

DÉFIS DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION DU RECOUVREMENT DE L'AUTOROUTE 720, À MONTRÉAL

Jonathan Corriveau, ing., DESS (CIMA+) et Munzer Hassan, ing., Ph.D. (CIMA+)

RÉSUMÉ

Le MTQ a mandaté en 2015 le consortium CIMA+ / SNC-Lavalin pour la réalisation d'études et de plans et devis en vue de la construction d'une nouvelle structure de recouvrement au-dessus de l'autoroute Ville-Marie (A-720), en plein cœur du centre-ville de Montréal. Cette nouvelle structure, qui accueillera à terme la future Place des Montréalaises, consiste au prolongement du tunnel autoroutier existant, le tunnel Viger, sur une longueur additionnelle de 125 mètres. Ce prolongement a par ailleurs nécessité la mise aux normes du système de ventilation du tunnel existant.

Au moment de la conception, de nombreux défis ont été rencontrés afin de répondre aux diverses exigences de la norme CAN/CSA-S6-06 et de la norme NFPA 502 : *Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways*.

Pour n'en nommer que quelques-uns, les concepteurs ont dû considérer différents critères de conception non usuels pour la conception d'un pont : la considération de charges permanentes importantes de remblai, le débalancement des charges permanentes, la circulation véhiculaire transversale aux poutres, l'étanchéisation de la sous-fondation de l'autoroute, l'étanchéisation des tunnels contre la propagation de la fumée, le raccordement aux ponts d'étagement voisins, la conception et l'installation de plusieurs types d'ancrage et de supports pour équipements suspendus fixés à même les poutres NEBT et la géométrie particulière du tablier déterminée selon différentes contraintes spatiales telles que le dégagement vertical, la présence d'équipements suspendus ainsi que le raccordement aux structures existantes en périphérie.

D'autres aspects importants portant sur la constructibilité ont dirigé la conception, mais également complexifié les travaux de construction tels qu'un court échancier de construction (20 mois), des travaux réalisés en conditions hivernales, la fabrication et l'installation d'une quantité importante de supports pour équipements suspendus, la construction de culées ouvertes à travers des murs de soutènement existants, l'excavation de sol derrière les murs de soutènement et le long de la station de métro Champ-de-Mars, le contrôle des ondes vibratoires, la protection de l'œuvre d'art de Marcelle Ferron, intégrée à même le mur rideau de l'édicule de la station de métro, et la mise en œuvre de pieux caissons de diamètres importants.

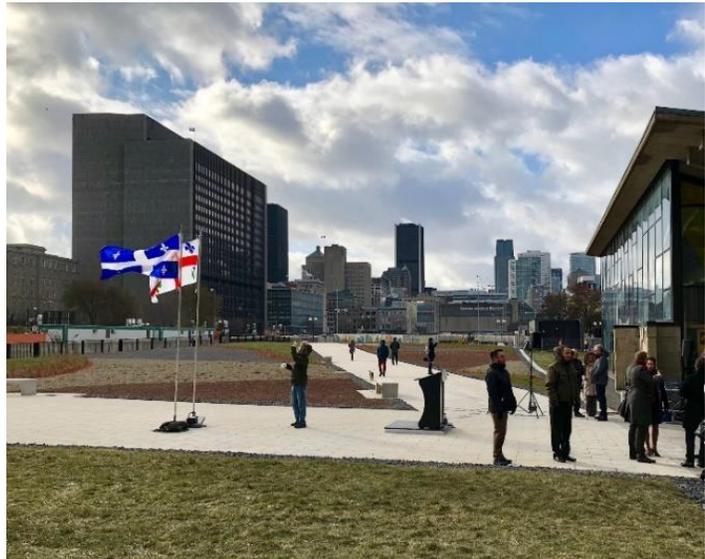
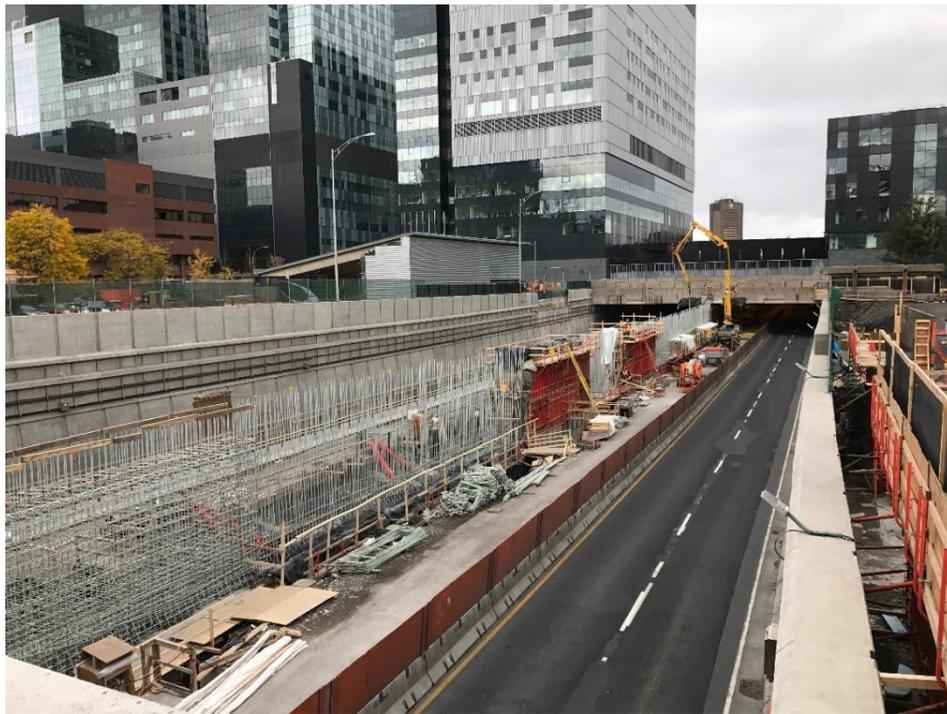
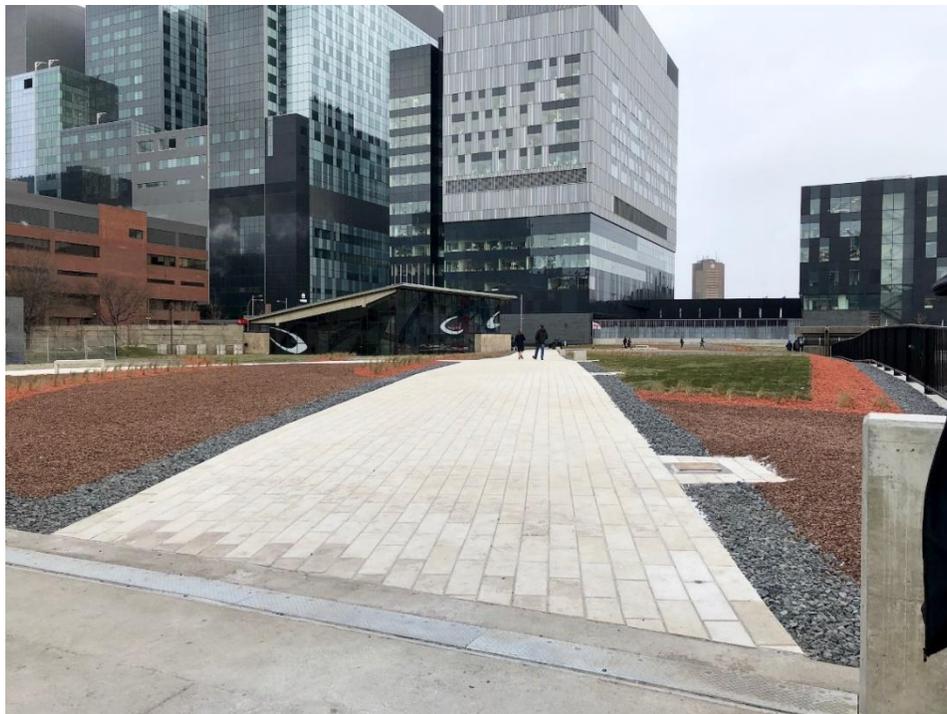


