100 de 7,9 mm (5/16 po), ce qui aurait permis d'atteindre l'objectif de limite de charge de travail de 1 635 kg. Pour le câble Plasma de 12,5 mm (½ pouce), la plupart des résultats proviennent des collaborateurs de l'Alberta qui les ont utilisés comme attaches sans chaîne à leurs extrémités.

De nouveaux câbles d'arrimage ont été fabriqués en utilisant une chaîne de qualité 100 de 7,9 mm (5/16 pouces). La chaîne plus résistante et de qualité supérieure permettait d'utiliser un diamètre plus petit que la chaîne de qualité 70. Cependant, le câble Plasma ou DT de 12,5 mm ne passait pas à travers l'œillet de la chaîne, et donc un connecteur a été utilisé (illustré à la figure 5).

Figure 5. Connecteur jaune utilisé pour joindre la câble DT et la chaîne

Si ces câbles d’arrimage sont éventuellement produits commercialement, on s'attend à ce qu'un œil plus grand puisse être ajouté au bout de la chaîne par le fabricant, ce qui éliminerait le besoin pour ce connecteur.

5.1 Gel des câbles

Pendant l'hiver, les camions se déplacent souvent à plus haute altitude pour ramasser un chargement, puis reviennent à une altitude plus basse pour livrer le bois à l'usine. Les températures peuvent être inférieures à zéro en haute altitude, mais supérieures à zéro dans les vallées. Les câbles peuvent absorber l'eau et les embruns de la route qui peuvent ensuite geler à des altitudes plus élevées. Ce fut un problème rencontré par les utilisateurs des deux types de câble. Bien que la gaine de la corde DT puisse avoir aidé à limiter l’humidité dans le noyau interne, elle ne l'a pas empêchée complètement. C'était pire lors des voyages sur des routes traitées avec des produits chimiques abats-poussière. Un collaborateur utilisant les câbles d’arrimage en câble DT a d’ailleurs cessé de les utiliser pour cette raison. Le problème de gel peut être atténué si les câbles sont stockés dans la cabine lorsqu'ils ne sont pas utilisés, ou dans un autre endroit qui les protège des embruns routiers.

5.2 L’expérience avec les câbles gainés DT

Avec les câbles sans gaine, les collaborateurs ont mentionné qu'il était difficile de tendre les câbles d’arrimage parce qu'ils semblaient avoir une élasticité excessive. Avec l'usage, les câbles sans gaine semblaient perdre leur jeu, provoquant un gonflement et un rétrécissement de la fibre, ce qui provoquait un étirement excessif. Ce n'était pas un problème avec les câbles gainés car ils ne gonflaient pas et il était facile de les serrer avec les tendeurs de charge standard. Les utilisateurs ont également noté que le câble sans gaine restait accroché aux billes lorsqu'il était enlevé de la charge. Les câbles gainés n'avaient pas ce problème. Le chauffeur de Quesnel a beaucoup aimé les câbles d’arrimage fabriqués à partir de câble DT, mais a arrêté de les utiliser en raison de leur coût élevé.

5.3 Coûts

Les prix obtenus pour les nouveaux câbles d’arrimage faits de câble DT de 12,5 mm (1/2 po) dépassaient 200 $ chacun. Le coût élevé peut être un obstacle important à l’utilisation de ces câbles d’arrimage. Si le diamètre du câble était augmenté à 14,3 mm (9/16 pouce), le prix serait encore plus élevé. Les câbles d’arrimage fabriqués à partir d'un câble Plasma de 12,5 mm (1/2 pouce) non gainé coûtent beaucoup moins cher, environ 150 $ chacun, selon leur longueur.

