

Le nouveau pont Jacques Bizard, une conception durable, axée sur l'intégration à son milieu

François Beaurivage, ing. M.Sc.A.
Ingénieur en ponts et ouvrages d'art, chef d'équipe
AtkinsRéalis
Montréal, Québec
francois.beaurivage@atkinsrealis.com

Exposé écrit préparé pour la séance structures de transport
Congrès-exposition 2025 de l'Association des transports du Canada (ATC)
Ville de Québec (Québec)

Remerciements

Ville de Montréal
Provencher Roy
Vlan Paysage
Affleck de la Riva

Résumé

Le pont Jacques Bizard est un ouvrage construit en 1966 qui enjambe la rivière des Prairies sur une longueur de 231,6 mètres. Il est constitué de 5 travées continues reposant sur 4 piles en rivière et 2 culées. Tous les éléments des fondations sont en béton armé. Le tablier est supporté par une charpente d'acier qui présente des problèmes de comportement en fatigue. Environ 60 ans après sa mise en service, l'ouvrage doit être remplacé.

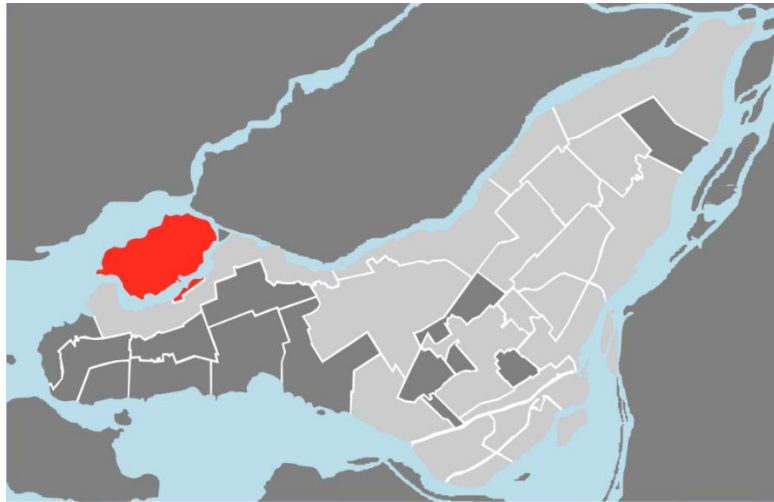
La construction du nouveau pont est une opportunité afin de réaménager le secteur qui est la porte d'entrée vers l'île Bizard. La nouvelle structure est pensée en fonction de tous les usagers (automobilistes, cyclistes, piétons) et veille de s'intégrer dans son milieu en présentant des traits architecturaux rappelant le passé de l'endroit et un aménagement urbain qui vise à mettre en valeur la rivière des Prairies et les alentours. Le parc Denis-Benjamin-Viger, adjacent au site, est également réaménagé afin de mettre en valeur l'endroit.

Le nouvel ouvrage a également été conçu afin d'être durable, visant une durée de vie de 100 ans, durée supérieure aux 75 ans que prescrivent les normes actuelles. Afin d'y arriver, divers paramètres de conception permettant d'atteindre cette durée de vie ont été analysés et comparés sur une base économique afin de sélectionner les paramètres optimaux. Le pont construit pourra ainsi atteindre une durée de vie supérieure à ce qui est exigé aux normes en vigueur, à coûts raisonnables.

Mise en contexte

L'Île-Bizard est située à l'ouest de l'île de Montréal, à la rencontre du lac des Deux-Montagnes et de la rivière des Prairies, dans l'arrondissement de L'Île-Bizard-Sainte-Geneviève. Le pont Jacques-Bizard constitue l'unique pont routier qui relie l'Île-Bizard à l'île de Montréal. Toutefois, pendant la période estivale, un traversier est en fonction entre l'Île-Bizard et Laval.

Figure 1. Emplacement de l'arrondissement de l'Île-Bizard-Sainte-Geneviève



Source: Wikipedia

Le pont existant est emprunté quotidiennement par 35 000 véhicules. Au courant des années 2010, plusieurs problématiques de la charpente d'acier, notamment liées à la fatigue, ont été notées. Dans ce contexte, la ville de Montréal a retenu les services professionnels d'AtkinsRéalis/Provencher Roy afin de réaliser les plans et devis afin de remplacer l'ouvrage.

Description de l'environnement du pont

Le district de Sainte-Geneviève a été annexé à la Ville de Montréal en 2006 et fait désormais partie de l'arrondissement de L'Île-Bizard-Sainte-Geneviève. Par son emplacement, l'ancien village sert de point d'accès à l'Île-Bizard.

Le secteur est bordé par la rivière des Prairies et traversé par le boulevard Gouin. De nombreux éléments patrimoniaux composent le paysage, dont plusieurs institutions d'envergures, incluant notamment l'église Sainte-Geneviève duquel l'on aperçoit le clocher à partir du pont, ainsi que le cégep Gérard-Godin. La trame urbaine du secteur s'inscrit en grande partie dans le tracé de la trame agricole des siècles précédents. Celle-ci n'est pas orientée selon le même axe que la trame de l'Île-Bizard.

En 2019, l'arrondissement de L'Île-Bizard-Sainte-Geneviève a lancé une démarche collaborative (incluant consultations publiques et ateliers collaboratifs) ayant pour objectif la réalisation d'un Plan de revitalisation pour le secteur du village Sainte-Geneviève. Ce plan vise la mise en valeur des potentiels de l'ancien village.

