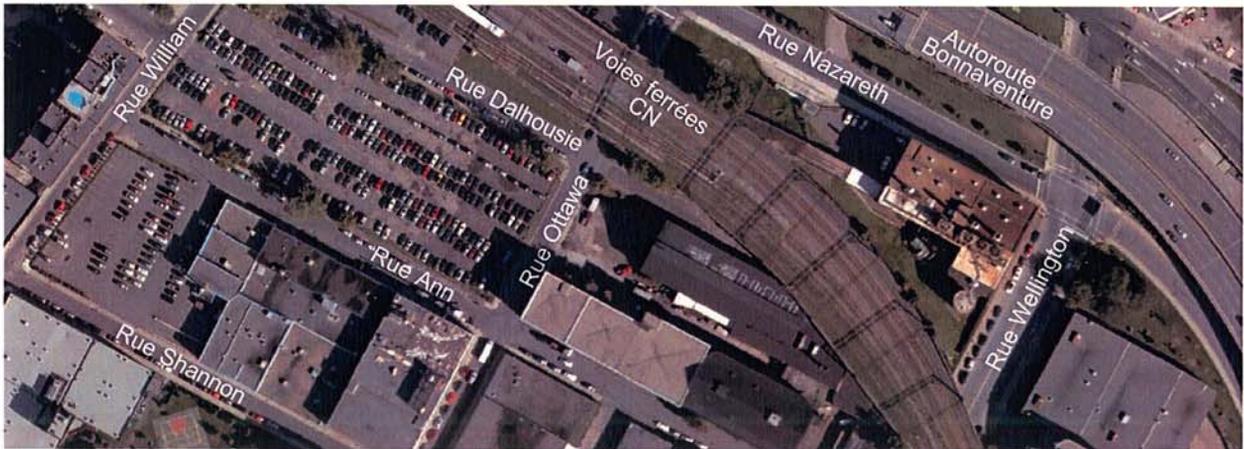




Société du Havre de Montréal

Étude de faisabilité d'un tunnel routier sous l'emprise ferroviaire du CN dans l'axe de la rue Dalhousie



Préparé par :

Consultants UMA
Place du Canada
1010, rue de la Gauchetière ouest, bureau 1400
Montréal (Québec) H3B 2N2

Personnes ressources
André Gravelle, ing.
James Rudy, ing.

No. du projet : 0431-894-27
Date : Le 26 septembre 2008



Avis de non-responsabilité

Le Rapport ci-joint (le « *Rapport* ») a été préparé par Consultants UMA (« UMA ») pour le compte de la Société du Havre de Montréal (le « Client ») conformément à l'entente conclue entre UMA et le Client (l'« Entente ») concernant les services qui y sont décrits et sous réserve des contraintes budgétaires, de temps ou de toute autre nature en plus des restrictions indiquées.

Les renseignements et les données présents dans le *Rapport*, y compris entre autres : les résultats des inspections, des échantillonnages, des essais et des analyses effectués, ainsi que toutes les conclusions tirées et les recommandations formulées par UMA (l'« Information »), représentent le bon jugement professionnel d'UMA, compte tenu des connaissances et des renseignements à sa disposition au moment de la préparation du *Rapport*. UMA n'a pas mis à jour le *Rapport* depuis la date à laquelle il a été préparé. En outre, UMA s'est fondée sur l'exactitude des renseignements qui lui ont été fournis par le Client pour élaborer ce *Rapport* et UMA n'a pas effectué une vérification indépendante de l'exactitude de ces renseignements, ni n'a été appelée à le faire. Par conséquent, UMA ne peut être tenue responsable de tout événement ou de toute circonstance qui pourrait se produire après la date à laquelle le *Rapport* a été préparé et qui pourrait avoir une incidence sur l'Information qui s'y trouve, ou de toute inexactitude contenue dans les renseignements que le Client a fournis à UMA.

UMA n'émet aucune garantie, expresse ou implicite, à l'égard du *Rapport*, de l'Information ou de toute partie de ceux-ci et UMA ne peut, du fait qu'elle prépare ou produit le *Rapport* et l'Information, être réputée avoir déclaré que le *Rapport* ou l'Information est exact, exhaustif, complet ou applicable à un usage particulier autre que dans le cadre de l'étendue des services décrite dans le Contrat.

Sauf si la loi prescrit le contraire, le *Rapport* et l'Information sont confidentiels et, à moins qu'UMA et le Client n'en conviennent autrement, sont utilisés uniquement par le Client, ses dirigeants et ses employés qui sont les seuls à s'y fier, sous réserve des restrictions exposées précédemment. UMA n'accepte aucune responsabilité envers d'autres parties que le Client qui peuvent avoir accès au *Rapport* ou à l'Information et décline toute responsabilité de quelque nature que ce soit, liée à tout préjudice, perte ou dommage subi par ces parties et découlant de leur utilisation du *Rapport* ou de toute Information, du fait de s'y être fiées ou de toute décision ou mesure prise fondée sur le *Rapport* ou toute Information, à moins que ces parties, avant d'utiliser le *Rapport* ou l'Information ou de s'y fier, n'aient obtenu le consentement écrit exprès d'UMA et du Client les autorisant à utiliser le *Rapport* ou l'Information ou à s'y fier et n'aient signé une *Entente* relative à l'utilisateur autorisé selon la forme fournie ou convenue par UMA.

Ce présent *Avis de non-responsabilité* est joint au *Rapport* et en fait partie intégrante.

© 2008 CONSULTANTS UMA. TOUS DROITS RÉSERVÉS.

LE PRÉSENT DOCUMENT EST UN OUVRAGE CONFIDENTIEL NON PUBLIÉ, PROTÉGÉ PAR LES LOIS SUR LES DROITS D'AUTEUR ET LES SECRETS COMMERCIAUX. LE PRÉSENT DOCUMENT ET LES RENSEIGNEMENTS QU'IL CONTIENT NE PEUVENT ÊTRE DIVULGUÉS, UTILISÉS NI REPRODUITS DE QUELQUE MANIÈRE NI À QUELQUE FIN QUE CE SOIT, SAUF AVEC L'AUTORISATION ÉCRITE DE CONSULTANTS UMA».

Registre de révisions

RÉVISION	DATE	ÉDITION / DESCRIPTION DE LA RÉVISION EFFECTUÉE
No. 1	26 août 2008	Option 1 modifiée suite aux entretiens avec les parties prenantes.
No. 2	22 sept 2008	Textes modifiés suite à l'analyse par le CN.
No. 3	24 sept 2008	Textes modifiés suite à l'analyse par le CN.

