

PRIX CANADIENS DU GÉNIE-CONSEIL 2011

Catégorie infrastructures de transport PONT DE LA RIVIÈRE PETITE-NATION AUTOROUTE 50, LOCHABER, QUÉBEC





## PROJET DE CONSTRUCTION D'UN PONT ROUTIER SUR LA RIVIÈRE DE LA PETITE NATION, LOCHABER, QUÉBEC

## Réaliser un « pont de secours » d'envergure en présence d'un profil géotechnique extrêmement complexe

Ce projet représentait un défi de taille pour les ingénieurs de CIMA+, car il fallait concevoir, sur une autoroute importante reliant Montréal à Gatineau, un « pont de secours » au-dessus d'une vallée de 425 mètres de longueur ayant un dénivelé de 35 mètres et préserver la rivière au fond de celle-ci. À cela s'ajoutait un échéancier extrêmement contraignant imposé par notre client.

Le concept de « pont de secours » a été développé par le ministère des Transports de la Californie à la suite de deux tremblements de terre majeurs, survenus en 1971 « San Fernando » et en 1989 « Loma Prieta ». De tels ponts sont construits afin d'assurer la stabilité des ouvrages en cas de séisme majeur et ainsi préserver la sécurité des usagers et le maintien opérationnel de liens routiers stratégiques même en cas de catastrophe. Construire un tel pont constituait une première au Québec pour un ouvrage de cette envergure, car l'application du génie parasismique y est récente.

Mais à cela s'ajoutait une difficulté supplémentaire. À cause de la topographie accidentée et du profil géotechnique extrêmement complexe, les ingénieurs de CIMA+ devaient trouver une solution à la hauteur variable des piliers. En effet, le pilier 2 de 24,5 m appuyé directement sur le roc était beaucoup plus court que le pilier 3 de 32,5 m appuyé sur des pieux caissons traversant 35 m de sol pour rejoindre le roc plus en profondeur, soit une hauteur totale de près de 70 m. Pareille variation dans la hauteur des piliers et dans le terrain d'appui de leur fondation, et donc dans leur rigidité, crée une concentration des charges sismiques dans les piliers les plus courts, en raison de leur rigidité relative plus élevée, les rendant ainsi très vulnérables.

Dès le départ, nous avons constaté que la seule information disponible était le tracé de l'autoroute en plan et profil ainsi que le modèle numérique de terrain fait à partir de photographies aériennes. CIMA+ a alors effectué la cueillette des données, l'analyse sommaire en plan et profil de l'envergure des structures, l'évaluation sommaire des coûts pour les options étudiées, la planification et la localisation des sondages, la planification des relevés bathymétriques et l'établissement des critères de conception. Nous avons commandé des études hydrauliques, géotechniques, pédologiques, environnementales et des relevés topographiques complémentaires.

Grâce à l'esprit créatif de nos ingénieurs, la collaboration des différents experts et la maîtrise de logiciels très sophistiqués, nous avons proposé une solution novatrice, simple et qui répondait efficacement aux besoins du client. CIMA+ a conçu un pont parfaitement adapté à la situation géographique et au profil stratigraphique hétérogène de la vallée tout en étant conforme à la nouvelle norme sismique et qui permettait à la fois de contrôler les coûts et de respecter l'échéancier.

### 1. Un concept novateur de pilier

CIMA+ a conçu un pilier évidé pour aller chercher toute la rigidité dans la base du pilier sans l'alourdir. Lors d'un séisme, plus la masse est élevée en tête, plus les efforts à résister sont grands. Il fallait donc trouver une façon d'alléger la structure. La solution adoptée par CIMA+ pour avoir un pont défini comme étant « régulier » consistait à concevoir un pilier comprenant, dans sa partie supérieure, un chevêtre reposant sur quatre colonnes rectangulaires ductiles de hauteur constante, lesquelles reposaient sur une pyramide tronquée multicellulaire qui constituait la partie inférieure de la pile. Alors que les colonnes ductiles et les chevêtres étaient identiques pour l'ensemble des piliers, la partie pyramidale était composée de trois cellules dont l'épaisseur des parois variait d'un pilier à l'autre. En faisant varier l'épaisseur des parois des cellules selon la hauteur du pilier, il a alors été possible d'avoir une distribution uniforme de la rigidité des piliers, et donc d'obtenir un pont « régulier » dont le comportement est conforme aux spécifications réglementaires en vigueur en matière de calcul sismique, tout en conservant un aspect extérieur identique.

### 2. Des pieux caissons de grand diamètre et des ancrages actifs pour fixer les semelles au roc

L'utilisation de pieux caissons à grand diamètre, qui a permis de transmettre les charges sismiques au roc à travers 35 mètres dans le sol, et la mise en place d'ancrages actifs constituent l'originalité des solutions apportées. Nous étions

assez avant-gardistes en concevant des fondations avec ces types de pieux et d'ancrage. Des analyses très poussées d'interaction sol/structure ont été nécessaires. Dans ce projet, le diamètre choisi a permis l'utilisation d'une foreuse de grand diamètre récemment disponible au Québec. L'utilisation de ces caissons a permis de transmettre les charges sismiques au roc à travers 35 mètres de sol tout en assurant la stabilité et la résistance nécessaires au pilier central le plus haut. Pour développer cette solution, des analyses d'interaction sol-structure, encore peu utilisées au Québec, ont été effectuées.

### 3. Système performant et transparent, résistant au séisme

CIMA+ a prévu un système de retenue longitudinal du pont composé de trois appuis fixes consécutifs, soit un sur chacun des piliers et a mis au point un concept novateur de butoirs en acier pour la résistance aux charges transversales. Les éléments protégés de l'infrastructure, à savoir les chevêtres, les appareils d'appui et les fondations, ont été conçus et dimensionnés pour résister aux forces probables maximales susceptibles de se développer au niveau des rotules plastiques situées aux extrémités des colonnes ductiles. CIMA+ a retenu cette approche, car elle offrait une conception plus sûre et représentait un meilleur contrôle du scénario de rupture. D'ailleurs, cette approche est actuellement préconisée par la Direction des structures du ministère des Transports du Québec en matière de conception parasismique.

### 4. Des contrôles rigoureux

Les dimensions des semelles étaient très imposantes, avec des épaisseurs égales à 2500 mm et 2600 mm. Cela exigeait un contrôle rigoureux de la qualité du béton, en particulier de la température. De la mise en place du béton jusqu'à la fin de la cure, un dispositif de mesures, consistant en l'installation de thermocouples, a permis de suivre l'évolution de la température du béton dans les semelles et à leur surface, de même que la température ambiante. CIMA+ a introduit dans ce projet du ministère des Transports du Québec une nouvelle méthode de contrôle ultrasonique permettant de vérifier la qualité du béton des pieux caissons sur toute leur longueur.

### 5. Un pont léger d'une grande efficacité

Les ingénieurs de CIMA+ ont recommandé une superstructure légère en acier, parfaitement symétrique avec les avantages que cela représente sur le plan de la performance sismique et du comportement de la structure en service. Les efforts étant ainsi parfaitement équilibrés dans chacune des travées, cela permettait d'optimiser la quantité d'acier pour les poutres et de limiter tous les effets néfastes de la fatigue que l'on retrouve dans ce type de structures. La longueur de 85 m s'est imposée pour les travées centrales afin d'éviter des travaux majeurs dans le lit de la rivière. Au départ, ce pont devait avoir une longueur de 425 mètres. Grâce aux études réalisées par CIMA+, la longueur du pont a pu être réduite de plus de 100 mètres. Ce qui représentait une économie substantielle dans les coûts de réalisation du projet.