Description du pont existant

Le pont Jacques-Bizard est un lien important permettant l'accès à l'Île-Bizard via l'île de Montréal. Construit en 1966, en remplacement de l'ancien pont construit autour de 1893, le pont est rectiligne et enjambe la rivière des Prairies sur une longueur de 231,6 mètres. Il est constitué de 5 travées continues reposant sur 4 piles en rivière et 2 culées. Tous les éléments des fondations sont en béton armé.

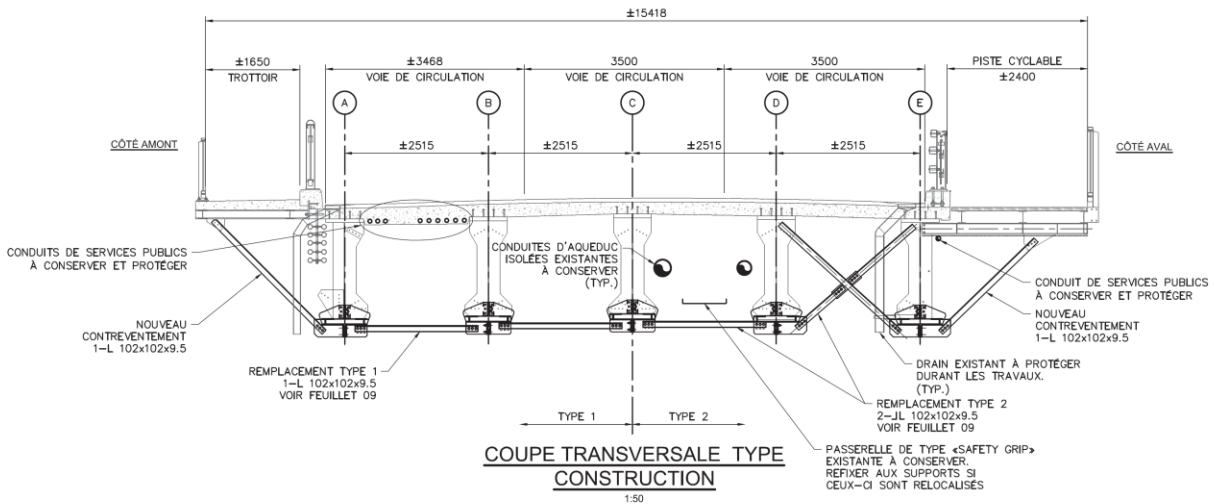
Figure 2. Pont existant



Photo AtkinsRéalis

Le tablier est formé de 5 poutres en acier à hauteur variable composite avec une dalle de béton. Le tablier actuel loge 3 voies de circulation (dont la voie centrale en alternance). Un trottoir en porte-à-faux est situé à la rive amont du tablier, tandis qu'une piste cyclable en porte-à-faux est située à la rive aval du tablier. À l'origine, le pont avait une largeur totale de 11,7 m, lui permettant de loger 2 voies de circulation et un trottoir. Il a été élargi en 1995 et en 2008 pour ajouter les porte-à-faux amont et aval et ainsi créer une voie en alternance sur le pont.

Figure 3. Section du pont existant



Source: Plans de remplacement contreventements

Une conduite d'aqueduc alimentant l'île est présente sous le tablier de l'ouvrage.

Figure 4. Aqueduc sous la structure existante



Conduite d'aqueduc sous le pont existant (Source: photo AtkinsRéalis)

Ambiance ressentie sur le pont existant

Le pont existant procure une ambiance autoroutière et les vues sur la rivière des Prairies sont complètement obstruées à partir de la chaussée. Malgré la présence de la rivière des Prairies, une importante composante du paysage, la traversée du pont ne procure aucune relation avec l'eau.

La traverse à pied ou à vélo est une traversée désagréable en raison notamment de l'étroitesse des corridors dédiés aux piétons et vélos (à proximité des voitures qui roulent à grande vitesse) et il n'y a aucune présence de lieu d'arrêt.

Figure 5. Vue d'un piéton sur le tablier du pont existant



Photo AtkinsRéalis

En amont et en aval du pont, il y a une importante présence d'espaces verts sous-utilisés, notamment aux abords du boulevard Jacques-Bizard. Certains passages informels dans ces espaces témoignent de lignes de désir en termes de parcours, notamment entre le parc Denis-Benjamin-Viger et le boulevard. Certains signes d'occupation des berges, sous les ponts, témoignent d'usages non désirés de l'espace.