Figure 1 : Inauguration de la nouvelle place publique aux abords de la station de métro Champ-de-Mars, novembre 2017

Le but de cet article est d'exposer certains défis techniques et difficultés rencontrées en chantier tout en présentant les solutions retenues.



Avant – 2016



Après – 2017

Figure 2 : Inauguration de la nouvelle place publique aux abords de la station de métro Champ-de-Mars, novembre 2017

INTRODUCTION

Objectif du projet

En 2015, le Consortium CIMA+/SNC-Lavalin a été mandaté par le ministère des Transports du Québec pour préparer l’avant-projet, les plans et devis et autres services complémentaires pour la construction d’une nouvelle structure de recouvrement au-dessus de l’autoroute Ville-Marie (A-720), entre la rue Sanguinet et l’avenue de l’Hôtel-de-Ville, au centre-ville de Montréal. Ce projet est un legs du ministère des Transports du Québec à la Ville de Montréal et s’inscrit dans la volonté de la ville de construire une nouvelle place publique aux abords de la station de métro Champ-de-Mars, et ce, dans le cadre du 375^e anniversaire de la métropole en 2017.

Pour la réalisation de ce mandat complexe, comportant un bon nombre de défis, une équipe composée d’une centaine d’ingénieurs, de techniciens et d’architectes, provenant de plus d’une douzaine de disciplines distinctes, a participé de près ou de loin à la conception et aux devis de construction de cet ouvrage.

Description du site

Située en plein de cœur du centre-ville de Montréal, cette nouvelle structure a permis le recouvrement partiel de l’autoroute Ville-Marie à l’extrémité Ouest du tunnel Viger existant. Sa localisation très appréciable est dénotée notamment par sa proximité à la station de métro Champ-de-Mars, à l’Hôtel de ville de Montréal, au Centre hospitalier de l’Université de Montréal (CHUM) et son centre de recherche (CRCHUM) et se distingue comme porte d’entrée au secteur touristique et historique du Vieux Port de Montréal, endroit fortement fréquenté. La **Figure 3** présente l’emplacement projeté de la structure.

Au Nord du site se trouve la station de métro Champ-de-Mars, dont son édicule d’origine et ses quais souterrains. L’édicule en question abrite l’une des œuvres d’art contemporaines marquantes de l’histoire du Québec, réalisée par l’artiste-peintre Marcelle Ferron. L’œuvre s’exprime par l’intégration d’un vitrail à même le mur rideau des différentes façades du bâtiment. Une attention particulière devait ainsi être portée au vitrail afin d’assurer l’intégrité de l’œuvre d’art tout au long des travaux de construction.

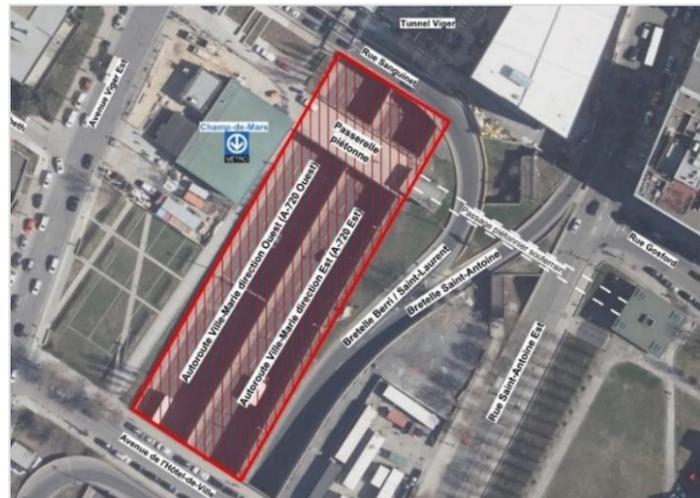


Figure 3 : Emplacement projeté de la nouvelle place publique

Au Sud se trouve la bretelle de sortie Saint-Laurent/Berri, devant être maintenue en fonction lors des travaux, de même que le tunnel piétonnier existant que la Ville de Montréal souhaitait conserver et remettre en service une fois le projet terminé. En effet, ce tunnel a été fermé lors de la durée des travaux, vu la démolition de la passerelle piétonne, et a permis l’établissement temporaire des bureaux du surveillant et du laboratoire du Ministère, responsables de la surveillance des travaux.

À l'Ouest se trouve le pont d'étagement de l'avenue de l'Hôtel-de-Ville et son trottoir en bordure, avec lequel la surface de recouvrement devait s'unifier. À l'Est se trouve le pont d'étagement de la rue Sanguinet, maintenu en service partiellement lors de la première année des travaux, mais qui a été fermé à la circulation de manière définitive, par la suite, pour l'harmonisation globale du secteur en vue de la nouvelle place publique. Tout près se situe le CHUM et son centre de recherche où de nombreux équipements, sensibles aux vibrations, se trouvent et où plusieurs travaux de recherche se déroulent, ce qui nécessite des attentions particulières qui ont été adressées à travers les différents devis de construction.

À l'endroit de l'autoroute se trouvent évidemment les voies de circulation, devant être maintenues en service dans les deux directions lors des travaux, la passerelle piétonnière Champ-de-Mars, qui a été démolie, les murs de soutènement existants de l'autoroute, une conduite d'aqueduc d'importance, de deux mètres de diamètre, ainsi que de nombreuses conduites de drainage souterraines, de conduits d'alimentation électrique, d'éclairage et de télécommunications, fixés à différentes structures, et une sous-fondation étanche, rendue possible par la présence d'une dalle d'étanchéité déployée à la grandeur de l'autoroute jusqu'aux unités de fondation des différentes structures de l'autoroute.