### 6. Une équipe mobilisée

La mobilisation de l'équipe de CIMA+ était au cœur des concepts novateurs mis de l'avant pour la réalisation du pont de la rivière Petite Nation. La mobilisation de tous les autres intervenants était également essentielle à la réussite du projet. CIMA+ a travaillé en étroite collaboration avec différents experts, notamment deux professeurs d'université et un ingénieur chevronné en géotechnique de la firme Qualitas. L'interaction entre l'ingénieur en structure et le géotechnicien était très importante. La mobilisation de tous a permis d'optimiser le projet au maximum. De plus, l'entrepreneur Pomerleau a réussi à construire le pont exactement comme on l'avait conçu.

### Le rôle de CIMA+

CIMA+ a conçu la totalité du projet de façon à ce qu'il y ait le moins d'imprévus possible pendant la construction. D'ailleurs, lors de l'appel d'offres, il y a eu peu de questions de la part des entrepreneurs, car tous les documents et les plans étaient très clairs. Notre souci constant d'optimisation a permis une substantielle réduction des coûts tant directs lors de la construction qu'en entretien à la suite de la mise en service du pont. Pour ce cas précis, l'effort d'optimisation a permis de retenir une géométrie simple en réponse à des contraintes complexes de conception. Tout ce qui avait été prévu aux plans et devis a été exécuté avec succès. CIMA+ et ses ingénieurs ont construit un pont en utilisant les méthodes traditionnelles et en les poussant à leur potentiel maximum dans les circonstances.

### **TABLE DES MATIÈRES**

	1. PARTICULARITÉS DU PROJET ET ORIGINALITÉ DES SOLUTIONS	2	
	1.1 MISE EN CONTEXTE		
	1.2 LA SOLUTION RETENUE	4	
	1.3 ORIGINALITÉ DES SOLUTIONS	6	
	1.4 CE PROJET A CONSIDÉRABLEMENT AMÉLIORÉ L'EXPERTISE		
	EN PONT DES INGÉNIEURS DE CIMA+		
	2. COMPLEXITÉ	11	
	2.1 RÉALISER UN « PONT DE SECOURS » D'ENVERGURE EN PRÉSENCE	11	
	D'UN PROFIL GÉOTECHNIQUE EXTRÊMEMENT COMPLEXE		
	2.2 N'UTILISER QUE DES MÉTHODES DE CONSTRUCTION TRADITIONNELLES POUR RESPECTER L'ÉCHÉANCIER	12	
	2.3 CONSTRUCTION ARDUE DANS UN SITE VIERGE, ACCIDENTÉ	12	
	ET COMPORTANT DES SOUS-PRESSIONS ARTÉSIENNES		
	3. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	14	
	5. IMPACIS SON LENVINONNEMENT	14	
	4. RETOMBÉES SOCIALES ET ÉCONOMIQUES	16	
	4. RETORIBLES SOCIALES ET ECONOMIQUES	16	
	5. SATISFACTION OU DÉPASSEMENT DES BESOINS DU CLIENT	18	
	5.1 COÛTS OPTIMISÉS ET ÉCHÉANCIER RESPECTÉ		
-	5.2 UN ACCOMPAGNEMENT COMPLET DU CLIENT		
36.	5.3 L'ÉQUIPE DE CONCEPTION		
	5.4 LES EXPERTS EXTERNES		
-	5.5 L'ÉQUIPE DE SURVEILLANCE		
	5.6 UNE RÉUSSITE EXEMPLAIRE	20	
		not the second	
			-
		and the state of	156
	THE RESERVE THE PARTY OF THE PA		
			The same of
	The second secon		
	The second secon		
		100B	
	THE PERSON NAMED IN COLUMN TWO IS NOT THE PERSON NAMED IN COLUMN TWO IS NAMED IN COLUMN TW	A DESCRIPTION OF THE PERSON OF	
The state of the s			

### 1. PARTICULARITÉS DU PROJET ET **ORIGINALITÉ DES SOLUTIONS**

#### 1.1 MISE EN CONTEXTE

Le projet du pont sur la rivière de la Petite Nation s'inscrivait dans le cadre des travaux de parachèvement de l'autoroute 50 entre Masson-Angers et Lachute au Québec. Une des exigences de notre client, le ministère des Transports du Québec (MTQ),

était de concevoir un pont répondant à la catégorie d'importance sismique « pont de secours » du Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6-06), une première au Québec pour un ouvrage de cette envergure.

Il fallait donc que les ingénieurs de CIMA+ conçoivent un « pont de secours » au-dessus d'une vallée de 425 mètres de longueur ayant un dénivelé de 35 mètres et il fallait aussi préserver la rivière au fond de celle-ci. Le tout devait être réalisé dans un échéancier extrêmement serré, car

ce pont une fois terminé devait servir à l'achèvement de l'autoroute 50.

À l'obtention du mandat, CIMA+ a constaté qu'aucune étude n'avait encore été effectuée en ce qui concernait les ouvrages d'art. La seule information disponible était le tracé de l'autoroute en plan et profil ainsi que le modèle numérique de terrain fait à partir de photographies aériennes. Il était obligatoire de procéder à plusieurs études pour déterminer la meilleure approche conceptuelle possible.

CIMA+ a alors effectué la cueillette des données, l'analyse sommaire en plan et profil de l'envergure des structures, l'évaluation sommaire des coûts pour les options étudiées, la planification et la localisation des sondages, la planification des relevés bathymétriques et l'établissement des critères de conception. Nous avons commandé des études hydrauliques, géotechniques, pédologiques, environnementales et des relevés topographiques complémentaires.

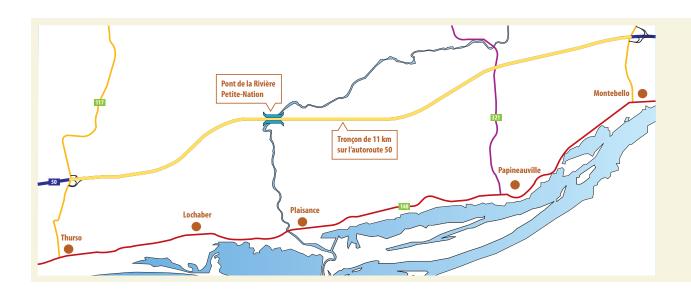
CIMA+ a ensuite procédé à l'analyse des intrants essentiels et a étudié plusieurs scénarios. Mais avant tout, les ingénieurs devaient trouver une solution à la hauteur des piliers, puisque ceux-ci posaient de sérieux problèmes de résistance aux charges sismigues.

Le pont sur la rivière de la Petite Nation est situé sur une autoroute et, par conséquent, le MTQ l'a l'expertise la plus classé dans la catégorie « pont de secours ». Cette catégorie de ponts doit pouvoir résister à de forts complète dans le séismes de manière à permettre le passage des véhicules d'urgence, des secours et des vivres en cas de catastrophe. Le Code canadien pour le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6) définit ces ponts comme faisant partie du réseau routier stratégique et devant rester ouverts à l'ensemble

du trafic dans le cas d'un séisme de référence qui correspond à une période de récurrence de 475 ans.