Page réservée aux signatures

RAPPORT PRÉPARÉ PAR :	RAPPORT RÉVISÉ PAR :
	
ANDRÉ GRAVELLE, ING. DIRECTEUR DE LA CONCEPTION CONSULTANTS UMA	JAMES RUDY, ING. DIRECTEUR, STRUCTURES CONSULTANTS UMA

TABLE DES MATIÈRES

AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ

PAGE RÉSERVÉE AUX SIGNATURES

1.0	RÉSUMÉ.....	1
2.0	MISE EN CONTEXTE.....	3
3.0	PRÉMISSSES DE CONCEPTION.....	7
4.0	CRITÈRES DE CONCEPTION.....	10
5.0	APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	11
	5.1 Option 1.....	11
	5.2 Option 2.....	12
	5.3 Option 3.....	13
6.0	CONCLUSION.....	14

LISTE DES ANNEXES

Annexe A - Plans

1.0 Résumé

Ce rapport donne les résultats préliminaires de l'étude de faisabilité d'un tunnel routier sous l'emprise ferroviaire du CN dans l'axe de la rue Dalhousie pour l'aménagement d'une voie bidirectionnelle réservée au transport en commun. L'étude, entreprise par le CN pour le compte de la Société du Havre de Montréal, est effectuée par les Consultants UMA | AECOM.

L'expertise comporte deux phases d'analyse. Le but de la première phase (avant-projet préliminaire) est de déterminer la praticabilité de rétablir la rue Dalhousie sous les voies du CN et, dans l'affirmative, de définir le concept et la stratégie de réalisation les mieux adaptés aux circonstances. L'étendue du mandat est de poser la problématique du projet, identifier les solutions envisageables, déterminer les moyens à mettre en œuvre et, le cas échéant, recommander une méthode de construction. En fonction des résultats de ce premier exercice, il est prévu d'entreprendre une deuxième phase d'analyse (avant-projet définitif) pour affiner le concept retenu, en développer les composants et en déterminer les paramètres avec une plus grande précision.

Le présent rapport se rapporte à l'avant-projet préliminaire (APP). Conformément au mandat, il situe le projet dans son contexte, étale les méthodes d'analyse, explique les prémisses et critères de conception, décrit l'approche méthodologique, tire des conclusions et suggère une orientation pour la poursuite des études. Trois méthodes de construction sont considérées. La première option consiste à réaliser tous les travaux à ciel ouvert. Elle requiert la déviation du trafic à l'intérieur de l'emprise actuelle pour permettre l'enlèvement des voies du faisceau de voies principales dans la zone d'excavation. La seconde option consiste à pré-construire une section de tunnel sur un radier de guidage pour ensuite le pousser en place par la technique de l'auto-fonçage. Le reste du tunnel est coulé en place à ciel ouvert. Cette méthode comporte l'avantage de limiter les dérangements sur les voies principales, mais s'avère onéreuse et soulève des questions quant à l'efficacité de l'opération en sol incongru. Elle est déconseillée pour ces raisons. La troisième option consiste à aménager une partie du tunnel à ciel ouvert, puis compléter la construction en érigeant des ponts temporaires pour soutenir les voies principales. Effectuée la nuit, cette méthode comporte également l'avantage de limiter les dérangements sur les voies principales mais la multiplicité des pieux pose des problèmes d'excavation, de coffrage et de bétonnage.

Il ressort de cette expertise que la faisabilité du projet dépend beaucoup de facteurs extrinsèques à l'ouvrage en soi. Premièrement, le mur du talus ferroviaire est accolé à la façade d'une bâtisse patrimoniale sur le front d'attaque pour le percement du tunnel. De toute évidence, cette bâtisse est protégée en vertu de la *Loi sur les biens culturels*, ce qui impose des obligations et des exigences particulières relatives aux aménagements connexes susceptibles de modifier l'apparence extérieure de l'immeuble. Deuxièmement, un système d'électrification par caténaire surplombe le talus. Comme les portiques prennent assise sur le mur en question et que les fils de contact doivent être retirés pour libérer le chantier, ce système devra être enlevé pendant la construction puis replacé. Or il s'agit d'une installation unique en Amérique, de technologie européenne, pour laquelle il existe peu d'expertise locale, tant pour ce qui est de la conception que de la construction. Troisièmement, le faisceau de voies ferrées à cet endroit donne accès à la Gare Centrale pour les services de proche banlieue de l'AMT, les services nationaux de VIA Rail et les services internationaux de Amtrak. Le réseau est très achalandé et sa configuration actuelle ne peut être réduite sans entraîner des modifications d'horaire et des retards

d'exploitation considérables. De plus, le détournement des voies hors du tracé actuel n'est pas envisageable puisque l'emprise se situe dans une trame urbaine cernée par une centrale d'énergie à caractère stratégique et un immeuble patrimonial. Ces trois aspects influent non seulement sur les concepts pour l'aménagement du tunnel mais aussi sur les moyens à mettre en œuvre pour obtenir les autorisations nécessaires. Ce sont des contraintes que l'on devra résoudre avant de se prononcer sur la praticabilité du projet à l'intérieur d'un budget et d'un calendrier donné.

Le cas échéant, la construction du tunnel à ciel ouvert (option 1) est la solution technique la mieux adaptée dans le cas présent. Cette méthode, connue et éprouvée, s'avère la plus simple, la plus sûre et la moins coûteuse sur la foi des données disponibles. Susceptible de perturber l'horaire des trains et d'engendrer des retards tout au long de la construction, cette option pourrait toutefois être non recevable si les études par simulation ne sont pas concluantes. Dans l'éventualité d'un refus de dévier le trafic, la troisième option (ponts temporaires) constitue une solution de rechange acceptable.