Objectifs du nouveau pont

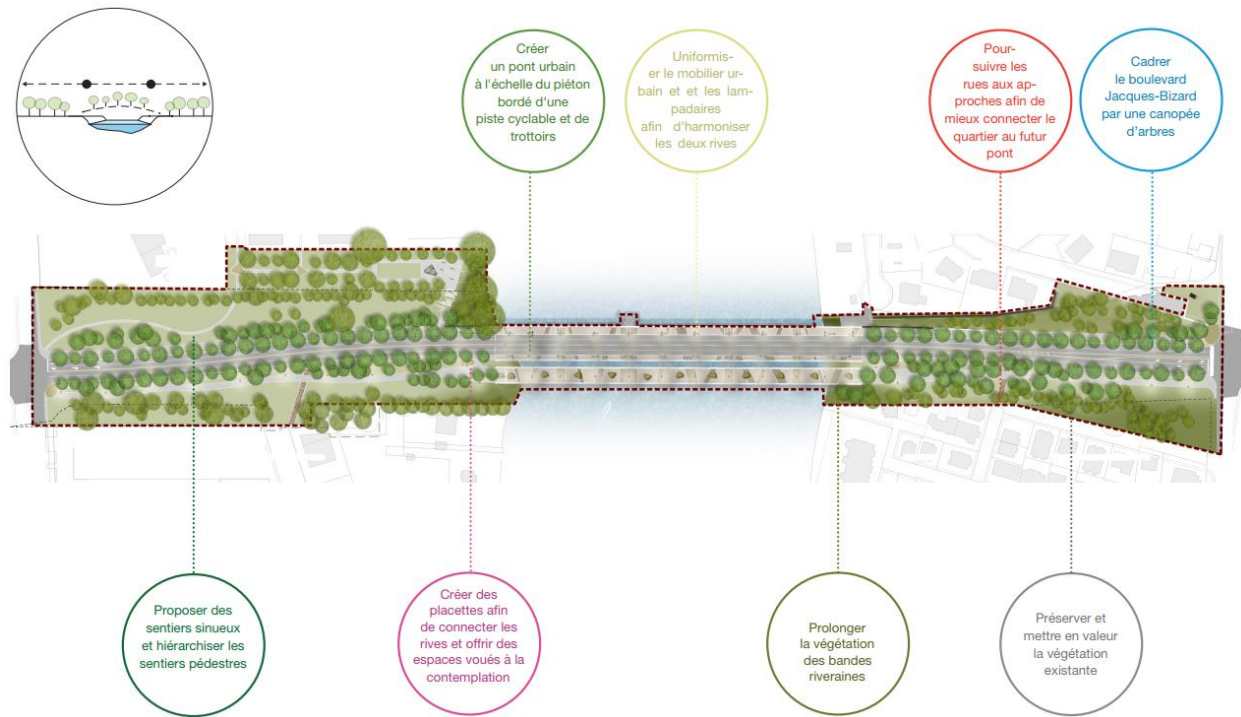
Le remplacement du pont par un nouvel ouvrage est une occasion pour améliorer le secteur et proposer une structure qui réponde aux besoins du 21^e siècle. Les objectifs suivants guident la conception du nouveau pont :

- Être intégré dans un contexte existant, incluant le paysage de la rivière et ses berges protégées, l'Île-Bizard et son ambiance champêtre, les quartiers résidentiels sur les deux rives et le secteur historique à proximité du site, dans le noyau villageois de Sainte-Geneviève.
- Procurer un aménagement sécuritaire ressenti et réel pour les piétons, cyclistes et automobilistes permettant le partage des espaces entre les usagers de l'espace public, l'isolement des piétons et cyclistes par rapport aux voitures, la visibilité des piétons, et la réduction de la vitesse automobile.
- Conçu pour un aménagement pérenne, nécessitant un minimum d'entretien (revêtement de surface, éléments architecturaux, mobilier urbain, végétation. etc.).

Aménagement du nouveau pont et intégration à son milieu

Le projet conçu propose divers éléments visant à répondre aux besoins identifiés. Notamment, le parc Denis-Benjamin-Viger est réaménagé pour proposer une piste multifonctionnelle, avec un tracé sinueux. Un aménagement paysagé, pensé pour rappeler l'ancienne vocation agricole des terres est mis en place dans le parc. Le boulevard Jacques Bizard est cadré par une canopée d'arbre.

Figure 6. Aménagement proposé



Source : Provencher-Roy

Le nouveau pont propose une piste polyvalente de 5,2 m de largeur et un trottoir de 3 m de largeur, créant une place importante aux modes de transports actifs. Quatre voies de circulation sont aménagées, deux dans chaque direction. La largeur totale du tablier est 23,4 m et la portée du pont est d'environ 234 m. Le tablier est supporté par des poutres métalliques à inertie variable, d'allure similaire à l'ancien pont.

L'architecture des piles du pont est conçue en dialogue avec l'existant, les angles cassures sont organisés et travaillés en harmonie, leur implantation est faite vis-à-vis des piles existantes. Afin de conserver une transparence et une homogénéité avec le pont actuel, la pile est composée de deux piles de mêmes proportions que celle existante, elles sont reliées par un chevêtre de même hauteur. Tout en simplicité, la forme des nouvelles piles est sculptée de manière fluide et contemporaine, les piles et son chevêtre sont conçus comme un élément continu et uniforme.

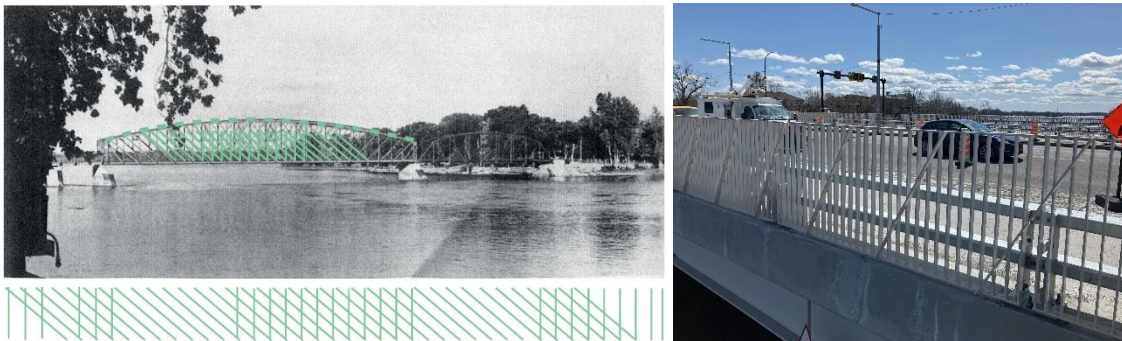
Figure 7. Coupe du pont proposé



Source : Provencher-Roy

La signature visuelle des garde-corps du pont est conçue afin d'offrir une réinterprétation contemporaine du premier pont d'origine construit en 1893, qui était à son époque une expression moderne du génie humain. Les éléments architecturaux sont réfléchis et conçus pour chaque échelle d'utilisateur. Ainsi, le nouveau pont reliera non seulement deux rives, mais sera aussi un lien entre le passé et l'avenir, racontant l'histoire du site.