Les « ponts de secours » doivent également être accessibles aux véhicules d'urgence à des fins de sécurité et de défense dans le cas d'un séisme majeur probable, soit un séisme dont la période de récurrence est de 1000 ans. Cela signifie qu'un « pont de secours » doit être conçu pour avoir une ductilité et une redondance accrues, avec un mécanisme de rupture clair qui garantit la sécurité et qui limite les dommages pendant un séisme majeur.

La notion de « pont de secours » a d'abord été développée par le ministère des Transports de la Californie à la suite de deux tremblements de terre majeurs, soit celui de 1971 « San



CIMA+ offrait

domaine des

le tracé de

transports pour

l'autoroute 50.

Fernando » et un plus récent, « Loma Prieta », en 1989. De tels ponts sont construits afin, d'une part, d'assurer la sécurité des usagers au moment du séisme et également de garantir que certains liens routiers ne seront pas coupés à la suite du tremblement de terre. Le Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6) est largement inspiré du Code américain, lequel a été revu en profondeur à la suite du tremblement de terre du 17 octobre 1989 à San Francisco.

Soulignons que les efforts pour le design parasismique des éléments d'un « pont de secours » doivent être majorés par un facteur de 3 comparativement à 1,5 pour ceux d'un « pont d'urgence », la catégorie d'importance inférieure.

Dans un premier temps, nos spécialistes en ouvrages d'art ont demandé à nos spécialistes de chaussée s'il était possible d'optimiser davantage le profil de l'autoroute dans ce secteur. L'exercice a été fait, mais d'autres facteurs tels que la présence d'une importante montagne de roc à l'approche ouest du pont et l'optimisation des quantités de déblais et de remblais faisaient en sorte que l'autoroute 50 devait absolument passer à plus de 30 mètres au-dessus de la rivière. Il fallait donc se conformer à cet impératif.

Dans le but d'optimiser les coûts du projet, d'autres solutions ont été examinées. Nos ingénieurs ont analysé plusieurs paramètres dont la longueur du pont, le nombre de travées et, par conséquent, le nombre de piliers et leur emplacement ou encore la hauteur optimale des remblais aux approches. Au départ, ce pont devait avoir une longueur de 425 mètres. Grâce aux études réalisées par CIMA+, la longueur du pont a pu être réduite de plus de 100 mètres. Ce qui représentait une économie substantielle de réalisation.

Il faut mentionner que, afin de bien définir le projet, des études géotechniques très spécialisées étaient requises. Ce projet n'aurait pas pu être réalisé comme CIMA+ l'avait défini sans la bonne communication et la compréhension qu'il y a eu entre l'ingénieur en géotechnique et l'ingénieur en structure.

La notion de « pont de secours » a d'abord été développée par le ministère des Transports de la Californie à la suite de deux tremblements de terre majeurs, soit celui de 1971 « San Fernando » et un plus récent, « Loma Prieta », en 1989. De tels ponts sont construits afin, d'une part, d'assurer la sécurité des usagers au moment du séisme et également de garantir que certains liens routiers ne seront pas coupés à la suite du tremblement de terre.



#### 1.2 LA SOLUTION RETENUE

Les ingénieurs de CIMA+ ont conçu un pont parfaitement adapté à la situation géographique et au profil stratigraphique hétérogène de la vallée tout en étant conforme à la nouvelle norme sismique et qui permettait à la fois de contrôler les coûts et de respecter l'échéancier. Il s'agissait du meilleur scénario possible dans les circonstances.

CIMA+ a proposé un pont dont la géométrie finale de la structure était de quatre travées continues de 67 m, 2 x 85 m et 67 m pour une longueur totale de 304 m. Ce concept était réalisable malgré la présence d'argile à l'endroit prévu pour la culée ouest. À cet endroit, il était possible d'excaver l'argile sur une zone assez restreinte et ensuite de construire un remblai de roc. Le remblai de roc à cet endroit aurait alors été d'une hauteur d'environ 15 mètres, ce qui était tout à

fait acceptable.

Il était prévu que deux fondations soient placées de chaque côté de la rivière et que les autres soient placées pour obtenir une symétrie dans la superstructure. Le pont serait appuyé sur deux culées de part et d'autre du pont et sur trois piliers

CIMA+ recommandait une superstructure légère en acier, parfaitement symétrique avec les avantages sur le plan de la performance sismique et du comportement de la structure en service que cela représente. Les efforts étant ainsi parfaitement équilibrés dans chacune des travées, cela permettait d'optimiser la quantité d'acier pour les poutres et de limiter tous les effets néfastes de la fatigue que l'on retrouve dans ce type de structures. Les risques d'un vieillissement prématuré étaient alors grandement limités et les frais d'entretien réduits de manière importante.

La longueur de 85 m s'est imposée pour les travées centrales afin d'éviter des travaux majeurs dans le lit de la rivière. L'impact sur l'environnement pendant et après la construction était ainsi minimisé. Il s'agissait d'une longueur maximale de travée permettant d'utiliser des poutres d'acier d'une hauteur maximale de 3,2 m qui pourraient être transportées au site sans permis spécial. La hauteur retenue, celle des plaques disponibles au Québec, permettait aussi d'éviter une soudure sur toute la longueur dans l'âme de la poutre. Les soudures sont toujours un facteur de préoccupation, car elles pourraient raccourcir la durée de vie utile.

La largeur carrossable du tablier avait été déterminée en fonction de la classification de la route et de ses besoins fonctionnels. Pour l'autoroute 50, la largeur carrossable requise était de 13,4 m (2 voies de 3,7 m chacune et 2 accotements

> de 3 m), ce qui correspondait aux exigences du MTQ pour une route nationale. Pour accommoder cette largeur carrossable et faciliter l'entretien du tablier dans le futur. cinq poutres assemblées en acier avec une dalle composite en béton armé coulée en place ont

Nos ingénieurs ont conçu un pont parfaitement adapté à la situation géographique et été choisies. au profil La conception de la nouvelle structure était stratigraphique hétérogène de la vallée tout en étant conforme à la

conforme aux exigences du Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6), qui est des plus sévères en matière de design parasismique, en plus de respecter les exigences du MTQ qui sont encore plus sévères, ayant été révisées dans la foulée de l'effondrement du viaduc de la Concorde.



nouvelle norme

sismique qui est des

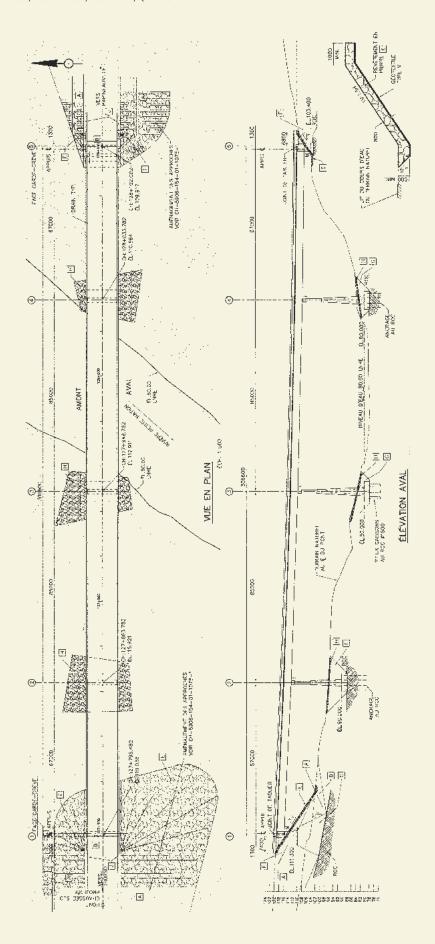
matière. Il s'agissait

du meilleur scénario

plus sévères en la

possible dans les

circonstances.