Le nombre important de structures et d'infrastructures existantes à prendre en considération dans l'élaboration des plans et devis du projet a incité l'équipe de conception à faire appel à la réalisation de balayages 3D du site au moyen de relevés terrestres statique et dynamique de type LiDAR (*Light Detection And Ranging*). Le déploiement de ces relevés par l'équipe spécialisée de CIMA+ a permis la création de nuages de points complets, utilisés à même les modèles 3D conçus lors de la conception de la nouvelle structure de recouvrement, de manière à visualiser clairement l'autoroute Ville-Marie et ses structures au voisinage, l'intérieur du tunnel Viger, l'extérieur et l'intérieur de la station de métro Champ-de-Mars, de même que l'intérieur du tunnel piétonnier existant à conserver.

Description de la structure

La structure de recouvrement est un pont-tunnel, située au cœur du centre-ville de Montréal, enjambant l'autoroute Ville-Marie (A-720) au moyen de deux travées qui se déploient sur une longueur totale de 40,72 mètres et une largeur de 125 mètres. Formée d'une part d'un tablier, composé de 98 poutres préfabriquées de type NEBT 1400 et d'une dalle de béton d'une épaisseur de 225 mm, elle comprend trois unités de fondation, dont une pile centrale et deux culées (voir Figure 4).

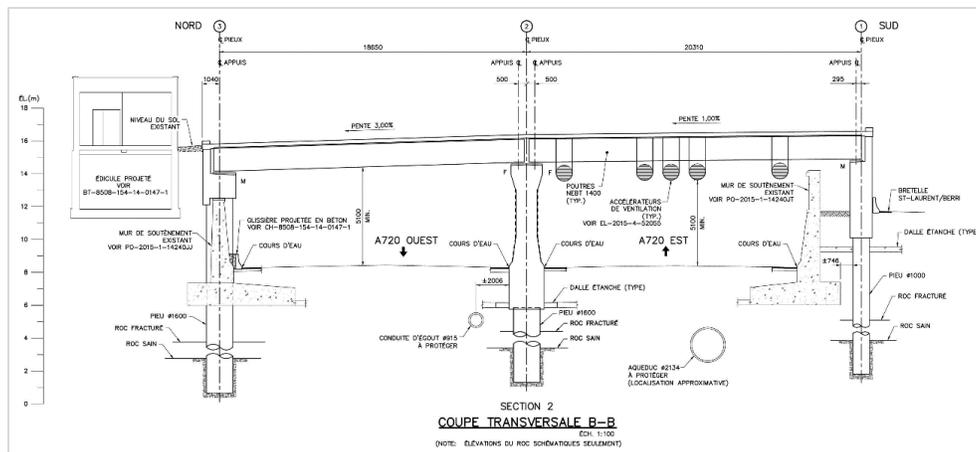


Figure 4 : Coupe longitudinale du tablier vis-à-vis la section 2

Le découpage transversal du tablier, constitué de neuf sections, a été réalisé en tenant compte des différentes contraintes physiques, mais également de manière à diminuer les effets dus à la dilatation thermique des éléments structuraux et la fissuration due au retrait du béton. La dalle du tablier se termine par des joints de type dalle-sur-culée à ses extrémités Sud et Nord. Un second type de joint de tablier, constitué d'une garniture et d'une plaque couvre-joint, situé au niveau du trottoir du pont existant de l'avenue de l'Hôtel-de-Ville, longe la section 1 tandis qu'un troisième type de joint de tablier, surélevé et complété d'une plaque de protection, ferme l'espace entre la section 9 et la glissière de béton du pont Sanguinet.

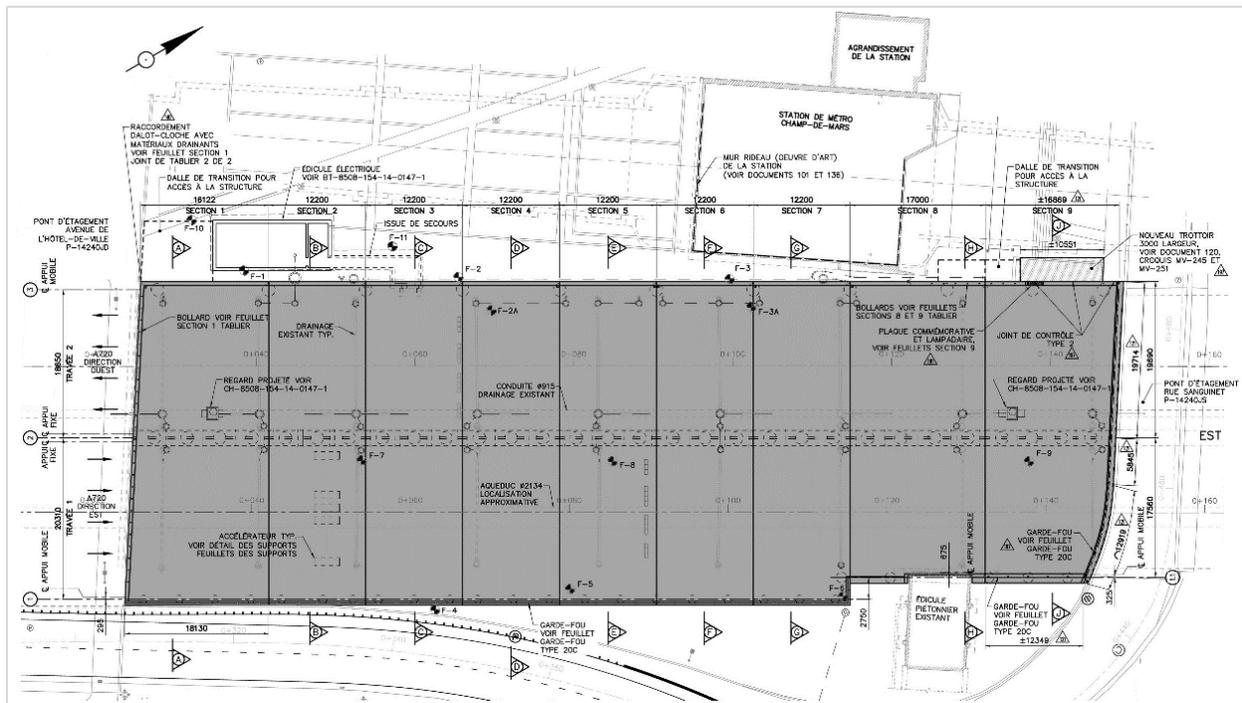


Figure 5 : Vue en plan de la structure de recouvrement

La partie visible de la pile centrale, composée d'un fût et d'un chevêtre, se divise également en neuf sections. Quant à elle, la partie enfouie se segmente en trois sections de semelle. Au total, 30 pieux caissons, d'un diamètre de 1600 mm, supportent la pile centrale et s'encastrent dans le roc sain sur une profondeur atteignant jusqu'à 7,2 mètres. La culée Sud est pour sa part formée de cinq sections, dont trois murs structuraux et deux segments de type poutre-chevêtre, tous appuyés sur des pieux caissons de diamètres variants entre 1000 mm et 1300 mm. À l'opposé, la culée Nord se compose de trois segments de culée, de longueurs considérables, reposent sur un total de 11 pieux caissons d'un diamètre uniforme de 1600mm. Ces pieux s'enfoncent dans le sol jusqu'à atteindre une emboîture de cinq mètres dans le roc sain et se prolongent également hors-sol à travers les portions conservées du mur de soutènement existant de l'autoroute, pour ainsi s'encastrent dans la partie supérieure de la culée.