Figure 8. Concept des garde-corps



Source : Provencher-Roy et Photo AtkinsRéalité

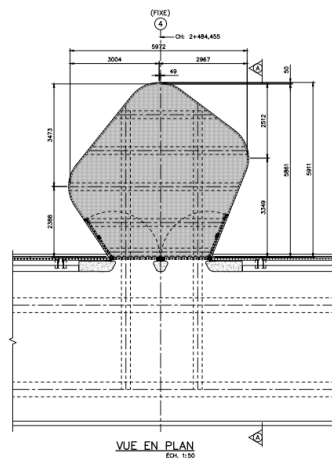
Un belvédère est aménagé du côté aval du pont, en porte-à-faux du tablier afin d'offrir aux usagers des points de vue multiples et incomparables de la rivière des Prairies et des alentours. La géométrie du belvédère est travaillée avec un langage organique. Le plancher du belvédère est conçu en caillebotis métallique. Le choix du caillebotis a été orienté afin de permettre la connexion avec l'eau, faciliter le déneigement et sa légèreté de poids. L'accès au belvédère se fait depuis la piste cyclable, la glissière est interrompue sur une largeur d'environ 3 m. Afin de ne pas prolonger la glissière normalisée sur le belvédère, un bollard est mis en place empêchant ainsi un véhicule d'y accéder.

Figure 9. Vue du belvédère et accès au belvédère sur le nouveau pont



Photo AtkinsRéalis

Figure 10. Vue en plan du belvédère



Source : Plans pour construction du pont

La structure du tablier est conçue afin de permettre l'installation d'un second belvédère, cette fois du côté amont du pont. Cet aménagement est possible si le pont existant est démoli.

Des bacs de plantation sont prévus sur l'ouvrage. Ces bacs en béton sont produits selon deux modèles différents, se déclinent en trois couleurs et reposeront sur des socles de granites disposés sur les trottoirs, adjacents aux voies de circulation.

Figure 11. Bac de plantation



Photo AtkinsRéalis

La conception initiale du projet prévoyait la conversion de l'ancien pont en pont promenade, destiné aux citoyens. Grâce à l'utilisation de béton pigmenté, des motifs dans les trottoirs devaient créer un lien visuel entre les deux structures. Toutefois, l'ancien pont ne pourra finalement pas être transformé et est appelé à être démoli.

Conception pour une durabilité de 100 ans

Le pont Jacques Bizard existant a eu une durée de vie inférieure à 75 ans, forçant son remplacement prématuré. Actuellement, la norme canadienne de conception des ponts routiers (CAN/CSA S6-19) et les normes du ministère des Transports du Québec et de la Mobilité Durable (MTMD) fournissent des directives de conception permettant d'atteindre une durée de vie de 75 ans.

Dans le cadre du présent projet, il a été demandé de concevoir l'ouvrage pour atteindre une durée de vie de 100 ans, sans nécessiter de travaux autres que ceux requis dans le cadre d'un programme d'entretien normal.

Afin de rencontrer ces exigences, différents scénarios ont été analysés et comparés en fonction de leur coût afin de déterminer la solution optimale. La durabilité des éléments de béton a notamment été établie conformément au document « fib Bulletin 34 – Model code for service life design » et de modèles multi-ioniques et mono-ionique.

Paramètres clés pour la durabilité

La durabilité des structures doit être assurée selon les bonnes pratiques et les indications de la norme CAN/CSA S6-19 pour obtenir 100 ans de durée de vie. Cependant, comme mentionnées précédemment, les spécifications de la norme CSA-S6 et celle du MTMD permettent la conception des ouvrages d'art pour 75 ans de durée de vie.

Afin de prolonger la durée de vie de service des structures au-delà de ce que les normes actuelles sont en mesure d'offrir, les paramètres clés suivants doivent être contrôlés :

- Qualité du béton ;
- Enrobage des aciers d'armatures ;

- Type d'acier d'armature ;
- Type d'acier pour les éléments métalliques et de système de peinture;
- Système d'étanchéité du tablier et de drainage.

Une combinaison optimale et judicieuse des paramètres susmentionnés peut permettre de contrecarrer l'ensemble des mécanismes de dégradation affectant la durabilité si les conditions agressives auxquelles les structures sont exposées sont bien identifiées et prises en considération à travers les différentes étapes de la conception.

Les tableaux qui suivent présentent respectivement l'exposition des différents éléments structuraux aux sources de détérioration et les mesures préventives qui peuvent être considérées afin de mitiger les mécanismes de détérioration face à ces sources de détérioration.