### 1.3 ORIGINALITÉ DES SOLUTIONS

Pour répondre adéquatement aux principales difficultés que présentait ce projet, CIMA+ a apporté des solutions totalement originales et innovatrices.

### 1.3.1 Un concept novateur de pilier

La solution adoptée par CIMA+ pour avoir un pont défini comme étant « régulier » consistait à concevoir un pilier comprenant, dans sa partie supérieure, un chevêtre reposant sur quatre colonnes rectangulaires ductiles de hauteur constante, lesquelles reposaient sur une pyramide tronquée multicellulaire qui constituait la partie inférieure du pilier.

Alors que les colonnes ductiles et les chevêtres étaient identiques pour l'ensemble des piliers, la partie pyramidale était composée de trois cellules dont l'épaisseur des parois variait d'un pilier à l'autre. En faisant varier l'épaisseur des parois des cellules selon la hauteur du pilier, il a alors été possible d'avoir une distribution uniforme de la rigidité des piliers, et donc d'obtenir un pont « régulier » dont le comportement est conforme aux spécifications réglementaires en vigueur en matière de calcul sismique, tout en conservant un aspect extérieur identique.

Les piliers ont été conçus de manière à avoir un mécanisme de rupture transparent avec le maximum de redondance possible dans les directions principales du pont. La partie supérieure, composée de colonnes multiples, assurait la ductilité de la structure et permettait de réduire les efforts sismiques au maximum. Le pilier en caisson dans la partie inférieure fournissait la résistance nécessaire aux efforts transmis par les colonnes.

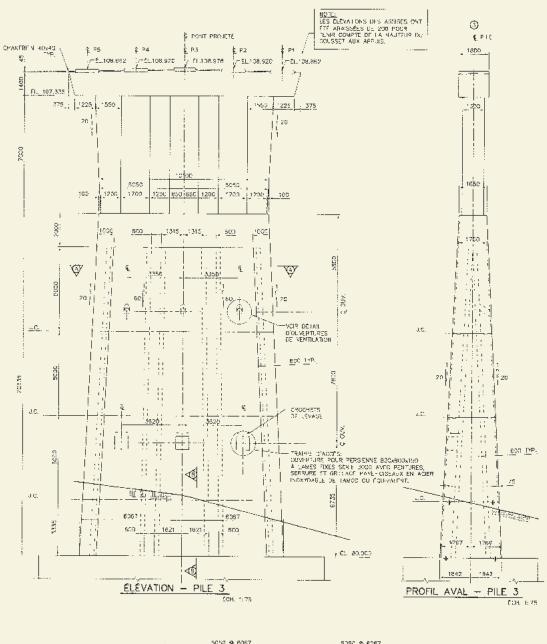
En faisant varier l'épaisseur des parois des cellules selon la hauteur du pilier, il a alors été possible d'avoir une distribution uniforme de la rigidité des piles, et donc d'obtenir un pont « régulier ».

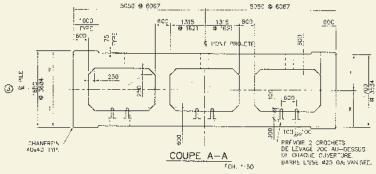


Le système structural choisi par CIMA+ permettait une bonne dissipation d'énergie grâce à la formation de rotules plastiques dans la partie supérieure ductile du pilier, tout en maintenant les déplacements au sommet dans les limites acceptables.

Cette solution donnait un pont « régulier »; elle évitait des études particulières nécessitant l'intervention d'autres spécialistes en sismologie et des analyses non linéaires additionnelles qui n'auraient pas forcément garanti le comportement optimal souhaité, en plus de présenter le risque d'avoir des fondations de dimensions démesurées. De plus, tout cela aurait causé des retards indésirables et entraîné des coûts supplémentaires.







### 1.3.2 Des pieux caissons de grand diamètre et des ancrages actifs pour fixer les semelles au roc

Le pilier 3, le plus haut en raison de la topographie, était fondé sur le sol le moins compétent. À cet endroit, le roc plongeait à plus de 33 mètres de profondeur et le sol en place ne permettait pas de supporter la fondation superficielle, d'où la solution de fonder le pilier sur 10 pieux caissons de 1,5 m de diamètre. D'autres solutions ont été explorées, mais aucune n'était satisfaisante.

Afin de respecter l'échéancier et la nouvelle norme, CIMA+ n'a pas hésité à innover. Dans ce projet, le diamètre choisi a permis

l'utilisation d'une foreuse de grand diamètre récemment disponible au Québec. L'utilisation de ces caissons a permis de transmettre les charges sismiques au roc à travers 35 mètres de sol tout en assurant la stabilité et la résistance nécessaires au pilier central le plus haut. Pour développer cette solution, des analyses d'interaction sol-structure encore peu utilisées au Québec ont été effectuées.

La sensibilité élevée de la structure aux rotations de la fondation et l'influence importante que cela pouvait avoir sur les déplacements de la structure et sur les effets de P-imposaient d'empêcher toute rotation dans les fondations des piliers 2 et 4. Ces deux piliers, fondés sur un socle rocheux de bonne qualité, ont donc été encastrés au sol au moyen de tirants d'ancrage actifs. Les fondations et les tirants d'ancrage ont été conçus et dimensionnés pour empêcher tout soulèvement des bords de fondation lors d'un événement sismique. Au total, 68 et 76 tirants, avec une force de prétension initiale de 2430 kN, ont été utilisés dans les fondations des piliers 2 et 4, respectivement.

Par souci de respecter l'échéancier et la nouvelle norme, CIMA+ n'a pas hésité à innover. L'utilisation de pieux caissons de grand diamètre a permis de transmettre les charges sismiques au roc à travers

35 mètres de sol.



### 1.3.3 Système performant et transparent, résistant au séisme

CIMA+ a installé un système de retenue longitudinal du pont composé de trois appuis fixes consécutifs, un à chacun des piliers et a mis au point un concept novateur de butoirs en acier pour la résistance aux charges transversales. CIMA+ a prévu la formation de 8 rotules plastiques dans la partie ductile de chacun des piliers pour dissiper l'énergie sismique, ce qui a permis de réduire considérablement les charges transmises aux unités de fondation.

Les éléments protégés de l'infrastructure, à savoir les chevêtres, les appareils d'appui et les fondations, ont été conçus et dimensionnés pour résister aux forces probables maximales susceptibles de se développer dans les rotules plastiques dans les colonnes ductiles. Cela a conduit à la conception d'infrastructures pour des forces sismiques supérieures à celles qui correspondent aux forces élastiques, comme prescrit dans le Code CAN/CSA-S6. CIMA+ a retenu cette approche, car elle

offrait une conception plus sûre et représentait un meilleur contrôle du scénario de rupture. D'ailleurs, cette approche est actuellement préconisée par la Direction des structures en matière de conception parasismique.

### 1.3.4 Des contrôles rigoureux et des solutions originales

Il faut souligner que les dimensions des semelles étaient très imposantes, avec des épaisseurs égales à 2500 mm (piliers 2 et 4) et 2600 mm (pilier 3). Cela exigeait un contrôle rigoureux de la qualité du béton, en particulier la température. De la mise en place du béton jusqu'à la fin de la cure, un dispositif de mesures, consistant en l'installation de thermocouples, a permis de suivre l'évolution de la température du béton dans les semelles et à leur surface, de même que la température ambiante. Les mesures étaient recueillies à intervalles définis.