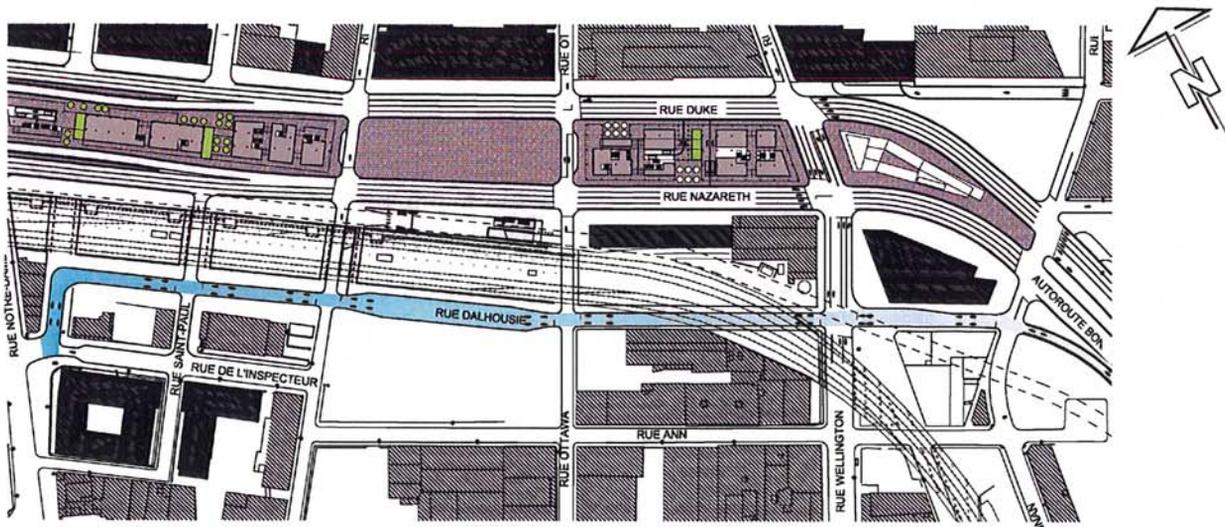
L'ordre de grandeur des coûts d'immobilisation s'établit entre 15 et 20 millions \$. La poursuite des études en avant-projet définitif (APD) permettrait de définir davantage les paramètres du concept retenu, de simuler la marche de trains sur les voies déviées, d'approfondir la conception des ouvrages, de déterminer la séquence de réalisation, d'établir un échéancier d'implantation et d'estimer les coûts aux niveaux de précision et de confiance nécessaires à la prise de décision quant à la poursuite du projet. Bien que Consultants UMA | AECOM ait amorcé le processus de consultation durant cette première phase d'étude, les propositions contenues dans ce rapport n'ont pas fait l'objet de validation auprès du CN et des autres parties prenantes, et n'engagent ces derniers d'aucune façon à ce stade du projet. Étant donné les points soulevés plus haut, la validation du projet par les intervenants constitue le volet déterminant de l'avant projet définitif.

2.0 Mise en contexte

La Société du Havre de Montréal (SHM) est un organisme sans but lucratif mis sur pied en octobre 2002, à la suite des recommandations du Sommet de Montréal. La SHM relève d'un conseil d'administration représentatif des milieux concernés par le développement et l'aménagement du havre de Montréal. Elle a pour mission de proposer pour le havre et les espaces urbains qui l'entourent, les grandes lignes d'un plan de développement et d'aménagement concerté, le tout assorti d'une structure de mise en œuvre et d'une stratégie de financement.

Une grande partie des efforts de la SHM au cours des derniers mois ont été consacrés à faire progresser l'état des connaissances sur le projet de réaménagement de l'autoroute Bonaventure, à l'entrée du centre-ville. Dans le cadre de ce projet, la SHM envisage la possibilité de prolonger la rue Dalhousie sous l'emprise du CN afin de créer une voie prioritaire pour le transport collectif. À l'heure actuelle, les autobus de l'AMT en provenance de la Rive-Sud empruntent la sortie Wellington de l'autoroute Bonaventure au niveau du bassin Peel et poursuivent leur trajet sur la rue Duke jusqu'à la rue William où ils passent sous les voies élevées jusqu'à la rue de l'Inspecteur, par laquelle ils ont un accès privilégié au terminus centre-ville du 1000 de la Gauchetière.

Les études de circulation ont révélé qu'un trajet empruntant la rue Ann à partir de la rue Wellington s'avérait mieux adapté à ce service express. Cependant, la vocation résidentielle des propriétés le long de la rue Ann et l'efficacité d'un tracé encore plus rectiligne pour l'exploitation des bus articulés, militent en faveur d'un parcours alternatif utilisant la rue Dalhousie de bout en bout. Cela nécessite le prolongement de la rue Dalhousie à travers le talus ferroviaire entre les rues Ottawa et Wellington, et son extension au-delà de la rue Brennan comme montré au plan d'aménagement qui suit.

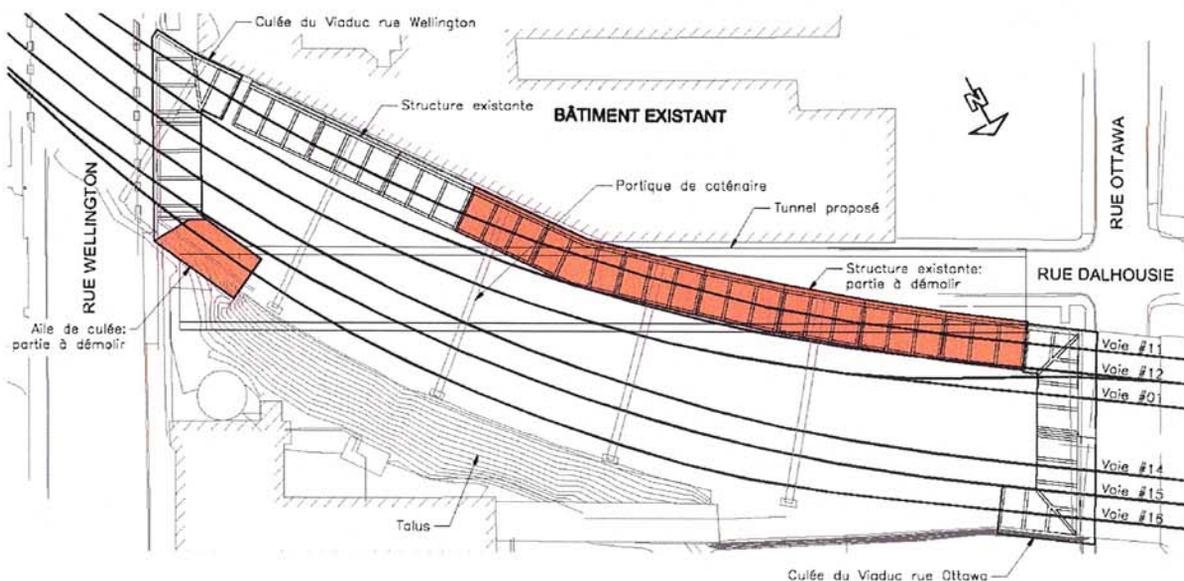


L'emprise surélevée du CN dans l'axe de la rue Dalhousie héberge six (6) voies qui s'incurvent vers la Gare Centrale. Ces voies surplombent le sol avoisinant d'environ 9.8 mètres. L'axe de la rue Dalhousie traverse l'emprise du CN dans un angle de 24 degrés sur une distance de l'ordre de 140 mètres entre les rues Ottawa et Wellington (points milliaires 73.57 et 73.45 respectivement, subdivision St-Hyacinthe).