DÉFIS DE CONCEPTION

Contraintes et enjeux du site

La zone d'intervention, extrêmement contraignante pour un projet d'infrastructure de transport, a obligé créativité et innovation dans plusieurs disciplines d'ingénierie. Comme décrit précédemment, le site des travaux recueille un bon nombre d'équipements de services publics, de structures et d'infrastructures existantes, en plus de la station de métro Champ-de-Mars.

Plusieurs contraintes physiques identifiées au moment des études d'avant-projet ont ainsi dirigé certains aspects techniques de la conception de la structure. À débiter par la proximité de la culée Nord avec la station de métro Champ-de-Mars. À l'endroit le plus exigü, moins d'un mètre sépare l'unité de fondation de la structure de recouvrement à la station de métro. De plus, une paroi moulée d'une certaine épaisseur se situe entre les deux structures à cet endroit. En raison de cet espace limité, la culée Nord ne pouvait s'implanter ailleurs qu'à l'emplacement du mur de soutènement de l'autoroute. La reconstruction de ce mur de soutènement, composé d'une semelle inversée, a été écartée pour diverses raisons techniques et restrictions au niveau du maintien de la circulation. C'est pourquoi les concepteurs ont choisi la solution originale du découpage du mur existant afin d'y construire une nouvelle culée le surplombant et s'appuyant sur de grands pieux caissons.

Par ailleurs, comme la plupart des projets de construction de ponts routiers, le maintien de la circulation de l'autoroute et de la bretelle de sortie était primordial tout au long des travaux. La particularité de ce projet d'envergure, situé en plein centre-ville, était l'espace restreint pour y travailler et y entreposer les divers matériaux et équipements de chantier tout en maintenant le trafic. En effet, l'entrepreneur était à la fois enclavé par différents axes routiers, dont la bretelle de sortie, le pont de la rue Sanguinet, le pont de l'avenue de l'Hôtel-de-Ville et l'autoroute Ville-Marie, mais également par la station de métro Champ-de-Mars et ses quais souterrains qui se prolongent sur la largeur totale du site des travaux et où des restrictions de charges étaient imposées par la Société de transport de Montréal (STM). À cela, l'entrepreneur avait également le mandat d'installer de nombreux supports et équipements suspendus au-dessus des voies de la circulation. Une coordination et une planification constante et rigoureuse étaient donc de mise. En plus de ces contraintes, l'entrepreneur avait aussi le mandat de construire un nouvel édicule électrique de deux étages, parallèlement à la construction de la culée Nord, entre cette dernière et la portion enfouie de la station de métro.

De plus, des restrictions sévères étaient imposées à l'entrepreneur en ce qui concerne les nuisances sonores, les vibrations, et les émissions de poussière découlant de ses travaux. Localisé en zone urbaine, le chantier du recouvrement se situait à proximité de nombreux éléments très sensibles aux vibrations. Il s'agit essentiellement de l'œuvre d'art de Marcelle Ferron, des équipements du métro de la STM, de l'aqueduc principal de la Ville de Montréal ainsi que des laboratoires et équipements du centre hospitalier.

Système statique et concept sismique retenu

Le système statique de la structure comprend un appui fixe et deux appuis mobiles. L'axe fixe de la structure, conçu pour reprendre les efforts sismiques, se trouve à la pile centrale.

Par conséquent, des appuis mobiles ont été installés aux culées d'extrémité Sud et Nord, notamment pour permettre les mouvements dus à la dilatation thermique longitudinale du tablier, mais également de manière à ce qu'aucun effort sismique ne soit transmis aux structures existantes avoisinantes telles que la station de métro et le tunnel piétonnier.

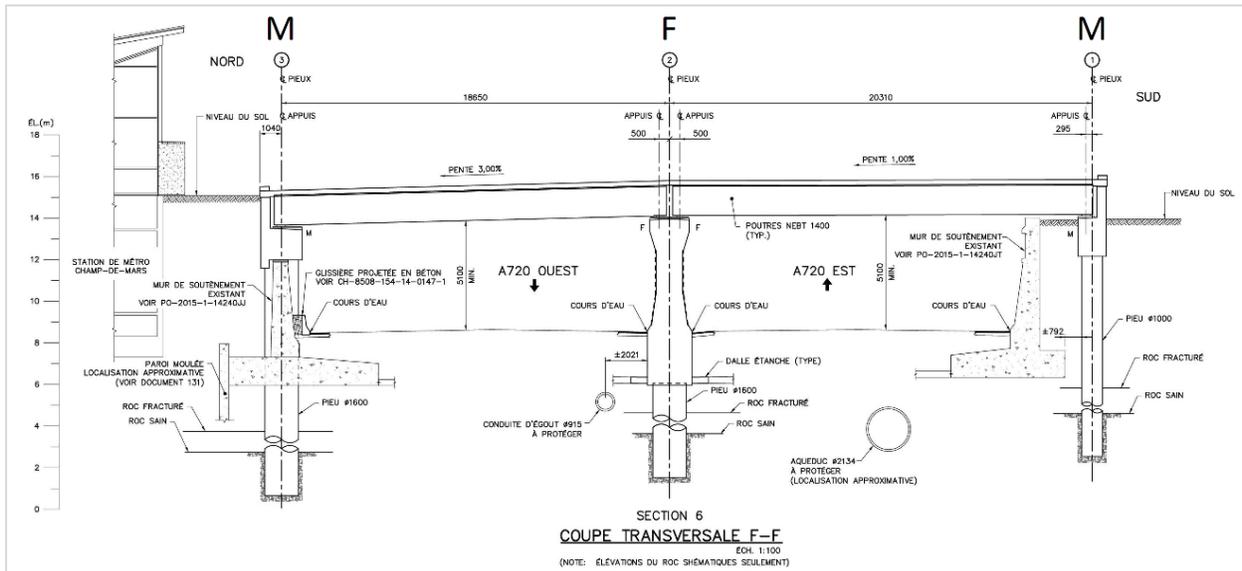


Figure 6 : Système statique de la structure de recouvrement. Mobiles (M) aux culées et fixe (F) à la pile centrale

Le tablier a été construit de manière à permettre la continuité des poutres NEBT à l'endroit de la pile centrale, rendant par conséquent le système hyperstatique. Étant donné l'importance de dommages causés au tablier en cas d'incendie dans l'un des deux tubes du tunnel Viger, des vérifications additionnelles ont été réalisées afin de confirmer la stabilité individuelle des travées en considérant un système de poutres simplement supportées. Ainsi, en cas de défaillance de l'une des deux travées d'une même section de tablier, la travée opposée sera en mesure de reprendre les charges de conception dans l'objectif de permettre la réouverture des voies de circulation du tube non affecté par l'incendie.