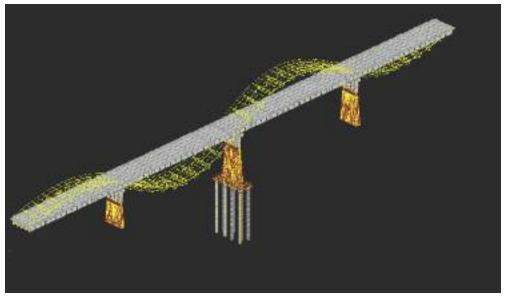
CIMA+ a introduit dans un projet du Ministère une nouvelle méthode de contrôle ultrasonique permettant de vérifier la qualité du béton des pieux caissons sur toute leur longueur. Aucune méthode de contrôle n'était exigée auparavant.

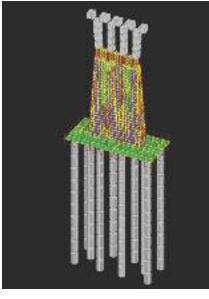
CIMA+ a utilisé un remblai de roc imposant comme fondation. Il s'agissait d'une approche peu courante qui a permis de

réutiliser une grande quantité de roc excédentaire et de réduire considérablement la portée du pont. Ce remblai de roc avait une longueur de 100 mètres et une hauteur de 15 mètres.

Enfin, une attention particulière a été accordée à la question de la disposition des armatures et du bétonnage, notamment dans les zones de formation de rotules plastiques qui, en raison de leur vocation, étaient fortement armées. CIMA+ a également reformulé le béton utilisé dans les sommets des pyramides tronquées, là où les colonnes prennent leurs encastrements.

CIMA+ a introduit dans un projet du Ministère une nouvelle méthode de contrôle ultrasonique permettant de vérifier la qualité du béton des pieux caissons sur toute leur longueur.





### 1.4 CE PROJET A CONSIDÉRABLEMENT AMÉLIORÉ L'EXPERTISE EN PONT DES INGÉNIEURS DE CIMA+

Un projet d'une telle précision demandait un effort réel de conception et d'adaptation à une nouvelle norme en matière de « pont de secours ». Il aura été une occasion d'apprentissage exceptionnelle, entraînant son lot de nouvelles connaissances. Nous avons créé un comité interne de design parasismique et nous donnons maintenant des formations à nos ingénieurs sur le design de fondations profondes et, plus particulièrement, de pieux caissons. L'expertise de CIMA+ est depuis devenue une référence dans ce domaine et nos autres départements cherchent à en bénéficier.

L'étroite collaboration que nous avons développée durant tout le projet avec le Groupe Qualitas a servi à l'amélioration de leur expertise en géologie. La firme Pomerleau nous a assuré que ce projet lui a permis d'acquérir une expertise pointue et de grande valeur pour des projets similaires. Cela a été possible grâce au souci permanent de CIMA+ de maintenir des relations très franches avec le constructeur et de l'aider à améliorer ses techniques de construction.

CIMA+ a réalisé un projet qui demandait une interprétation réaliste et novatrice du nouveau Code canadien en matière de « pont de secours ». Nous sommes particulièrement fier d'avoir

communiqué nos connaissances aux ingénieurs de la Direction des structures du ministère des Transports du Québec. Grâce à leur collaboration et à leur ouverture, ils ont pu bénéficier des recherches faites dans le cadre de ce mandat. Cela a d'ailleurs conduit à la modification du manuel de conception des structures en fonction de la qualité de nos résultats. Chez CIMA+, nous sommes convaincu qu'il est important de faire profiter l'ensemble de la profession des connaissances acquises par le biais de la Direction.

Les ingénieurs de CIMA+ ont participé à l'amélioration du savoir-faire québécois en design et en construction de pieux caissons. Cette technique est désormais utilisée régulièrement dans les projets de ponts. Les pieux caissons de grand diamètre ont toujours été construits à l'aide de trépans et de godets. Cette méthode a un très grand impact sur l'échéancier d'exécution des travaux. L'introduction d'un nouvel équipement a permis de forer l'emboîture d'un pieu par jour. Avec la méthode traditionnelle, nous n'aurions pu

creuser que deux pieux par année. Le constructeur a réussi à creuser le tout en 23 semaines, du jamais vu sur les chantiers québécois!

Mais plus encore, ce projet a fourni à Mme Marie-Claude Michaud, l'ingénieure principale, et à M. Munzer Hassan, l'ingénieur qui a réalisé les analyses sismiques et conceptualisé les piliers, la matière suffisante à deux articles scientifiques présentés dans des congrès internationaux; notamment à la « 8th International Conference on Short and Medium Span Bridges » qui avait lieu à Niagara Falls, Canada en 2010 et au « 17e Colloque sur la progression de la

recherche québécoise sur les ouvrages d'art » qui avait lieu à Québec en mai 2010. CIMA+ a ainsi contribué à la diffusion de la connaissance scientifique au plan international et au plan national.

CIMA+ a une réelle préoccupation de faire évoluer la compétence de ses équipes et voulait faire en sorte qu'un projet comme celui-ci procure d'importantes retombées à ses experts.



### 2. COMPLEXITÉ

# 2.1 RÉALISER UN « PONT DE SECOURS » D'ENVERGURE EN PRÉSENCE D'UN PROFIL GÉOTECHNIQUE EXTRÊMEMENT COMPLEXE

CIMA+ a examiné différents systèmes structuraux susceptibles d'assurer à l'ouvrage classé comme « pont de secours » un comportement ductile sous l'effet d'une action sismique. Le principal défi provenait vraiment de la hauteur variable des piliers, combinée à un profil géotechnique très hétérogène. En

effet, le pilier 2 de 24,5 m fondé directement sur le roc était beaucoup plus court que le pilier 3 de 32,5 m fondé sur des pieux caissons traversant 35 m de sol pour rejoindre le roc plus en profondeur, soit une hauteur totale de près de 70 m.

Pareille variation dans la hauteur des piliers et de leur fondation, et donc dans leur rigidité, crée une concentration des charges sismiques dans les piliers les plus courts en raison de leur rigidité relative plus élevée, les rendant ainsi très vulnérables. Or, les prescriptions réglementaires contenues dans le Code CAN/CSA-S6 en matière de calcul sismique sont claires sur ce point : les éléments ductiles de l'infrastructure doivent avoir une rigidité similaire pour pouvoir envisager le scénario, désirable, d'une plastification simultanée des éléments ductiles; à défaut, c'est une rupture séquentielle des piliers de différentes hauteurs qui se produira.

géotechnique particulier à l'emplacement du pont sur la rivière Petite Nation a nécessité de la part de CIMA+ des efforts créatifs au chapitre de la conception des principaux éléments structuraux tels que les piliers et les fondations.

Le profil

la structure dans son ensemble, y compris l'interaction solstructure à l'aide des logiciels spécialisés à cet effet. Ce type de modélisation requiert des connaissances approfondies du comportement dynamique des structures et des logiciels de calcul utilisés.

Plus particulièrement, pour être en mesure de réaliser ces analyses, le pont doit être classé comme étant « régulier » du point de vue des rigidités relatives des unités de fondation. Or, le profil du pont, avec des hauteurs de piliers variables et un profil géotechnique hétérogène, ne permettait pas de répondre aux exigences relatives aux ponts normaux. Le défi majeur a donc été de proposer un concept de piliers et de fondations

qui en ferait un pont « régulier » et être ainsi en mesure de réaliser les analyses sismiques conformément aux exigences du Code CAN/CSA-S6.