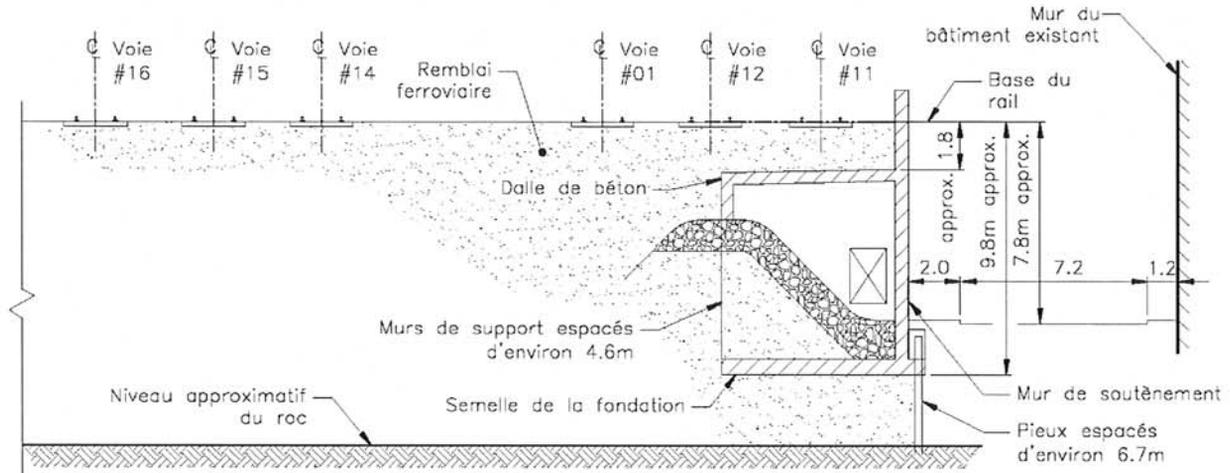
À cet endroit, les voies sont utilisées exclusivement par les trains de voyageurs de VIA Rail, de Amtrak et de l'Agence métropolitaine de transport. Le faisceau du côté est (les voies 14, 15 et 16) accueille les services inter-cités Montréal-Ottawa-Toronto (31 trains par jour, plus les manœuvres), les services internationaux Montréal/New-York (2 trains par jour) et les services de proches banlieues Montréal/St-Hilaire (8 trains par jour). Le faisceau du côté ouest (les voies 11, 12 et 01) sert principalement d'arrière gare aux trains qui assurent le service Montréal/Deux-Montagnes (49 trains par jour, plus les manœuvres). Ces trois (3) voies sont électrifiées à 25 kv par un système caténaire constitué de fils de contact suspendus à des portiques d'acier qui enjambent l'emprise de part en part.

La rue Dalhousie été bloquée à la circulation en 1939 comme résultat de la surélévation des voies et l'étagement des rues Ottawa et Wellington. Du côté ouest de l'emprise, une structure de béton armé s'étend sur 135 mètres entre les culées des deux viaducs. Cette structure a pour fonction de soutenir les voies ainsi que les poteaux des portiques de caténaire qui y prennent ancrage. Le bâti comporte une semelle de fondation sur toute sa longueur, soutenue par des pieux appuyés au roc. Sur la semelle est érigé un mur de soutènement ainsi qu'une série de murs transversaux espacés d'environ 4.6 mètres. Une dalle de béton sur ces murs transversaux couvre toute la longueur de la structure, créant ainsi des espaces vides à l'intérieur de la structure. La dalle est située à environ 1.8 mètres sous le niveau de la voie ferrée et un remblai de pierre remplit partiellement l'espace libre sous la dalle de béton.

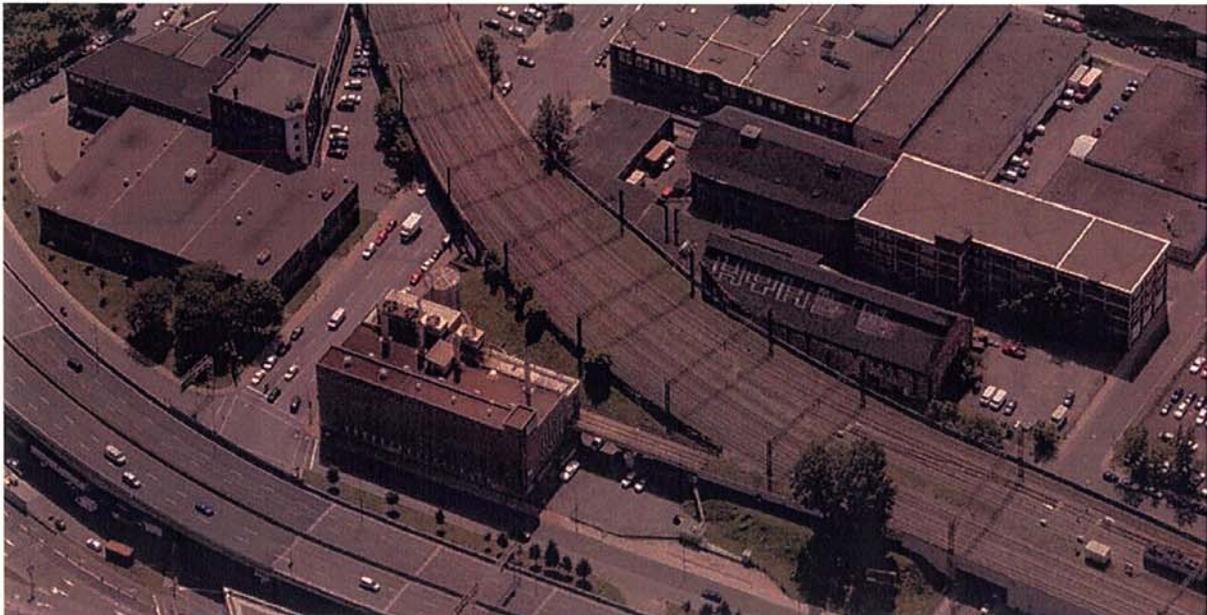
Le diagramme suivant schématise l'emplacement de cette structure, en plan. On voit que le prolongement de la rue Dalhousie entraîne la démolition d'une large partie de cette structure, ainsi qu'une aile de culée du viaduc Wellington. L'aménagement du tunnel exige également le démantèlement temporaire de trois portiques de caténaire.