Tableau 1. Exposition des éléments structuraux

Éléments de structures	Chlorures	Sol	Agent atmosphérique: Gel-Dégel (GD) et Carbonatation (C)	Eau et glace en rivière
Semelle		X	X (GD)	X
Dalle d'approche	X		X	
Culée, mur d'aile	X	X	X	X
Pile		X	X	X
Poutre d'acier	X (aux extrémités sous les joints)		X (pour acier nu)	
Tablier	X		X	
Trottoir	X		X	

Tableau 2. Mesures préventives

Chlorures	Sol	Agent atmosphérique: Gel-Dégel et Carbonatation	Eau et glace en rivière
• Béton très peu perméable avec ajouts cimentaires • Acier inoxydable ou acier galvanisé • Imperméabilisant • Augmentation de l'enrobage des aciers • Drainage de la structure	• Béton très peu perméable répondant à la classe S3 avec ajouts cimentaires ou liant résistant aux sulfates • Protection par ajout d'acier sacrificiel sur inclusions des murs ou inclusions de géosynthétique.	• Béton à air entraîné • Béton très peu perméable avec ajouts cimentaires • Augmentation de l'épaisseur d'enrobage des aciers • Granulats non réactifs aux alcalis du ciment • Système de peinture • Drainage de la structure	• Béton de plus grande résistance • Augmentation de l'enrobage des aciers • Protection par chemisage d'acier dans zone de marnage • Granulats résistants à l'abrasion et au gel-dégel

Éléments de béton

Pour augmenter la durée de vie des ouvrages à 100 ans, la qualité des bétons doit être améliorée afin d'obtenir des propriétés de durabilité supérieures à celles préconisées par les normes susmentionnées, tout en prenant en considération les contraintes liées à la mise en œuvre sur le site de la construction. Pour ce faire, un raffinement de la microstructure de la matrice cimentaire s'impose afin de favoriser une diffusivité ionique réduite de l'enrobage de béton sur les barres d'acier. L'exothermie excessive du béton dans les éléments de masse pouvant être causée par la teneur élevée en ciment peut être réduite/limitée en remplaçant une partie du ciment par des ajouts cimentaires et en augmentant le rapport eau/liant. S'inscrivant dans la démarche de l'ingénierie de durabilité, d'autres mesures similaires additionnelles peuvent être entreprises afin de prolonger la durée de vie de la structure.

La durabilité du béton n'est pas un paramètre unique mesurable. La durabilité est assurée par la considération d'un ensemble de mesures qui doivent être suivies afin que les ouvrages construits performant selon les attentes. La robustesse et la fiabilité de la structure sont prises en compte par le suivi des normes de conception (chargement, facteur de sécurité, vieillissement, etc.) ainsi qu'en fonction des différentes caractéristiques du béton et de l'enrobage des barres d'acier. Dans le cadre du présent projet, divers mélanges de béton ont été utilisés afin de rencontrer la durabilité souhaitée. Ces mélanges sont notés B1, B2 et B3.

Au niveau des armatures, différentes options sont offertes, l'acier noir peut être remplacé par de l'acier galvanisé ou encore de l'acier inoxydable, et l'acier galvanisé par de l'acier inoxydable. Les recouvrements de béton peuvent être ajustés et des mesures additionnelles peuvent être prises, telles que l'ajout d'inhibiteur de corrosion aux mélanges. Le tableau suivant présente diverses possibilités étudiées dans le cadre du présent projet.

Tableau 3. Comparaisons de critères de conception pour le béton armé

Structure	75 ans [MTMD] (mm)	75 ans [CSAS6] (mm)	100 ans - opt.1 (mm) ¹	100 ans - opt.2 (mm) ¹	100 ans - opt.3 (mm) ¹
Semelle [B1]	Sup. : 75 ± 12 AN Inf. : 100 ± 12 AN	70 ± 20 remblai et eau 100 ± 25 coulé directement contre le sol	75 ± 10 remblai ou 65 ± 10 AG 100 ± 20 coulé directement contre le sol/roc ²	n/a	n/a
Piles, culées, murs d'aile exposés aux ions Cl [B1]	75 ± 12	70 ± 10	75 ± 10* AG	60 ± 10 AI	n/a
Bloc d'assise [B1]	40 ± 12 AG	Surf. hor. 60 ± 20 Surf. vert. 60 ± 20	60 ± 10 AG [culées] 60 ± 10 AN ou 50 ± 10 AG [piles]	45 ± 10 AI [culées]	45 ± 10 AG + 12 l/m ³ CNI [culées]

Structure	75 ans [MTMD] (mm)	75 ans [CSAS6] (mm)	100 ans - opt.1 (mm) ¹	100 ans - opt.2 (mm) ¹	100 ans - opt.3 (mm) ¹
Tablier [B3] ou [B1- Modifié]	Sup. : 60 ± 12 AG Inf. : 35 ± 12 AG	Sup. : 70 ± 20 Inf. : 50 ± 10	Sup. : 80 ± 10 AG + Membrane d'étanchéité Inf. : 50 ± 10 AG	Sup. : 60 ± 10 AI + Membrane d'étanchéité Inf. : 40 ± 10 AI	Sup. : 60 ± 10 AG + 12 l/m ³ CNI + Membrane d'étanchéité Inf. : 40 ± 10 AG
Trottoirs [B3] 50MPa	75 ± 12 AG	Surface 70 ± 20	90 ± 10 AG	70 ± 10 AI	70 ± 10 AG + 12 l/m ³ CNI
Glissières [B3] 50MPa	75 ± 12 AG	Surface 70 ± 20	80 ± 10 AG	60 ± 10 AI/FV	60 ± 10 AG + 12 l/m ³ CNI
Dalle de transition [B3]	50 ± 12 AG	Sup. : hor. 70 ± 20 Dessous 70 ± 10	Surf. hor. 70 ± 10 AG Dessous 70 ± 10 AG	Surf. Hor. 50 ± 10 AI Dessous 50 ± 10 AI	50 ± 10 AG + 12 l/m ³ CNI 50 ± 10 AG + 12 l/m ³ CNI
Béton de seconde coulée pour joint d'expansion [B2]	Sup. : 75 ± 12 AG Inf. : 35 ± 12 AG	Sup. : 70 ± 20 Inf. : 50 ± 10	Sup. : 80 ± 10 AG + Membrane d'étanchéité Inf. : 50 ± 10 AG	n/a	n/a
Légende : AN=acier noir ; AG=acier galvanisé ; AI=acier inoxydable ; FV=barre en fibre de verre ; FS=fumée de silice ; CV=cendres volantes ; CNI=Inhibiteur de corrosion à base de nitrite de calcium à 30 % de solides actifs en masse. Notes : * L'exigence de l'acier galvanisé s'applique uniquement à l'étrier dans le cas d'une exposition indirecte telle que l'infiltration ou l'écoulement d'eau saline à l'arrière d'une culée depuis le tablier. 1 La limite inférieure des enrobages spécifiés représente la valeur minimale requise pour assurer la durée de vie de 100 ans pour les éléments énumérés. 2 Coulé contre le sol, représente un ouvrage coulé sans coffrage et sans l'utilisation d'une fondation granulaire.					