La hauteur importante des piliers amenait également des problématiques additionnelles quant aux effets P  $\Delta$ . Ainsi, des études de sensibilité concernant les rotations du point de vue des fondations et des effets que ces rotations pouvaient occasionner sur les déplacements et la redistribution des efforts dans la structure ont dû être réalisées, ce qui implique des analyses non linéaires rigoureuses.

Le Code CAN/CSA-S6 spécifie que pour les ponts de secours situés dans les zones de rendement sismique 3, une analyse spectrale multimodale doit être effectuée. Ces analyses dynamiques requièrent la création de modèles 3D représentant



### 2.2. N'UTILISER QUE DES MÉTHODES DE CONSTRUCTION TRADITIONNELLES POUR RESPECTER L'ÉCHÉANCIER

CIMA+ savait qu'un pont d'une telle envergure aurait peutêtre pu bénéficier de systèmes novateurs pour la résistance aux charges sismiques, comme l'utilisation d'isolateurs sismiques, toutefois, l'échéancier ne le permettait pas. L'utilisation de ces systèmes demande des analyses additionnelles et la participation active d'un spécialiste en la matière, sans compter les essais expérimentaux sur les prototypes et les appareils à mettre en place, conformément aux exigences du Code CAN/CSA-06. Tout cela aurait cependant prolongé l'échéancier d'au moins une année.

Pour y arriver, il fallait non seulement prévoir un délai précis et réaliste pour la construction du pont, mais il fallait aussi que les plans et devis soient prêts à temps pour que l'entrepreneur puisse respecter les délais. En tenant compte de tout cela, CIMA+ a donc rejeté tout concept pouvant entraîner des dépassements de l'échéancier. Nous devions compter sur l'expertise de l'entrepreneur et sur sa capacité à livrer un pont dans les délais et le budget prévus grâce à des méthodes conques et maîtrisées.

# 2.3 CONSTRUCTION ARDUE DANS UN SITE VIERGE, ACCIDENTÉ ET COMPORTANT DES SOUS-PRESSIONS ARTÉSIENNES

CIMA+ devait construire un ouvrage d'importance sur un site totalement vierge. Aucun accès n'était disponible et la réalisation des sondages requis pour l'étude géotechnique exigeait dès le départ une logistique très complexe, particulièrement pour le transport des foreuses. Il fallait aussi déterminer le meilleur accès possible au site pour l'entrepreneur. La problématique du transport des poutres a également dû être étudiée en détail, car la hauteur sur route était à son maximum pour plusieurs itinéraires reliant l'usine de fabrication au chantier.

À la complexité de la situation s'ajoutait le fait que la surface du roc présentait une pente importante dans le sens longitudinal et dans le sens transversal au niveau de certaines fondations. De l'eau souterraine était présente près de la surface du terrain naturel aux fondations 1, 2, 3 et 4, ce qui compliquait les travaux de fondation. De plus, le site était très difficile d'accès et l'étayage était pratiquement impossible à cet endroit.

Il fallait mettre en place un remblai de roc important sur un sol qui n'était pas compétent au départ et qui comportait des souspressions artésiennes. Il a fallu installer des puits de relâche et ensuite excaver l'argile. De nombreuses précautions ont dû être prises pour éviter que l'entrepreneur se heurte à de sérieux problèmes lors de ses travaux en sous-œuvre.

Ce projet demandait beaucoup de travaux en hauteur, ce qui représentait un risque pour la sécurité des travailleurs. L'entrepreneur a donc cherché à préassembler le maximum de cages d'armature au lieu de faire le montage sur place comme dans le cas des ouvrages usuels en béton armé. Lors de la construction des piliers, l'entrepreneur a donc soumis plusieurs demandes de modifications dans le but de faciliter la mise en place d'armature et de privilégier leur pré-assemblage. Les ingénieurs de CIMA+ ont été très ouverts à l'étude de toutes ces demandes, ce qui a mené à des prouesses de réalisation.

À un autre moment, l'entrepreneur souhaitait utiliser une passerelle de décoffrage qu'il avait mise au point lors de projets réalisés en Ontario. Il est courant de jeter les panneaux de coffrage au sol, mais cela augmente les risques d'accidents, ce que l'entrepreneur voulait à tout prix éviter. Cette passerelle de décoffrage a nécessité toute notre collaboration, car le pont n'avait pas été conçu pour la recevoir. Grâce à leur grande coopération, les ingénieurs de l'entrepreneur et le concepteur du tablier ont pu trouver une solution acceptable et sécuritaire.

Dans un projet d'une telle envergure, les détails sont d'une grande importance. Il suffit de penser à l'inspection des structures. Ce pont devra être inspecté et son suivi devra être fait périodiquement pendant toute sa durée de vie utile. À cette fin, nous avons prévu un système pour l'inspection des poutres et nous avions aussi prévu, à l'intérieur des piliers vides et par souci d'économie, un minimum de crochets et d'attaches pour permettre l'inspection par escalade.

Toutefois, en cours de réalisation, constatant l'ampleur des piliers, le client a demandé qu'on ajoute des passerelles d'inspection afin d'améliorer la sécurité des inspecteurs au cours des inspections de routine. Le design de ces passerelles a été réalisé par CIMA+ en collaboration avec l'entrepreneur pour trouver une solution optimale et sécuritaire au cours des inspections de routine.





### 3. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

CIMA+ a conçu un pont très économique en réduisant significativement sa longueur grâce à un concept de culée sur un important remblai de roc. Cela permettait de recycler de façon écologique et économique le roc excédentaire. Le nombre de poutres prévu permettra dans le futur le remplacement de la dalle sans interrompre la circulation.

Dès la conception, nous avions un souci d'économie dans la réalisation de ce projet. Nous nous sommes donc concentrés sur la durabilité du pont et nous l'avons conçu pour une durée de vie utile de 75 ans. Tous les éléments du pont ne nécessiteront aucun entretien, à l'exception du tablier qui est exposé aux pires conditions, comme tous les ponts construits au Québec.

Pour éliminer une problématique d'entretien traditionnelle, les ingénieurs de CIMA+ ont prévu une charpente métallique faite d'acier atmosphérique qui évite l'application de peinture. Grâce à ses propriétés chimiques, cet acier s'auto-protège de la corrosion en créant une couche d'oxyde de couleur rouille sous l'influence des conditions atmosphériques.

Le béton que nous avons utilisé pour la dalle de tablier et les glissières est un béton ternaire. Il a une grande durabilité et il est beaucoup plus résistant aux agressions chimiques externes comme les sels de déglaçage. Les produits cimentaires ajoutés au liant du béton proviennent de résidus industriels recyclés, ce qui démontre notre respect de l'environnement.

Nous avons fait appel à plusieurs produits de qualité pour répondre à notre préoccupation de durabilité, comme l'acier d'armature galvanisé pour la dalle, les glissières de sécurité, les joints de tablier et les appareils d'appui, tous fortement exposés aux sels de déglaçage. Nous avons aussi utilisé une membrane d'étanchéité pour protéger la dalle.

Pour éviter les problèmes que l'on retrouve habituellement dans les éléments évidés en béton et qui affectent la durabilité des ouvrages, une attention particulière a été apportée à la construction d'ouvertures d'aération positionnées stratégiquement et d'un système de drainage. Nous y avons aussi fait installer une membrane d'étanchéité, de l'isolant rigide et un drain perforé.