Le diagramme suivant montre une section type de la structure. L'extrémité ouest est un mur vertical sur pieux qui longe la façade latérale d'un immeuble de valeur patrimoniale exceptionnelle, situé au 172 de la rue Dalhousie (New City Gas Company building). Ce mur, d'une hauteur totale de 11 mètres, surplombe le niveau des voies actuelles.



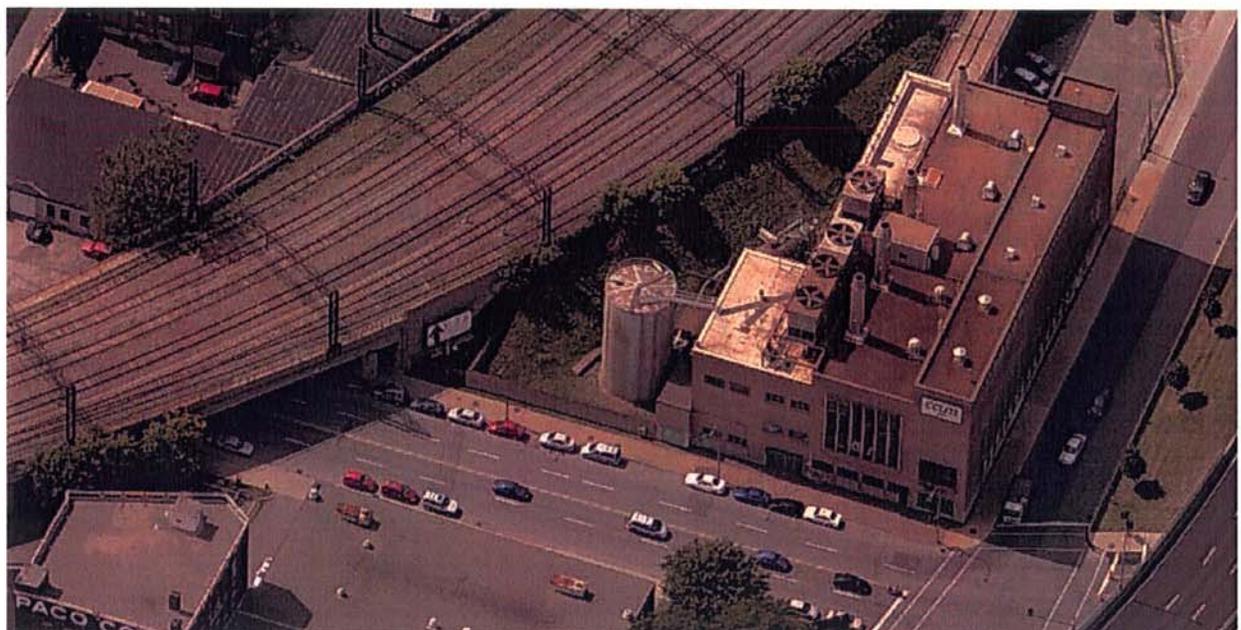
La photo suivante donne une excellente vue d'ensemble du tissu urbain dans lequel s'insère l'emprise ferroviaire. Dans le coin inférieur droit, on aperçoit l'intersection des rues Ottawa et Dalhousie ainsi que la bâtisse patrimoniale accolée au mur des voies élevées. De l'autre côté se trouve la centrale thermique de la CCUM (Climatisation et Chauffage Urbains de Montréal). On distingue l'autoroute Bonaventure au premier plan. Les viaducs Ottawa et Wellington sont clairement visibles, ainsi que les portiques de caténaire qui surplombent les voies ferrées.



La photo suivante montre la convergence du mur ferroviaire et de la façade de l'immeuble patrimonial le long du cul-de-sac Dalhousie.



La photo suivante montre le coin sud-est du viaduc Wellington et l'aile de culée située dans l'axe du tunnel à l'étude. À noter la pente de talus de ce côté de l'emprise.



3.0 Prémises de conception

Les prémisses de conception expliquent le fondement des propositions contenues dans ce rapport. Elles énoncent les principes et les hypothèses sur lesquels s'appuie l'analyse, et font ressortir les points saillants des diverses options considérées pour la construction du tunnel.

Le défi de ce projet est de réaliser l'ouvrage en préservant l'intégrité des services ferroviaires actuels. Puisque l'emprise se situe dans une trame urbaine cernée par une centrale d'énergie à caractère stratégique et un immeuble patrimonial, le détournement des voies hors du tracé actuel n'est pas envisageable. Mais comme l'AMT fait rarement usage des trois (3) voies du faisceau ouest (les voies 11, 12 et 01) au-delà de la rue Ottawa, celles-ci peuvent être temporairement enlevées pour aménager une grande partie du tunnel à ciel ouvert, sans nuire à l'exploitation des services actuels sur aucune des voies. Au nord de la rue Ottawa où sont garées les rames Deux-Montagnes (voies 11 et 12) et St-Hilaire (voie 01), le diagramme d'exploitation indique une longueur utile de 440 mètres pour la voie 11, de 370 mètres pour la voie 12 et de 360 mètres pour la voie 01. Cette dernière sert également de voie d'évacuation en cas d'alerte à la Gare Centrale. Puisque les trains de l'AMT forment des convois ne dépassant pas 285 mètres, la proposition est tout à fait raisonnable.

Au plan des coûts et des impacts sur l'entourage, une telle stratégie s'impose d'elle-même car le projet est pratiquement irréalisable autrement. La seule façon judicieuse d'amorcer les travaux est de percer un front d'attaque à travers le mur dans l'axe de la rue Dalhousie et de démanteler la structure qui s'y trouve. Indépendamment de la méthode de construction considérée, le chantier est d'abord libéré par la mise hors tension et l'enlèvement des conducteurs de caténaire à partir du portique numéro 13, lequel repose sur la culée sud du viaduc de la rue Ottawa. Il est nécessaire d'isoler et d'ancrer solidement ce portique pour permettre le retrait des fils de contact. À noter que le concept ne prévoit pas la désactivation d'une zone tampon en amont du portique 13. Ce travail accompli, on procède au démantèlement des trois (3) portiques situés à l'intérieur du chantier (portiques 14, 15 et 16) et à l'aménagement des murs de soutènement temporaires couvrant la surface à protéger. L'enlèvement des voies 11, 12 et 01 et la pose d'un mur de soutènement permettent de démolir la structure enfouie dans le talus, de déblayer le passage, de coffrer et de bétonner la première partie du tunnel, pour finalement remblayer et replacer les voies 11, 12 et 01.