L'étude de prix réalisée indique que le coût de l'utilisation des formules de béton pour ce projet représente une hausse de 5 % par rapport au coût des bétons usuellement utilisés dans l'industrie pour les éléments de 75 ans de durée de vie.

Le coût des solutions 1, 2 et 3 est comparé au coût de la solution MTMD usuelle pour fins de référence. Une seule option est présentée pour les semelles, tandis que 2 options sont présentées pour les piles, culées et murs d'ailes. Ainsi, les coûts de la variante 2 sont ceux de l'option 1 pour les semelles et de l'option 2 pour les autres éléments. De la même façon, les coûts de la variante 3 sont ceux de l'option 1 pour les semelles, les piles, culées et murs d'ailes et de l'option 3 pour les autres éléments.

Selon l'étude de prix réalisée, les coûts de l'option 1, de la variante 2 et de la variante 3 affichent respectivement une hausse de 12 %, de 211 % et de 18 % par rapport au coût relatif aux choix des matériaux selon les spécifications du MTMD.

Charpente d'acier

L'acier structural tout comme l'acier d'armature du béton peut corroder et des mesures spécifiques doivent être proposées afin de le protéger. Outre la fatigue, la corrosion demeure le seul mécanisme associé avec la perte de durabilité de la structure. Afin de prévenir la corrosion, en plus des détails de conception, divers types de protection peuvent être choisis tels que la galvanisation, les systèmes de peinture, le choix du type d'acier, etc.

Le tableau suivant fait état des avantages et des inconvénients de chacune des méthodes de recouvrement possible, relativement aux poutres principales du projet, qui permettent d'atteindre la durabilité souhaitée des poutres principales.

Les systèmes présentés suivent les exigences du MTMD, c'est-à-dire :

- Peinture conforme à la norme 10104 ;
- Système de peinture homologuée HOM 8010-104 ;
- Système de peinture appliquée conformément aux directives du Cahier des Charges et Devis Généraux du MTMD (CCDG) ;

Un système de recouvrement à 3 couches de peinture est constitué d'une première couche primaire époxydique à base de zinc qui agit comme protection sacrificielle de l'acier et qui oxydara de manière préférentielle à l'acier. La couche secondaire époxydique joue le rôle de barrière à l'humidité et la troisième couche, de type polyuréthane joue le rôle d'esthétisme et de résistance aux agents agressifs.

Les systèmes de peinture employés sont conçus pour être des systèmes de haute performance à base de zinc pour des aciers neufs ou préparés selon un degré très soigné (SSPC-SP10/NACE N°2). Ces systèmes de peinture sont destinés à être utilisés dans des niveaux de corrosivité élevée et dans un environnement climatique humide et froid. Le système de peinture est conçu afin que chaque couche à appliquer ait une couleur différente de la couche sous-jacente. L'épaisseur totale du feuillet de peinture doit respecter les fiches techniques des produits choisis sans être moins de 225 µm selon la liste des produits homologués par le MTMD (HOM-8010-104).

Il est possible de substituer la couche de base des systèmes de peinture concernés par une couche de zinc provenant d'un procédé de galvanisation ou de métallisation. Si l'option de galvanisation est retenue, une étape de traitement de surface selon la norme ASTM D6386 est requise après la galvanisation afin d'assurer l'adhérence des couches de peinture subséquente. La galvanisation n'est toutefois pas recommandée pour les pièces de fortes dimensions ou les assemblages mécanosoudés asymétriques qui risqueraient de se déformer au moment du procédé de galvanisation. L'épaisseur minimale de zinc déposé visée doit être celle spécifiée aux normes applicables selon la nature du matériau galvanisé.

La métallisation doit se faire selon les recommandations de l'article 15.14.3 du CCDG. Entre autres, le métal d'apport sous forme de fil doit être conforme à la norme ASTM B833 avec au moins une concentration de 99,95 % en zinc. Les surfaces à métalliser devront être préparées au niveau de soin SSPC-SP5 (métal à blanc). La hauteur du profil devrait se trouver entre 50 et 75 µm et l'épaisseur visée du revêtement de zinc doit être d'au moins 130 µm.