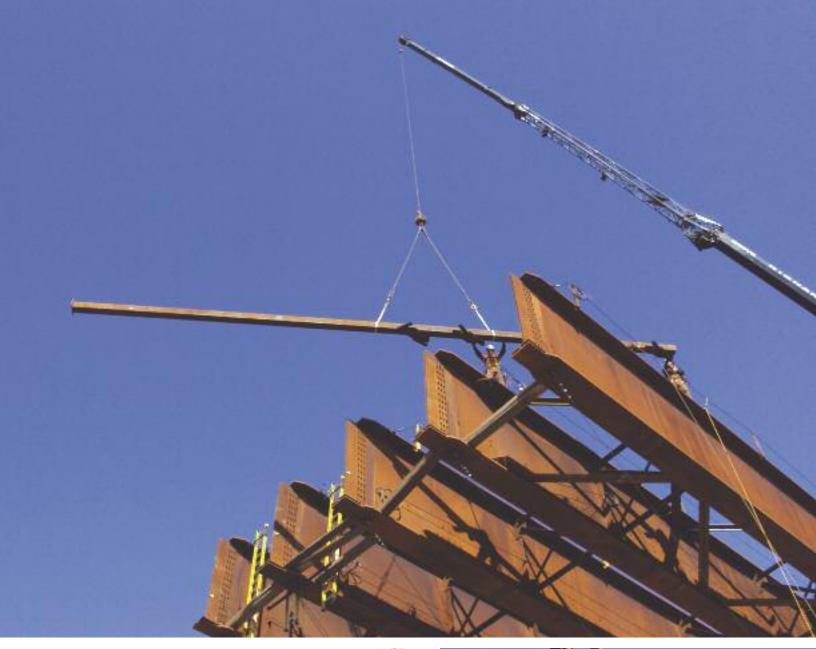
Nous avons respecté la demande du client d'éviter de construire un pilier dans le cours d'eau et nous avons la certitude que l'ensemble des travaux n'a causé aucun

> dommage permanent à l'environnement, qu'une étude avait révélé peu sensible. Notre impact sur l'environnement a donc été presque nul.

> Nous avons réussi à recycler la totalité du roc lors des remblayages et les tests de sol n'ont révélé aucune anomalie ou matière polluante.

Nous avons respecté la demande du client d'éviter de construire un pilier dans le cours d'eau et nous avons la certitude que l'ensemble des travaux n'a causé aucun dommage permanent à l'environnement, qu'une étude avait révélé peu sensible. Notre impact sur l'environnement a donc été presque nul.









# 4. RETOMBÉES SOCIALES ET ÉCONOMIQUES

Autoroute interurbaine québécoise, l'autoroute 50, aussi connue sous le nom d'Autoroute de l'Outaouais dans sa section ouest, est une autoroute de l'ouest du Québec. Elle dessert les régions de l'Outaouais et des Laurentides. Elle est le principal lien routier entre la grande région de Montréal et Gatineau-Ottawa sur la Rive-Nord de la rivière des Outaouais. Sa longueur totale est actuellement de 106 kilomètres. À terme, elle fera 158 kilomètres.

Le Ministère justifie le projet de la construction de deux chaussées de l'autoroute 50 pour les raisons suivantes :

- amélioration des liens routiers entre Hull-Ottawa et Montréal;
- soutien au développement économique (industriel et touristique);
- réponse à la demande de déplacements de longue distance et régionaux;
- moyen de pallier aux déficiences géométriques et de circulation de la route 148 (manque de visibilité au dépassement, traversée de plusieurs villages où la vitesse affichée est de 50 km/h, grand nombre d'accès, nombre important de camions et problèmes de sécurité); ce qui fait que la qualité du service offert par cette route n'est pas convenable pour une route nationale.

Cette préoccupation de fournir un lien routier de qualité entre Hull-Ottawa et Montréal était déjà présente deux décennies avant le projet du pont sur la rivière de la Petite Nation :

« Pour assurer une desserte régionale efficace et augmenter le niveau de service et la sécurité des usagers, la construction de l'autoroute 50 à deux chaussées avec étagement des intersections semble la solution la plus appropriée [...] Ce projet dépasse largement la seule notion de mise en œuvre de moyens pour assurer les déplacements des biens et personnes entre différentes régions. Il faut, au contraire, l'inscrire dans un contexte socio-économique dynamique en compétition et dans une perspective à plus long terme. »

MINISTÈRE DES TRANSPORTS. Étude d'opportunité portant sur la construction des autoroutes 13 et 50 dans l'axe Montréal-Mirabel-Hull, décembre 1987, pages 51 et 105.

CIMA+ est une entreprise qui a une très forte assise dans la région. Au moment de l'obtention du mandat, nous venions d'acquérir les firmes Stantec de Gatineau et Audy, Farley, Lalande, La Berge de Saint-Jérôme. Nous étions de la sorte l'une des firmes les mieux positionnées pour offrir l'expertise la plus complète dans le domaine des transports, dans les régions désignées pour le tracé de l'autoroute 50. CIMA+ a aussi retenu les services du Groupe Qualitas qui non seulement possède une très grande expertise en études géotechniques, mais qui était installé dans la région.

Le projet a donc permis à plusieurs entreprises de la région d'acquérir de la connaissance, mais aussi de mettre à profit les connaissances de plusieurs experts, spécialistes, firmes de génie-conseil, entrepreneurs et ouvriers. Durant les deux ans qu'a nécessité la construction du pont, une importante maind'œuvre de tous les niveaux de qualifications en a profité économiquement. Mais l'autoroute 50 aura été une source de revenus importante pour une période de cinq ans.

Le projet a donc permis à plusieurs entreprises de la région d'acquérir de la connaissance, mais aussi de mettre à profit les connaissances de plusieurs experts, spécialistes, firmes de génie-conseil, entrepreneurs et ouvriers.







### 5. SATISFACTION OU DÉPASSEMENT DES **BESOINS DU CLIENT**

### 5.1 COÛTS OPTIMISÉS ET ÉCHÉANCIER RESPECTÉ

CIMA+ et ses ingénieurs ont construit un pont en utilisant les méthodes conventionnelles et en les poussant à leur potentiel maximum dans les circonstances. Il s'agissait du premier pont de secours de cette envergure construit au Québec selon le nouveau Code CAN/CSA-S6.

CIMA+ a développé un concept qui a permis de réaliser l'ensemble du projet, incluant les imprévus en cours de réalisation, à 11 % moins cher que notre propre évaluation des coûts. Nous avions prévu un budget de 29 millions de dollars et le coût final a été de 26,5 millions.

Le pont de la rivière Petite Nation a coûté 4 900 \$ le mètre carré, soit le prix moyen pour un pont d'étagement standard à Montréal. Compte tenu de l'envergure du pont, CIMA+ a donc conçu un pont économique et optimisé.

Dans la programmation établie par le ministère des Transports, l'autoroute 50 devra être ouverte à toute la circulation à l'automne 2012. Le pont de la rivière Petite Nation devait aussi servir à l'achèvement de l'autoroute 50. Des camions hors normes l'empruntent déjà pour le transport de grandes quantités de déblais de roc produits par la construction de l'autoroute 50 à l'ouest du pont. Ce roc est requis pour l'achèvement du tronçon à l'est du pont.