La suite dépend de la recevabilité d'une séquence de détournement temporaire du trafic ferroviaire pour compléter le travail à ciel ouvert. Si aucune déviation n'est acceptable, il faut faire appel à des techniques souterraines. Les descriptions suivantes résument les techniques et procédés envisagés dans tous les cas. Elles sont reprises en détail plus loin en rapport avec les plans que l'on trouve en Annexe A.

La première option consiste à compléter la construction du tunnel à ciel ouvert. Elle requiert la déviation du trafic d'un faisceau de voies à l'autre entre le canal Lachine et la Gare Centrale pour permettre l'enlèvement des voies 14, 15 et 16 dans la zone de travail. Quant à la suite des travaux, une fois le trafic dévié, on procède à l'installation des murs de soutènement puis au déblayage, coffrage, bétonnage et remblayage. À noter qu'il faut démolir une partie de la culée du viaduc Wellington pour achever le tunnel. Les voies 14, 15 et 16 remplacées, la circulation peut être rétablie. Les dernières activités consistent à poser les éléments de caténaire, enlever l'aiguillage temporaire et rétablir les alignements.

La difficulté de cette option est d'élaborer un plan de contournement recevable par toutes les parties prenantes. Deux possibilités ont été analysées :

- La déviation la plus simple consiste à utiliser les infrastructures actuelles pour réacheminer, de la voie 15 à la voie 14, les trains qui se dirigent vers la Gare Centrale en empruntant la bretelle de traversée double (*double crossover*) qui se trouve au nord de la Tour Wellington, puis bifurquer sur la voie 01 par l'aiguillage de la rue Peel. Les trains réintègrent la voie 14 par l'aiguillage temporaire installé au nord de la rue Ottawa, puis les voies 13, 15 et 16 par les aiguillages existants. Le parcours dans les deux directions devient alors $15 \leftrightarrow 14 \leftrightarrow 01 \leftrightarrow 14 \leftrightarrow 15 \leftrightarrow 16$ comme montré au diagramme d'exploitation du dessin AA804-73.50-1.03 en Annexe A. Ces modifications laissent intactes les voies 11, 12 et 01 consacrées au positionnement des rames Deux-Montagnes et St-Hilaire à l'extérieur de la Gare Centrale. Elles ont toutefois pour effet de créer un entonnoir qui réduit à une seule voie l'accès à la Gare Centrale pour tous les trains de VIA Rail, de l'AMT et de Amtrak. On peut conclure d'ores et déjà que les exploitants rejeteront d'entrée de jeu cette configuration parce qu'elle entraîne des retards irrécupérables.
- Une déviation moins dérangeante consiste à préserver deux voies de bout en bout en les réalignant comme schématisé (pour fins d'illustration seulement) au dessin AA804-73.50-1.03a. Cette disposition, dont la géométrie reste à définir, réduit dans une moindre mesure la capacité et la souplesse du réseau. Elle entraîne toutefois la perte des voies de garage 12 et 01, ce qui pose un problème non négligeable pour l'AMT. Puisque les réalignements ne peuvent s'effectuer à l'aide d'aiguillages, toutes les modifications de voie devront être faites la nuit. Les premiers examens de validation laissent entrevoir beaucoup d'appréhension du côté des intervenants, surtout pour ce qui est du phasage des travaux. Des simulations détaillées seront nécessaires pour bien évaluer la situation et obtenir l'aval des exploitants.

La deuxième option consiste à compléter le tunnel par une méthode souterraine fondée sur la technique de l'auto-fonçage. À l'instar de l'option précédente, les voies 11, 12 et 01 sont d'abord enlevées, le mur de soutènement est posé, la structure qui sous-tend les voies est démolie, le passage est déblayé et une section de tunnel est construite. Contrairement à la première option, cette section n'est pas coulée en place mais plutôt posée sur un radier de guidage pour être poussée à travers le remblai jusqu'à l'aile de la culée Wellington. La structure est donc préconstruite puis glissée sous les voies 14, 15 et 16 par l'action alternée d'une poussée horizontale (à l'aide de vérins) et d'un terrassement à l'avancement (par une excavation en taupe). Le haut de la structure est en forme de casquette pour lui donner une forme effilée. Une fois que le cadre du tunnel a un peu progressé dans le talus, des petites grues passent sous la voûte et enlèvent la terre présente à l'intérieur pour l'évacuer hors du site par convoyeur. Au fur et à mesure que les grues enlèvent la terre, les vérins avancent la structure. Ce travail complété, la partie frontale du tunnel est coffrée et coulée sur place, le talus est remblayé, les voies 11, 12 et 01 sont remplacées et les caténaires sont rétablies. Un problème de taille demeure : la traversée de la culée du viaduc Wellington sur laquelle les voies 15 et 16 reposent. Un réalignement de la rue Dalhousie permettrait d'éviter cet écueil. Sinon, il faut interrompre l'exploitation sur les voies 15 et 16 et détourner le trafic sur la voie 14 durant la démolition de l'aile et l'achèvement du tunnel. Les aiguillages actuels permettent ce détour qui a pour effet de réduire la capacité et la robustesse du réseau. Peu connue et rarement utilisée en milieu ferroviaire, la technique de l'auto-fonçage apparaît comme un dernier recours pour l'aménagement d'un tunnel sous les voies principales du CN. De plus, il appert que le remblai du

talus sous les voies 14, 15 et 16 soit plutôt hétérogène et peu cohésif, ce qui rend l'excavation en taupe problématique. De telles conditions provoquent des affaissements et entraînent beaucoup de jointoiement et de ragréage pour remplir les vides et assurer la stabilité. Pour toutes ces raisons, l'option 2 est déconseillée dans le cas présent.