La structure de recouvrement a été désignée par le donneur d'ouvrage comme étant un pont de catégorie « pont d'urgence » et se situe dans une zone de rendement sismique 3. De ce fait, une analyse par la méthode spectrale multimodale a été effectuée en respect avec les exigences minimales de la norme canadienne de ponts CAN/CSA-S6-06. Il est à noter que la charge permanente de conception est élevée par rapport à un pont régulier et a contribué grandement à l'amplification des efforts sismiques pour le dimensionnement des éléments structuraux de la pile centrale.

Tel que recommandé dans l'étude géotechnique, le site est caractérisé de type « I » et la valeur du coefficient du site à utiliser est de 1,0. Des détails de rotules plastiques ont été aménagés à la base du fût de la pile centrale.

Une attention particulière a également été portée sur l'évaluation des déplacements transversaux de chacune des neuf sections afin qu'elles n'entrent pas en collision dans l'éventualité d'un déphasage de mouvement entre les sections lors d'un séisme.

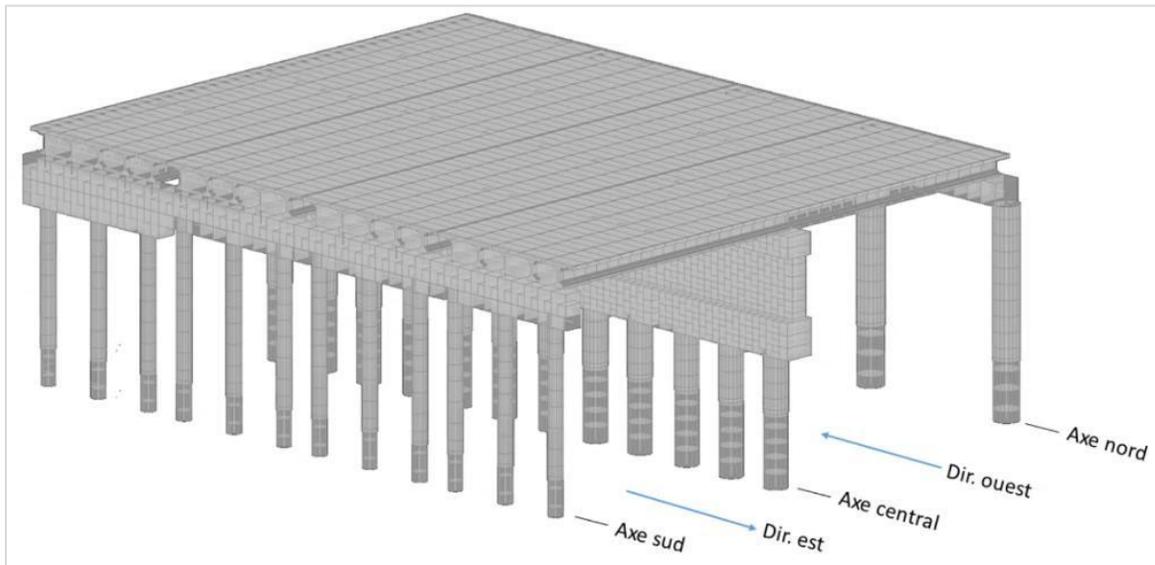


Figure 7 : Modèle 3D utilisé pour l'analyse sismique de la structure de recouvrement (sections 4 à 7)

Critères et charges de conception

Contrairement à une conception régulière d'un pont routier, les charges considérées lors de la conception du tablier de la structure de recouvrement ont été définies à la fois à partir du *Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6-06)* et le *Code national du bâtiment – Canada 2005 modifié (CNB 2005)*, et ce, de manière à mieux refléter l'usage mixte de la structure. Les charges permanentes se distinguaient effectivement par la présence d'équipements suspendus devant être installés sous la dalle de la structure, mais également par des charges d'aménagement importantes, typiques d'un parc urbain. À cela, une couche de protection en enrobé de 50mm d'épaisseur a été ajoutée au-dessus de la membrane d'étanchéité de la dalle afin de protéger cette dernière lors de futurs travaux d'aménagement, dont les opérations d'excavation et de remblayage. Les surcharges verticales se caractérisaient quant à elles par l'application d'une surcharge routière sans direction de circulation prédéfinie – signifiant qu'il est possible qu'elle circule parallèlement ou perpendiculairement à l'axe des poutres –, par la présence de foules ou de rassemblements, par des charges vives épisodiques diverses et par l'accumulation de charges de neige. Dans le cas de la structure de recouvrement, la charge de neige est considérée comme une charge vive afin de mieux refléter la réalité des opérations de déneigement. À noter qu'aucun entreposage de neige n'est autorisé au-dessus de la structure. L'entretien du parc étant assuré par la Ville de Montréal, une coordination a été effectuée par l'équipe de CIMA+ avec les autorités locales afin d'élaborer le devis d'entretien de cette nouvelle place publique.

Une particularité de cette structure est son usage évolutif dans le temps, en particulier en ce qui a trait aux charges permanentes pouvant y être appliquées. Puisque l'aménagement final du site était inconnu au moment de la conception, certaines hypothèses de calculs ont dû être établies, de concert avec la Ville de Montréal, de manière à assurer le bon comportement de l'ouvrage tout au long de sa durée de vie. En ce sens, une charge permanente maximale de 15 kPa peut être appliquée au-dessus de la dalle, sans toutefois être inférieure à 5 kPa, qui est la charge permanente minimale requise. En raison du comportement hyperstatique des poutres, un débalancement maximal de 8 kPa est toléré entre les deux travées d'une même section. Pour les fins de calculs, une charge de 1,5 kPa a été également considérée pour tenir compte de la présence d'un faux-plafond ainsi que tous les différents types de supports et

d'équipements suspendus sous le tablier. Lorsque présentes, des charges ponctuelles additionnelles, verticales et horizontales, ont été considérées à l'endroit des accélérateurs de ventilation afin de tenir compte de leur poids et des poussées horizontales générées lorsqu'ils fonctionnent à leur pleine puissance.

En ce qui concerne les charges vives, deux scénarios sont proposés et doivent être respectés. Il s'agit d'abord de l'application d'une charge vive maximale de 12 kPa en présence d'une surcharge de neige de 2,48 kPa (ÉLUL). Cette charge de neige a été calculée selon les prescriptions du *CNB-Canada 2005 (modifié)*. Le second scénario autorise la circulation d'un camion CL3-625 (300kN) et l'application d'une charge additionnelle de 4 kPa. Des vérifications additionnelles ont été également réalisées afin d'autoriser la circulation d'un camion de pompier de type E-One 200 ou d'un tracteur de type John Deere 4720, notamment pour les interventions d'urgence et les opérations de déneigement respectivement. Dans tous les cas, retenons qu'un seul camion peut circuler à la fois sur le tablier du recouvrement.