Le tableau suivant fait état des avantages et des inconvénients de chacune des méthodes de recouvrement :

Tableau 4. Comparaisons de systèmes de protection de l'acier

Méthode	Avantages	Inconvénient
Option 1		
Acier Patinable sans revêtement – Acier type AT Revêtement aux joints de tablier et aux poutres de rive	Cette option requiert un recouvrement uniquement aux joints de tablier (1.5 fois la hauteur de la poutre, minimum 3 mètres) et sur les poutres de rive dans le cas où le design architectural requiert une couleur particulière Entretien aux 25 ans environ nécessaire seulement au niveau des joints de tablier sur la période du cycle de vie de l'ouvrage	Requiert une surépaisseur de corrosion pour atteindre la durabilité requise – coût et poids supplémentaires à considérer La couleur finale du produit est limitée à l'aspect de l'acier patinable L'approvisionnement de ce type d'acier pourrait représenter un enjeu
Option 2		
Acier type WT Métallisation Revêtement haute performance sur l'ensemble des éléments 1ère couche – métallisation 2e couche – enduit de peinture époxydique 3e couche – enduit de peinture uréthane	Cette option permet d'obtenir la durabilité souhaitée (100 ans) sans ajouter de surépaisseur de corrosion L'entretien des enduits de peinture est optionnel pour l'atteinte de la durabilité	Coûts plus importants pour l'étape de métallisation Coûts additionnels pour l'application du système de peinture vs option 1 Coûts pour l'entretien des enduits de peinture dans le temps si nécessaire esthétiquement

Méthode	Avantages	Inconvénient
Option 3		
Acier type WT Métallisation Revêtement haute performance UNIQUEMENT aux joints de tablier et aux poutres de rive Joints de tablier et poutres de rive : 2e couche – enduit de peinture époxydique 3e couche – enduit de peinture uréthane Autres surfaces : 2e couche – Enduit de peinture uréthane translucide	Cette option permet d'obtenir la durabilité souhaitée (100 ans) sans ajouter de surépaisseur de corrosion Cette option limite l'application de revêtement haute performance au droit des joints de dilations (1.5X la hauteur de la poutre ou 3 mètres minimum) et aux poutres de rive (seulement s'il est nécessaire de rencontrer une couleur définie) à défaut le fini est métallisé L'entretien du revêtement dans le temps se limite aux zones où il y a présence d'enduit de peinture. Moins d'enduit de revêtement appliqué dans cette option que l'option 2 – effet direct sur le prix	Coûts pour la métallisation plus important que l'option 3, mais équivalent à l'option 2 Coûts pour les enduits de revêtement moindres que l'option 2, puisque limités à certaines surfaces La couleur finale est limitée au fini métallisé
Option 4		
Acier recouvert d'un système de recouvrement à haute performance Acier type WT 1ère couche – enduit de peinture riche en zinc 2e couche – enduit de peinture époxydique 3e couche – enduit de peinture uréthane	Cette option présente des coûts moins importants au moment de la réalisation Toutes les couleurs de finition sont possibles	Cette option ne permet pas d'atteindre la durabilité prévue (100 ans) sans prévoir des entretiens réguliers Coûts pour l'entretien de la peinture dans le temps plus important

Les options 1, 2 et 3 du tableau précédent permettent d'atteindre une durabilité de 100 ans sans prévoir de maintenance outre que pour le côté esthétique.

Concernant la métallisation (option 2 ou 3), l'épaisseur visée du revêtement métallisé doit être d'au moins 130 µm. De plus, l'application d'un scellant (uréthane translucide) sur les surfaces métallisées et d'un système de recouvrement (une couche d'enduit époxydique et une couche d'enduit uréthane) au

droit des joints de dilatation sur une longueur d'au moins 1.5 fois la hauteur de la poutre sans être moins que 3 mètres seront requis sur l'option 3. Il est également possible de ne pas utiliser de scellant et de recouvrir l'ensemble des poutres d'un système de peinture (+ 2 couches / époxyde+uréthane), il s'agit alors de l'option 2.

L'option 4 quant à elle permet l'atteinte d'une durabilité de 100 ans seulement en incluant des maintenances sur le système de recouvrement. En effet, selon les recommandations de NACE (paper no. 7422), pour la classe d'exposition du présent projet, il faut prévoir des retouches après 20 ans, l'application d'un revêtement d'entretien après 27 ans et un reconditionnement complet du système de peinture après 37 ans. Ce cycle devant être répété jusqu'à l'atteinte de la durabilité requise.

L'étude de prix réalisé indique que le coût des options 2, 3 et 4 présentées affiche respectivement une hausse de 8 %, de 7 % et de 7 % par rapport au coût de l'option standard n°1 correspondant aux spécifications du MTQ. En ajoutant les coûts d'entretien, les options 2 et 4 affichent respectivement un écart de 19 % et de 208 %, comparées à l'option 1.

Dans le cadre de ce projet, l'option 2 a été retenue puisqu'elle répond aux exigences des architectes et qu'elle permet l'obtention de la durée de vie de 100 ans sans nécessiter d'entretiens rigoureux.

Pavage

Le système d'étanchéité de la dalle joue un rôle essentiel au point de vue de la durabilité du béton et de l'acier d'armature du tablier. Il protège le tablier contre l'infiltration d'eau provenant de la surface et par le fait même des ions chlorures. Ce système est composé de 2 éléments, soit la membrane bitumineuse et la couche d'enrobé bitumineux.

Tableau 5. Comparaisons de système d'étanchéité de tablier

Description	Avantages	Inconvénient
Option recommandée : Membrane thermosoudable appliquée à chaud (MTMD)		
Membrane à base de bitume modifié aux polymères	Technologie utilisée par le MTQ Facilité d'application et technologie bien maîtrisée Faible coût à l'achat	Surveillance de la mise en œuvre importante Conditions climatiques doivent être favorable lors de la pose de l'enrobé Ne peut pas être mis en circulation avant la pose de l'enrobé

Description	Avantages	Inconvénient
Option alternative : Membrane liquide à deux composantes		
Membrane liquide à base de polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	Technologie adaptée pour le climat québécois Application à très basse température Installation et mûrissement rapide Étanchéité de surface inégale Membrane pouvant être exposée temporairement à la circulation	Technologie moins bien éprouvée Conditions climatiques doivent être favorables lors de la pose Coût initial environ 3 fois plus important Surveillance de la mise en œuvre importante