La troisième option consiste à compléter le tunnel par une méthode souterraine fondée sur la technique des ponts temporaires. Plusieurs activités peuvent être effectuées en parallèle. On procède d'abord à l'enfoncement de pieux de fondation jusqu'au roc pour soutenir les voies 14, 15 et 16. Les pieux, fichés à travers les voies à intervalles de 5 mètres, sont regroupés en palées de 5 pals sur lesquelles repose un chapeau. Des longerons sont placés sous les traverses de la voie pour transmettre les charges aux chapeaux et aux pieux. Comme résultat, les voies reposent sur des tabliers ajourés, qui eux-mêmes sont appuyés sur les palées de pieux, si bien que le talus devient redondant et peut être excavé. Quelque 75 pieux sont nécessaires pour soutenir les trois voies dans l'axe du tunnel. En même temps, les voies 11, 12 et 01 sont enlevées, le mur de soutènement est posé, la structure qui sous-tend les voies est démolie et le passage est déblayé. L'excavation du remblai permet de coffrer et bétonner la structure jusqu'à l'aile de coulée du viaduc Wellington. Comme précédemment, il faut interrompre l'exploitation sur les voies 15 et 16 et détourner le trafic sur la voie 14 durant la démolition de l'aile afin de parachever le tunnel. Par la suite, il faut retirer les pieux qui se trouvent à l'intérieur du tunnel et jointoyer les surfaces avant de remblayer l'excavation, après quoi les voies 11, 12 et 01 et les caténaires sont replacées. Tout compte fait, l'aménagement de ponts temporaires s'avère une solution ardue, d'autant plus qu'en raison du trafic ferroviaire, le pilonnage doit être exécuté la nuit. L'option 3 est néanmoins une solution de rechange envisageable dans l'éventualité d'un refus de dévier le trafic.

4.0 Critères de conception

Les critères de conception spécifient les normes, règles et pratiques applicables dans l'élaboration des plans pour la réalisation du projet. Ils comprennent également les instructions particulières des parties concernées quant à la morphologie et la fonctionnalité des ouvrages.

Aux fins de l'avant-projet préliminaire, on prévoit un tunnel de même largeur que la rue actuelle, soit un aire de roulement de 7.2 mètres, bordé de trottoirs de 2 mètres. La hauteur libre est de 5.3 mètres. L'orientation géodésique est comme montré aux plans de la Société du Havre et les côtes aux points d'entrée et de sortie sont celles des pavés existants. Pour ce qui est de la structure proprement dite, les spécifications techniques doivent se conformer aux normes de l'American Railway Engineering & Maintenance of Way Association (AREMA). Les normes et les bonnes pratiques courantes du CN doivent également être respectées.

Pour la structure permanente ainsi que les étaitements temporaires, la charge vive applicable pour la conception du tunnel sera le chargement Cooper E90.

Les concepts et travaux de voie, de signalisation et d'électrification sont soumis à la réglementation ferroviaire en vigueur au Canada et aux standards et pratiques du CN. Les conditions particulières de ce projet imposent des contraintes spéciales. À titre d'exemple, la proximité du tunnel à la façade de la bâtisse patrimoniale pourrait exiger un traitement architectural. À ce sujet, le concept structural mis de l'avant dans le présent rapport consiste à juxtaposer des colonnes et à ajourer la voûte du tunnel. Les Consultants UMA | AECOM devront faire appel à un cabinet d'architectes pour élaborer cet aspect de l'avant projet définitif. Ils devront également modéliser la configuration des voies entre la Tour Wellington et la Gare Centrale, et calibrer le logiciel RTC pour simuler la marche des trains sur les parcours déviés. Pour ce qui est de la validation, la dialectique avec les nombreux intervenants est un processus interactif qui doit être entrepris au plus tôt et qui requiert passablement de temps et d'effort. Ces activités, non prévues à la proposition initiale, augmenteront sensiblement les frais d'honoraires.

5.0 Approche méthodologique

5.1 Option 1

L'option 1 permet de construire le tunnel à ciel ouvert. Elle exige la déviation du trafic ferroviaire d'un faisceau de voies à l'autre. La séquence de réalisation, décrite ci-après, est illustrée sur les dessins AA804-73.50-1.01, AA804-73.50-1.02, AA804-73.50-1.03 et AA804-73.50-1.03a en Annexe A.

- Désactiver les lignes de caténaire au-dessus du chantier par l'isolation et l'ancrage du portique 13.
- Déposer les fils de contact des caténaires entre le portique 13 et le portique 18.
- Démanteler et enlever les portiques de caténaire 14, 15 et 16 entre la rue Ottawa et Wellington.
- Déposer les voies 11, 12 et 01 ainsi que la jonction simple, comme montré à la phase 1 du dessin AA804-73.50-1.02.
- Construire un mur de soutènement temporaire de type «berlinois» entre les voies 01 et 14 comme montré à la phase 1 du dessin AA804-73.50-1.02. Des pieux métalliques sont d'abord forés et encastrés au roc. Par la suite, des madriers de bois sont insérés entre les pieux au fur et à mesure de l'avancement de l'excavation. La hauteur des murs (≈ 12 à 16 mètres) nécessite l'ajout d'ancrages au roc reliés au mur par la mise en place de moises horizontales.
- Dégager, démolir et enlever la structure de béton armé.
- Déblayer le remblai et préparer les assises de la première partie du tunnel.
- Coffrer, armer et bétonner la première partie du tunnel, comme montré à la phase 2 du dessin AA804-73.50-1.02.
- Remblayer l'excavation.
- Enlever une partie du mur de soutènement, comme montré à la phase 2 du dessin AA804-73.50-1.02.
- Reconstruire les voies 11, 12 et 01 ainsi que la jonction simple.
- Construire une jonction simple au PM 73.59 pour interconnecter temporairement les voies 01 et 14.
- Si la déviation montrée au plan AA804-73.50-1.03 s'avère acceptable, effectuer le contournement du chantier en détournant le trafic ferroviaire sur le parcours défini par les voies $15 \leftrightarrow 14 \leftrightarrow 01 \leftrightarrow 14 \leftrightarrow 15 \leftrightarrow 16$.
- Déposer les voies 14, 15 et 16.
- Construire une section supplémentaire de mur «berlinois», comme montré à la phase 3 du dessin AA804-73.50-1.02 et enlever les sections redondantes du mur précédent, comme montré à la phase 2 du dessin AA804-73.50-1.02.
- Déblayer le remblai et préparer les assises de la deuxième partie du tunnel.
- Démolir la partie de l'aile de culée qui obstrue l'aménagement du tunnel au viaduc Wellington, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.02.
- Coffrer, armer et bétonner la deuxième partie du tunnel, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.02.
- Remblayer l'excavation.
- Reconstruire les voies 14, 15 et 16 dans la zone d'excavation.
- Rétablir le trafic ferroviaire sur les voies 14, 15 et 16.
- Reconstruire les portiques de caténaire 14, 15 et 16.
- Replacer les fils de contact entre les portiques 13 et 18, et réactiver les caténaires de bout en bout.