Les profils et les dévers variables des neuf sections de tablier ont été déterminés à partir de différentes contraintes spatiales qui découlaient essentiellement de l'intégration de cinq accélérateurs de ventilation sous le tablier, du respect des dégagements routiers minimaux sous la structure, du raccordement de la nouvelle place aux structures existantes situées en périphérie et finalement de son agencement au relief du terrain naturel de la place Marie-Josèphe-Angélique au Nord de l'autoroute. Deux dalles de transition ont aussi été aménagées au Nord des sections 1 et 8 pour donner un accès aux véhicules sur le recouvrement. De façon générale, un dégagement vertical minimal de 5,1 mètres a été respecté sous l'ensemble des poutres de la superstructure, et ce, en vue de l'installation future d'un faux plafond d'une épaisseur de 100 mm, tout en maintenant un dégagement vertical minimum de 5,0 mètres tel qu'exigé dans la norme du Ministère. La conception a également tenu compte d'une pente de drainage minimale de 1,0 % pour établir la géométrie finale de la dalle. Dans l'ensemble, les profils et les devers atteignent jusqu'à 3,0 % de pente. Considérant les caractéristiques particulières de certaines sections de dalle du tablier, des spécialistes en construction ont été consultés afin de confirmer la faisabilité des dalles torsadées.

D'ailleurs, l'emploi de largeurs variables pour certaines sections de tablier a été nécessaire afin d'harmoniser la nouvelle dalle aux structures avoisinantes. En effet, ces dernières possèdent des biais inégaux lorsque référées à la direction de l'autoroute Ville-Marie. De ce fait, des largeurs variables ont été établies et ont nécessité une distribution des poutres préfabriquées en éventail.

En plus de jouer son rôle structural, la pile permet l'intégration de glissières de retenue à même le fût, tout en facilitant l'encastrement de cabinets d'incendie et autres équipements pour des raisons de sécurité incendie, dont des conduites d'alimentation en eau, des siamoises et des conduits STI. La pile joue également un rôle d'étanchéité contre la propagation de la fumée d'un tube à l'autre du tunnel de l'autoroute.

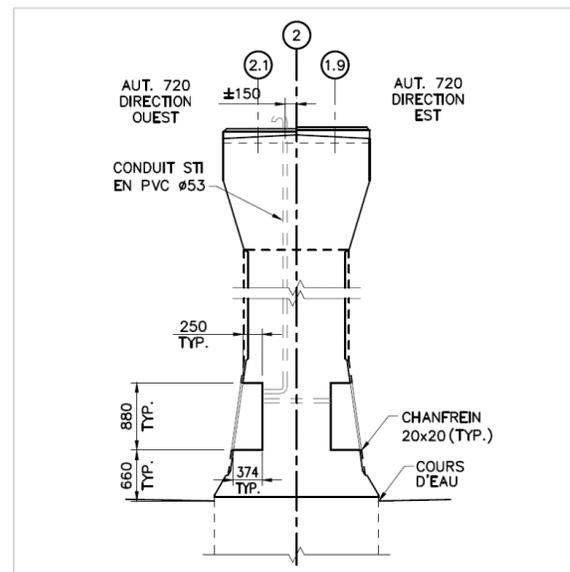


Figure 8 : Coupe de la pile centrale vis-à-vis un cabinet d'extincteur

Protection incendie

Comme mentionné précédemment, la construction de la nouvelle structure de recouvrement s’est traduite indirectement par un prolongement du tunnel Viger existant. Cette modification importante a nécessité la refonte complète des systèmes de ventilation du tunnel, notamment par le remplacement d’accélérateurs existants et l’installation de nouveaux accélérateurs sous le recouvrement. Le Ministère avait également demandé aux concepteurs d’inclure certaines exigences de la norme NFPA 502 : *Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways* aux critères de conception.

Le respect de ces exigences se résume entre autres par l’adoption de poutres en béton lors de la conception du tablier, l’étanchéisation de la pile centrale, dans le but de limiter la propagation de la fumée d’un tube à l’autre du tunnel, l’installation de cadres en acier, avec butée, au périmètre des appareils d’appui afin de limiter à 25 mm le tassement du tablier en cas de déformations des élastomères frettés lors d’un incendie et l’intégration d’équipements de protection incendie à même la structure.

L’étanchéité des tubes a été possible grâce à l’installation d’une barrière anti-propagation de la fumée au sommet du chevêtre de la pile centrale qui comble ainsi l’espace vide entre l’unité de fondation et les diaphragmes du tablier. La construction de diaphragmes non structuraux en porte-à-faux a également permis d’étanchéiser les deux tubes entre les différentes sections de tablier.

Ancrages et supports pour équipements suspendus

Une particularité indéniable de la structure de recouvrement est son système d’ancrages et de supports pour équipements suspendus situé sous sa dalle structurale. Afin de répondre à l’ensemble des besoins des disciplines du projet, une série de supports pour équipements suspendus a dû être conçue et adaptée en fonction des nombreuses contraintes physiques et géométriques issues du tablier et des équipements.

Ce système de supports devait à la fois être fixé aux poutres préfabriquées, de manière à libérer la dalle structurale de tout ancrage, permettre le passage de travailleurs dans le futur, pour des fins d’inspection et d’entretien, tout en supportant une panoplie de différents équipements répondant notamment aux besoins d’alimentation électrique, d’éclairage, de ventilation, de protection incendie et de systèmes de télécommunication. Un support typique a ainsi été établi afin d’uniformiser au mieux le système d’ancrages et de supports pour équipements suspendus (voir Figure 9). La solution retenue par l’équipe de conception a été l’intégration de supports typiques fixés à même la semelle supérieure des poutres en béton préfabriquées à l’aide d’ancrages encastrés.

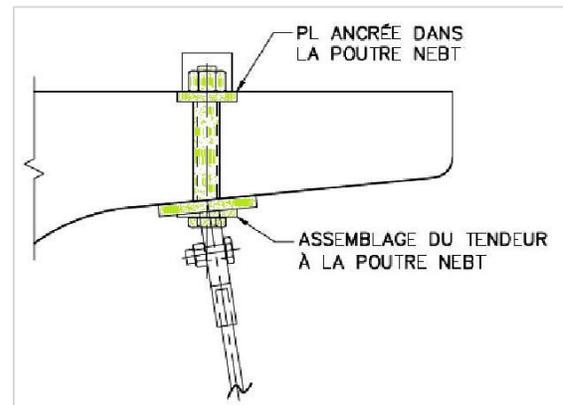


Figure 9 : Détail de l’ancrage encastré pour équipements suspendus installé dans la semelle supérieure d’une poutre NEBT

L’une des utilisations préconisées par l’usage de ces supports vise, à terme, l’installation d’un faux-plafond suspendu en dessous de la surface du tablier. De ce fait, la conception de la structure prévoit l’intégration d’ancrages pour équipements suspendus à l’ensemble des poutres NEBT de la structure de recouvrement, et ce, en vue d’une utilisation future. En revanche, pour des raisons de performance aérodynamique, un

faux plafond a été installé localement sous le tablier de la structure dans la zone des accélérateurs de ventilation.