6 CONCLUSION

Pour les câbles d’arrimage en câble PEPMUE, augmenter le diamètre du câble tout en maintenant la limite de charge de travail était un moyen d'augmenter la résistance résiduelle à la rupture des câbles d’arrimage usagés. Avec des câbles sans gaine, la résistance résiduelle après utilisation, en pourcentage de la résistance initiale à la rupture, était similaire aux

résultats du projet FPInnovations précédent. La résistance à la rupture du câble de plus grand diamètre était plus grande, car la plus grande corde était plus forte au départ. Après utilisation, les câbles d'arrimage de chargement fabriqués à partir d'un câble PEPMUE gainé ont conservé un pourcentage plus élevé de leur résistance à la rupture. La gaine extérieure en polyester protégeait le matériau Plasma intérieur de l'abrasion et de la contamination. Le câble gainé était plus facile à serrer avec des tendeurs de charge conventionnels et ne s'accrochait pas aux billes lors de son retrait. Cependant, le gel et la contamination par les embruns de la route causaient un problème avec les câbles gainés. Ce problème peut être atténué si les câbles sont protégés des embruns de la route lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

7 RECOMMANDATIONS

Comme dans les études antérieures (Jokai, 2017; Michaelsen et Careau, 2006), cette expérience a montré que la résistance à la rupture des câbles d'arrimage fabriqués à partir de câbles en PEPMUE diminue avec l'utilisation. Il est important que les fournisseurs et les utilisateurs de câbles synthétiques soient conscients de cette situation et qu'ils tiennent compte de la diminution de la résistance qui se produit avec l'usage. Les pratiques de sécurité recommandées pour l'utilisation de câbles en fibre (Cordage Institute, 2015) recommandent de sélectionner des cordes qui répondent à un facteur de sécurité (FS) compris entre 5: 1 et 12: 1. Notez que le FS de 5: 1 utilisé par la plupart des fournisseurs de câbles synthétiques se situe au bas de cette fourchette recommandée.

Sur la base du travail effectué dans cette étude, il est recommandé d'utiliser un facteur de sécurité supérieur à huit pour les câbles sans gaine et, pour les câbles gainés, un facteur de sécurité supérieur à 6. Les deux facteurs recommandés sont à l'intérieur de la plage recommandée par le Cordage Institute. Le facteur de sécurité plus bas pour le câble gainé est attribuable au fait que la gaine aide à protéger le noyau interne des câbles de la contamination et de l'abrasion, qui semblent être deux facteurs à l'origine de la diminution de la résistance à l'usage. Si les utilisateurs ont besoin d'un facteur de sécurité plus élevé, augmenter le diamètre du câble DT de 12,5 mm (1/2 pouce) à 14 mm (9/16 pouce) ferait passer le facteur de sécurité à 7,8.

Le coût élevé des câbles d'arrimage en câble DT pourrait constituer un obstacle à leur implantation. Il faudrait poursuivre le travail avec les fabricants pour trouver des moyens de réduire leurs coûts.

8 OUVRAGES CITÉS

Jokai, R., (2017) Evaluation of Synthetic Ropes for Log Load Securement. FPInnovations, Vancouver, C.-B. Rapport Technique No. 9. 12 pp.

Cordage Institute. (2015). Guideline Cl 1401-15 - Recommended Safety Practices for Use of Fiber Rope.

Cortland Company, Inc. (2011). Plasma 12x12 sling inspection guidelines. Retrieved from http://www.cortlandcompany.com/sites/default/files/downloads/media/manuals-plasma-12x12-sling- inspection-guidelines.pdf

Michaelsen, J., Careau, M. (2006). Evaluation of UHMWPE synthetic cables for securing roundwood on trucks. FERIC, Pointe Claire, Qué. Rapport Interne IR-2006-12-18. 15 pp.

info@fpinnovations.ca
www.fpinnovations.ca

OUR OFFICES

Pointe-Claire
570 Saint-Jean Blvd.
Pointe-Claire, QC
Canada H9R 3J9
(514) 630-4100

Vancouver
2665 East Mall
Vancouver, BC
Canada V6T 1Z4
(604) 224-3221

Québec
1055 rue du P.E.P.S.
Québec, QC
Canada G1V 4C7
(418) 659-2647