5.2 Option 2

L'option 2 est l'une des façons analysées pour construire le tunnel sans dévier le trafic ferroviaire qui emprunte le faisceau de voies 14, 15 et 16, sauf pour une courte période durant laquelle seule la voie 14 est disponible. L'option 2 est fondée sur la technique de l'auto-fonçage. La séquence de réalisation, décrite ci-après, est illustrée sur les dessins AA804-73.50-1.04 et AA804-73.50-1.05 en Annexe A.

- Désactiver les lignes de caténaire au-dessus du chantier par l'isolation et l'ancrage du portique 13.
- Déposer les fils de contact des caténaires entre le portique 13 et le portique 18.
- Démanteler et enlever les portiques de caténaire 14, 15 et 16 entre la rue Ottawa et Wellington.
- Déposer les voies 11, 12 et 01, ainsi que la jonction simple, comme montré à la phase 1 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Construire un mur de soutènement temporaire de type «berlinois» entre les voies 01 et 14, comme montré à la phase 1 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Dégager, démolir et enlever la structure de béton armé.
- Déblayer le remblai et préparer les assises de la première partie du tunnel.
- Bâtir un radier de guidage sur place, soit une dalle de béton munie de vérins.
- Coffrer, armer et bétonner la première section du tunnel devant être glissée sous les voies 14, 15 et 16, comme montré à la phase 2 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Retirer la partie frontale du mur de soutènement, comme montré à la phase 2 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Pousser la première section du tunnel à travers le remblai jusqu'à la culée du viaduc Wellington, comme montré à la phase 3 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Coffrer, armer et bétonner la deuxième section du tunnel, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Remblayer l'excavation.
- Reconstruire les voies 11, 12 et 01 ainsi que la jonction simple.
- Retirer la partie latérale du mur de soutènement, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Construire un mur de soutènement temporaire de type «berlinois» entre les voies 14 et 15, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Dévier le trafic ferroviaire des voies 15 et 16 à la voie 14.
- Enlever la section des voies 15 et 16 au-dessus de l'aile de culée du viaduc Wellington, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Excaver et démolir l'aile de culée du viaduc Wellington, comme montré à la phase 4 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Achever la construction du tunnel, comme montré à la phase 5 du dessin AA804-73.50-1.05.
- Remblayer l'excavation.
- Retirer le mur de soutènement temporaire.
- Replacer les voies 15 et 16.
- Reconstruire les portiques de caténaire 14, 15 et 16.
- Replacer les fils de contact entre les portiques 13 et 18.
- Réactiver les caténaires de bout en bout.

5.3 Option 3

L'option 3 est une alternative analysée pour construire le tunnel sans dévier le trafic ferroviaire qui emprunte le faisceau des voies 14, 15 et 16, sauf pour une courte période durant laquelle seule la voie 14 est disponible. Elle est fondée en partie sur la méthode de construction à ciel ouvert et en partie sur la technique des ponts temporaires. La séquence de réalisation, décrite ci-après, est illustrée sur les dessins AA804-73.50-1.06 et AA804-73.50-1.07 en Annexe A.

- Désactiver les lignes de caténaire au-dessus du chantier par l'isolation et l'ancrage du portique 13.
- Déposer les fils de contact des caténaires entre le portique 13 et le portique 18.
- Démanteler et enlever les portiques de caténaire 14, 15 et 16 entre les rues Ottawa et Wellington.
- Enfoncer les pieux de fondation au roc selon la grille montrée à la phase 1 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Construire un mur de soutènement temporaire de type «berlinois» entre les voies 01 et 14, comme montré aux phases 1 et 2 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Déposer les voies 11, 12 et 01, ainsi que la jonction simple, comme montré à la phase 2 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Dégager, démolir et enlever la structure de béton armé.
- Déblayer le remblai et préparer les assises du tunnel de bout en bout.
- Coffrer, armer et bétonner le tunnel de bout en bout, comme montré à la phase 3 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Retirer les pieux qui se trouvent à l'intérieur du tunnel, jointoyer les surfaces et remblayer l'excavation.
- Retirer le mur de soutènement temporaire.
- Reconstruire les voies 11, 12 et 01 ainsi que la jonction simple.
- Dévier le trafic ferroviaire des voies 15 et 16 sur la voie 14.
- Enlever la section des voies 15 et 16 au-dessus de l'aile de culée du viaduc de la rue Wellington, comme montré à la phase 1 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Excaver et démolir l'aile de culée du viaduc de la rue Wellington, comme montré à la phase 3 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Achever la construction du tunnel, comme montré à la phase 3 du dessin AA804-73.50-1.07.
- Remblayer l'excavation.
- Retirer le mur de soutènement temporaire.
- Replacer les voies 15 et 16.
- Reconstruire les portiques de caténaire 14, 15 et 16.
- Replacer les fils de contact entre les portiques 13 et 18.
- Réactiver les caténaires de bout en bout.

6.0 Conclusion

Il ressort de cette étude que la construction d'un tunnel sous les voies du CN est une entreprise difficile mais réalisable dans l'axe de la rue Dalhousie. La méthode la plus sûre et la moins coûteuse consiste à réaliser tous les ouvrages à ciel ouvert. Elle fait toutefois appel à beaucoup de collaboration de la part des exploitants pour dévier le trafic ferroviaire d'un faisceau de voies à l'autre à l'intérieur de l'emprise actuelle, afin d'effectuer le travail par étapes.

Le projet est d'envergure, comme en témoignent les quantités approximatives relevées sur les dessins préliminaires :

- 850 mètres linéaires de voie à déposer et replacer.
- 200 mètres linéaires de mur temporaire à placer et retirer.
- 28,000 mètres cubes de déblai à disposer.
- 17,000 mètres cubes de remblai à placer.
- 3,000 mètres cubes de béton armé à démolir et disposer.
- 4,000 mètres cubes de coffrage et de bétonnage à réaliser.
- 52,000 kilogrammes d'armature à poser.

Sur la foi des données disponibles à ce stade de développement du projet, l'ordre de grandeur des coûts d'immobilisation s'établit entre 15 et 20 millions \$. La poursuite des études en avant-projet définitif permettrait de définir davantage les paramètres du concept retenu, d'approfondir la conception des ouvrages, de déterminer la séquence de réalisation, d'établir un échéancier d'implantation et d'estimer les coûts à un degré de précision et de confiance permettant la prise de décision quant à la suite. Plus important encore, elle fournira les données nécessaires à la validation du concept retenu par les parties prenantes sans quoi le projet ne peut être réalisé.