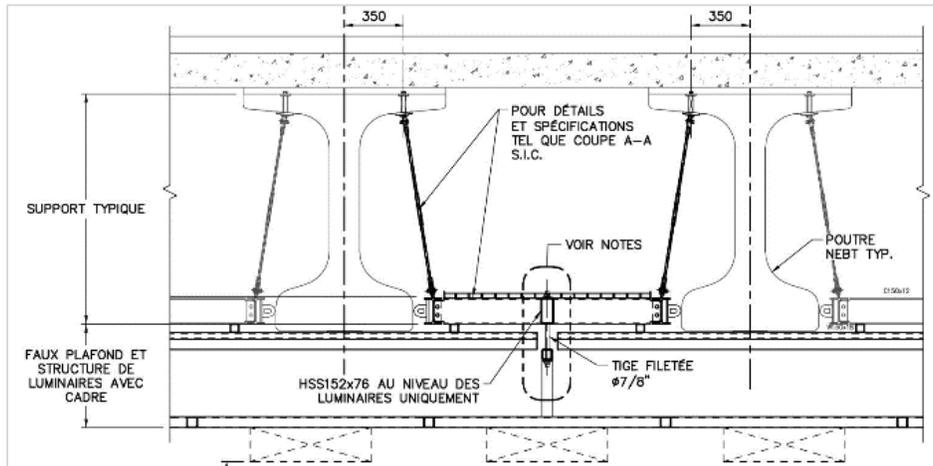


Figure 10 : Support typique supportant à la fois un faux plafond et un support d'éclairage suspendu.

DÉFIS ET CONTRAINTES DE CONSTRUCTION

Pieux caissons

La proximité de la station de métro à la culée projetée, située à moins d'un mètre, la présence de la verrière de l'artiste Marcelle Ferron et la présence d'un aqueduc majeur et sensible aux vibrations avaient obligé le recours à des méthodes de construction réduisant au maximum les ondes vibratoires. Pour répondre à cet enjeu, des pieux caissons forés par oscillation ont été préconisés pour asseoir les fondations de la nouvelle structure. Cette méthode de forage innovatrice, dans le cadre d'un projet du Ministère, s'est avérée un succès puisque les activités de forage n'ont pas dépassé les seuils de vibration exigés.



Figure 11 : Forage des pieux de la culée Nord à proximité de la station de métro Champ-de-Mars

Afin de permettre l'ajustement des méthodes de travail, il était demandé à l'entrepreneur de débiter ses travaux de forage, dès la première phase, à partir de l'Ouest à l'emplacement de la pile centrale et de la culée Sud de la structure, soit le plus éloigné possible de la station de métro, de l'œuvre d'art, du CHUM et de son centre de recherche. De ce fait, le monitoring en continu des vibrations a permis à l'entrepreneur de perfectionner sa méthode et réaffirmer sa confiance dans sa démarche. D'autre part, en raison de l'absence de redondance des fondations profondes des unités de fondation, les concepteurs ont exigé la réalisation des essais CSL sur 100% des pieux caissons des unités de fondation. Un suivi minutieux a été effectué par la conception en collaboration avec le surveillant et l'entrepreneur afin de s'assurer de la qualité de construction des pieux caissons. En cas de problème, l'entrepreneur se devait de trouver une solution et c'est ce qu'il a dû faire au tout début de ses travaux pour l'un des pieux caissons de la pile centrale. En effet, des essais CSL ont mis en évidence une problématique au niveau de l'emboîture de l'un des pieux caissons de l'axe central. La contribution de la pointe et une partie de l'emboîture ont dû être négligées pour ce pieu. Pour cette raison, la réalisation d'un pieu chandelle a été proposée de manière à compenser la capacité manquante de l'emboîture au roc du pieu initial. Le pieu chandelle consistait en un forage d'un nouveau pieu, d'un diamètre inférieur de 380 mm, au centre du pieu caisson initial de 1600 mm de diamètre. La Figure 12 illustre la réparation effectuée au moyen d'un pieu-chandelle.

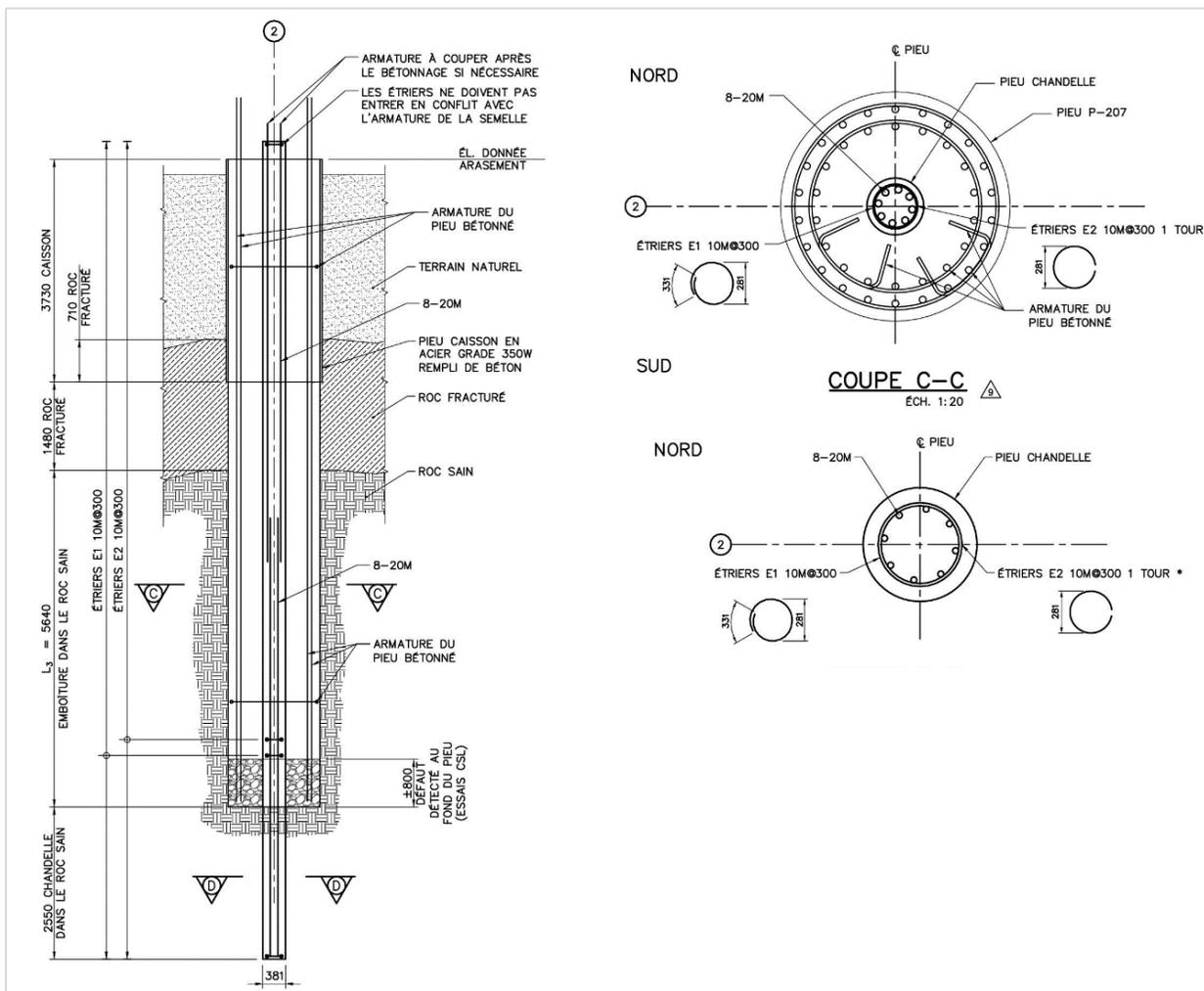


Figure 12 : Réparation de l'emboîture d'un pieu caisson par le forage additionnel d'un pieu-chandelle