Contrairement aux chaussées, l'enrobé bitumineux sur les structures n'a pas de rôle purement structural à jouer dans la résistance de l'ouvrage, il sert principalement à protéger la membrane bitumineuse des sollicitations du trafic. La principale dégradation de l'enrobé que l'on peut observer sur une structure est de l'orniérage. Cet orniérage peut être de deux types, soit des ornières causées par le fluage de l'enrobé à haute température ou par l'usure du mélange lors du passage des véhicules. Afin d'optimiser la durée de vie du revêtement, il est donc recommandé d'utiliser un mélange adapté avec un bitume ayant une bonne résistance au fluage ainsi que des granulats ayant une bonne résistance à l'usure. Le tableau suivant présente différentes possibilités au niveau du pavage de l'ouvrage :

Tableau 6. Comparaisons de système de pavage de tablier de pont

Description	Avantages	Inconvénients
Option 1-a : Couche unique 65 mm de ESG-10 (MTQ - Système typique de cycle de ~25 ans)		
Couche unique en enrobé ESG-10 – 65 mm Bitume PG 64E-28 Granulat 2b1, CPP > 0,45	Design selon les standards du MTQ pour une route régionale ou collectrice avec un DJMA > 20 000 véhicules par jour	Risque d'endommagement de la membrane lors des travaux de resurfaçage Ne rencontre pas les exigences du devis normalisé DTNI-10B au niveau du grade de bitume.
Option 1-b : Couche unique 65 mm de ESG-10 (Ville de Montréal)		
Couche unique en enrobé ESG-10 Bitume PG 64E-28 THRD (Jnr3,2 ≤ 0,15 kPa-1) Granulat 1a1, CPP > 0,45	Design selon les standards du MTQ Granulats et bitume plus performant et adapté aux exigences de la ville de Montréal pour une collectrice ou une artère avec circuit d'autobus	Risque d'endommagement de la membrane lors des travaux de resurfaçage

Description	Avantages	Inconvénients
Option 1-c : Couche unique 65 mm de EME		
Couche unique en enrobé à module élevé (EME) – 65 mm Granulat 1a1, CPP > 0,45	Résistance accrue à l'orniérage de fluage Conforme aux exigences de la ville de Montréal	Technologie pas bien connue sur des structures Disponibilité de fournisseur limité Risque d'endommagement de la membrane lors des travaux de resurfaçage Mise en œuvre du EME peut être difficile à atteindre avec des techniques de compactage sans vibration utilisé sur les structures
Option 2-a : Système bicouche de 90 mm de ESG-10		
Couche de base en enrobé ESG-10 - 50 mm Bitume PG 64E-28 Granulat 2b2 Couche de surface en enrobé ESG-10 – 40 mm Bitume PG 64E-28 THRD (Jnr3,2 ≤ 0,15 kPa-1) Granulat 1a1, CPP > 0,45 Année 15 à 20 Planage sur 40 mm Couche de surface en enrobé ESG-10 – 40 mm Bitume PG 64E-28 THRD (Jnr3,2 ≤ 0,15 kPa-1) Granulat 1a1, CPP > 0,45	Bitume plus performant et adapté aux exigences de la ville de Montréal pour une collectrice ou une artère avec circuit d'autobus Risque d'endommagement de la membrane quasi nulle lors des travaux de resurfaçage	Coût initial plus important

Description	Avantages	Inconvénients
Option 2-b : Système bicouche de 90 mm de ESG-10 avec décalage de la couche de surface		
Année 0 Couche unique en enrobé ESG-10 - 65 mm Bitume PG 64E-28 THRD (Jnr3,2 ≤ 0,15 kPa-1) Granulat 1a1 Année 15 à 20 Planage sur 15 à 20 mm Couche de surface en enrobé ESG-10 – 40 mm Bitume PG 64E-28 THRD (Jnr3,2 ≤ 0,15 kPa-1) Granulat 1a1, CPP > 0,45	Bitume plus performant et adapté aux exigences de la ville de Montréal pour une collectrice ou une artère avec circuit d'autobus Risque d'endommagement de la membrane quasi nulle lors des travaux de resurfacement Coût initial moins important que l'option 2a	Coût initial plus important que l'option 1 en raison de la surcharge Ajustement de drainage à prévoir aux abords des joints de dilatation Système de drainage latéral à prévoir en conséquence

Pour le présent projet, l'option 2a a été retenue. L'épaisseur d'enrobé plus importante sur le tablier permettra de faciliter les opérations d'entretien, principalement lors des travaux de planage-pavage et ainsi minimiser les risques d'endommagement de la membrane bitumineuse sous-jacente qui protège les éléments structuraux du tablier.

Conclusion

Le remplacement du pont Jacques Bizard représentait une occasion unique d'améliorer l'accès vers l'Île Bizard et de mettre en valeur le secteur. La nouvelle structure permet de créer une expérience agréable pour tous les utilisateurs, de mettre en valeur la rivière des Prairies et de créer un rappel du passé de l'endroit. Le projet s'est présenté comme une opportunité de réaménager le parc Denis-Benjamin-Viger, adjacent au pont, et de planter plusieurs arbres le long du boulevard Jacques Bizard. Le projet terminé marque une nouvelle ère pour le secteur qui bénéficie d'un actif conçu et pensé pour les besoins du 21^e siècle.

La bonne planification du projet et l'étude de diverses solutions a permis de mettre en place des critères de conception et de construction permettant d'atteindre une durée de vie de 100 ans qui excède les exigences des normes en vigueur et ce, à coûts raisonnables.