Construction des sections de dalle

En raison de l'espace restreint et des structures avoisinantes ceinturant la structure de recouvrement, les concepteurs ont participé activement à la réalisation des travaux, notamment en assistant l'entrepreneur afin d'effectuer les vérifications structurales requises pour permettre le bétonnage des sections de dalle à partir du recouvrement. De manière successive, c'est ainsi que l'entrepreneur a bétonné chaque section de dalle en positionnant une pompe à béton centrée sur l'axe du pilier central et en limitant la circulation à une bétonnière à la fois sur la surface de recouvrement. La [Figure 13](#) montre la construction des différentes sections dalles de manière successive.

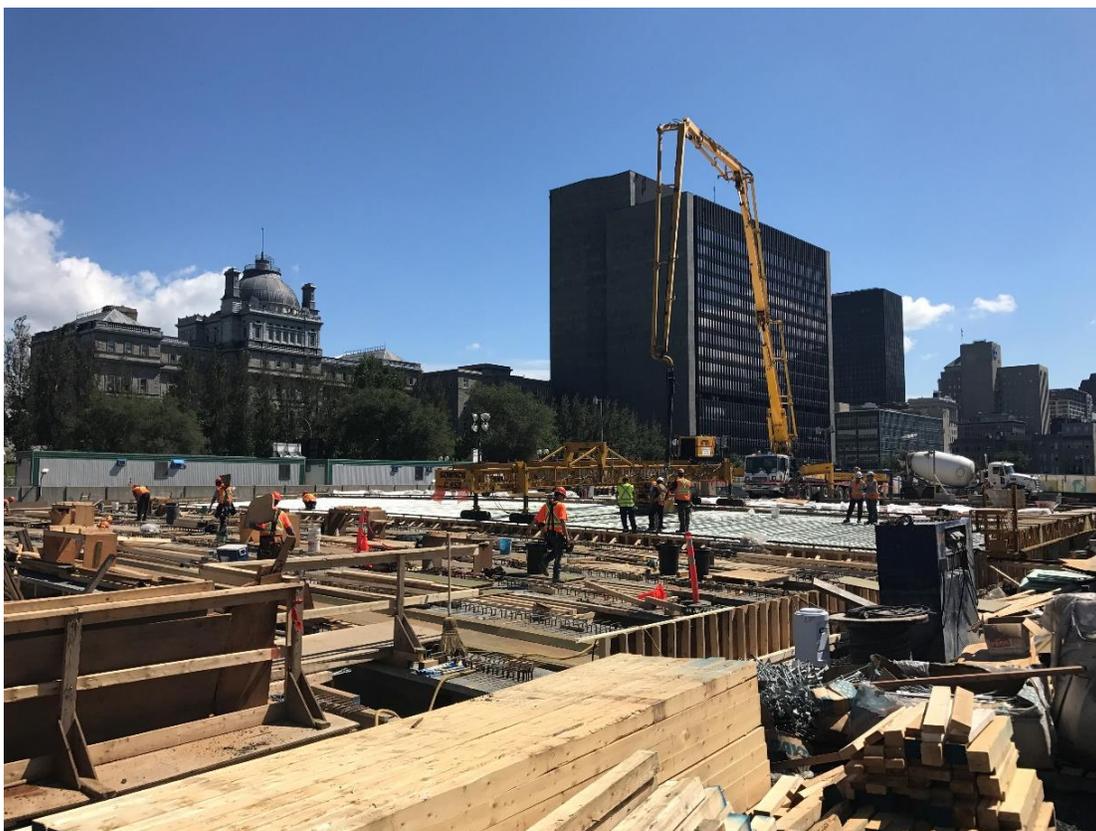


Figure 13 : Travaux de construction des différentes sections de dalle de la structure

Plan de contraintes

L'usage particulier de la structure de recouvrement et son emplacement unique ont nécessité la création d'un plan de contraintes : un plan clef qui devra être respecté tout au long de la durée de vie de l'ouvrage. Ce plan résume en quelques feuillets les contraintes techniques, structurales, opérationnelles et de sécurité incendie à respecter. L'entrepreneur ayant construit la nouvelle structure de recouvrement devait également respecter la version sommaire du plan de contraintes « avant construction » afin de limiter les surcharges admissibles aux structures et infrastructures existantes au voisinage. Maintenant la structure complétée, le plan de contraintes « après construction » a été remis au propriétaire de l'ouvrage et fera également partie des documents essentiels à considérer dans le futur en vue du réaménagement de la nouvelle Place des Montréalaises, un nouveau projet qui verra le jour très prochainement et qui conclura la première étape du recouvrement de l'autoroute Ville-Marie au centre-ville de Montréal.

Échéancier

L'un des défis les plus notables de ce projet était la conception ainsi que la réalisation des travaux de construction de cette nouvelle structure de recouvrement, incluant tous ses travaux connexes, à travers un échéancier très court. Les études d'avant-projets, les avis techniques, la conception et la réalisation des plans et devis ont été complétés en moins de 11 mois.

Débutant au mois d'avril 2016, les travaux de construction se sont échelonnés sur 20 mois consécutifs pour ainsi se compléter en novembre 2017, à temps pour l'inauguration officielle de la nouvelle place publique par le ministère de Transports du Québec accompagné de la mairesse et de représentants de la Ville de Montréal.

CONCLUSION

La construction de la nouvelle structure de recouvrement a permis l'émergence d'une nouvelle place publique, lieu de rassemblement et de rencontres, au cœur du centre-ville de Montréal. Ce projet complexe d'envergure s'est concrétisé grâce à l'investissement de plusieurs équipes ayant fait place à l'innovation, la créativité et le souci du détail. Une collaboration et une coordination minutieuse de tous les intervenants du projet étaient de mise et c'est ce qui a contribué certainement à la réussite de ce projet.

RÉFÉRENCES

- CAN/CSA-S6-06, Code canadien sur le calcul des ponts routiers
- NFPA 502 : *Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways*
- Plan final de conception PO-2015-1-18828, dossier 8503-16-1101, Ministère des Transports du Québec (2018)

REMERCIEMENTS

Les auteurs ainsi que CIMA+ tiennent à remercier le ministère des Transports du Québec, la Ville de Montréal, ses partenaires SNC-Lavalin et COBALT architectes, l'équipe de surveillance Stantec | WSP | Roche ainsi que l'entrepreneur général Construction Demathieu & Bard (CDB).