Lors de la préparation des documents de l'appel d'offres, CIMA+ a dû faire un exercice exhaustif pour établir un échéancier de construction réaliste. La date de fin des travaux était fixée au 30 septembre 2010 et les travaux ont été exécutés avec un prolongement de l'échéancier de 5 jours de calendrier occasionné par l'ajout des plateformes d'inspection à l'intérieur des piliers, et ce, à la demande expresse du client.

Le délai a été entièrement respecté tant pour la préparation des plans et devis que pour la construction. CIMA+ a donc totalement respecté le délai imposé et cela malgré la très grande complexité de la réalisation du pont de la rivière Petite Nation.

### 5.2 UN ACCOMPAGNEMENT COMPLET **DU CHENT**

Tous les intervenants au dossier nous ont fait part de leur grande satisfaction à chacune des étapes de sa réalisation. Dans le projet du pont sur la rivière de la Petite Nation, CIMA+ a mobilisé une équipe de haut niveau. Nous avons consulté les plus grands experts dans le domaine afin de proposer la meilleure solution possible. CIMA+ a aussi consulté des entrepreneurs et des sous-traitants spécialisés tels les poseurs

> de pieux caissons. les monteurs d'acier, de coffrages, les fabricants d'appareils d'appui, de joints de dilatation et de béton. Nous voulions nous assurer que les concepts proposés soient effectivement réalisables à

> Notre objectif de livrer un ouvrage de qualité répondant aux normes exigées à un coût optimal était au cœur de notre démarche. Cela a été possible grâce à la qualité des plans fournis, à la planification rigoureuse des étapes de construction, à une mobilisation constante des équipes et surtout à la communication étroite entre toutes les parties concernées.

Le pont de la rivière Petite Nation a coûté 4 900 \$ le mètre carré, soit le prix des coûts raisonnables. moyen pour un pont d'étagement standard à Montréal. Compte tenu de l'envergure

> Comme dans tout projet de cette ampleur, nous avons connu des problèmes lors de la construction, malgré les solutions retenues par CIMA+ qui privilégiaient des méthodes de construction traditionnelles et malgré la grande clarté des plans et des détails fournis. CIMA+ a réussi à surmonter ces difficultés en maintenant une étroite collaboration entre le concepteur, le surveillant et l'entre-preneur. Nous nous sommes ainsi assuré que l'entrepreneur livre un pont d'une grande qualité, correspondant véritablement à la vision du concepteur.

> CIMA+ a participé de façon proactive à la réalisation de chacune des étapes du projet et a assumé l'entière surveillance. Une équipe de haut calibre, résidant sur le chantier, était chargée de la surveillance des travaux de construction du pont de la rivière Petite Nation et de ses approches. CIMA+ assurait ainsi une présence constante du surveillant et de son équipe sur le site pour que tous les détails respectent les attentes du client et que la qualité des produits livrés soit en conséquence. Tout cela a été fait selon les normes restrictives du MTQ. Comme on peut le constater, nous n'avons ménagé aucun effort pour offrir un soutien constant et attentif aux demandes de l'entrepreneur, avec l'accord du Ministère.

> Nous avons organisé, pour notre équipe de ponts de Gatineau et pour le client, la Direction territoriale de l'Outaouais du ministère des Transports du Québec, une visite quidée par notre surveillant. Au total, près de 30 personnes (ingénieurs,

du pont, CIMA+ a

économique et

optimisé.

donc conçu un pont

techniciens et administrateurs) ont pu constater de leurs propres yeux l'avancement et l'ampleur des travaux en chantier.

CIMA+ a conçu la totalité du projet de façon à ce qu'il y ait le moins d'imprévus possible pendant la construction. D'ailleurs, lors de l'appel d'offres, il y a eu peu de questions de la part des entrepreneurs, car tous les documents et les plans étaient très clairs.

Notre souci

d'optimisation

a permis une

substantielle

réduction des

de la mise en

service du pont.

lors de la

coûts tant directs

construction qu'en

entretien à la suite

constant

Notre souci constant d'optimisation a permis une substantielle réduction des coûts tant directs lors de la construction qu'en entretien à la suite de la mise en service du pont. Pour ce cas précis, l'effort d'optimisation a permis de retenir une géométrie simple en réponse à des contraintes complexes de conception.

Les défis présentés par la conception du pont de la rivière Petite Nation demandaient la mise sur pied d'une équipe d'ingénieurs hors pair et expérimentés. Il est important de souligner que le noyau central de ce projet a été le même pendant les cinq années qu'a duré ce projet de grande envergure. De plus, CIMA+ tient dans

tous ses projets à informer ses clients sur la nature de ses démarches. Nous nous sommes conformé entièrement à cette philosophie dans le projet du pont de la rivière Petite Nation. Selon nous, cela a contribué à rassurer notre client à chacune des étapes de la réalisation du projet. Voici les principales ressources qui y ont été affectées.

### **5.3 L'ÉQUIPE DE CONCEPTION**

Denis Gamache, ing., M.Sc.A., associé principal chez CIMA+ et chef de service de la division des ouvrages d'art de la région métropolitaine de Montréal, était le chargé de discipline (ouvrages d'art) dans ce projet de construction d'un tronçon

> de l'autoroute 50. Ses 26 années d'expérience dans la gestion de la conception de ponts et de viaducs en font l'un des meilleurs ingénieurs au Québec dans cette spécialité.

> M. Gamache a confié le rôle d'ingénieure principale à Mme Marie-Claude Michaud, ing., M.Sc.A., aujourd'hui directrice de projets et responsable de la conception pour la division des ouvrages d'art de la région métropolitaine. Madame Michaud possède une solide expérience dans le domaine des ponts et des viaducs. Elle peut maintenant exprimer l'étendue de son expertise dans un projet de cette envergure. Spécialisée dans la conception des nouveaux ouvrages, elle a conçu plusieurs outils informatiques servant à standardiser le processus

de design ainsi qu'à augmenter la rapidité et le degré de confiance de la conception des éléments principaux des ponts.

M. Munzer Hassan, ing., Ph.D., diplômé de l'École Polytechnique fédérale de Lausanne en Suisse, a mis à profit son savoir-faire et ses qualités de chercheur dans le cadre de ce projet. On lui a confié l'analyse sismique du pont, la conception des piliers et des divers éléments parasismiques qui devaient répondre impérativement au Code CAN/CSA-S6.

M. Aleksander Mossor, ing., Ph.D., possède une vaste expérience en conception d'ouvrages d'art et en structures de bâtiment de toute nature. Monsieur Mossor possède un doctorat et plus de 30 ans d'expérience en conception et en réalisation de projets de structure. Il est le concepteur du tablier du pont de la rivière Petite Nation.



### **5.4 LES EXPERTS EXTERNES**

Fidèle à sa culture d'excellence, CIMA+ fait très souvent appel à des ressources externes de très haut calibre. Nous avons consulté les meilleurs experts pour répondre au nouveau Code CAN/CSA-S6 en matière de « pont de secours ». Ils nous ont aidés à mieux la comprendre et à la traduire efficacement dans notre conception.

M. Robert Tremblay, ing., Ph.D., professeur à l'École Polytechnique de Montréal, est spécialiste en génie parasismique et membre du sous-comité du chapitre 4 « Calcul parasismique » au Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6). Il nous a aidés à interpréter le nouveau code sismique et a appuyé notre concept.

Le professeur Omar Challal, ing., Ph.D., professeur à l'École de technologie supérieure de Montréal, est spécialiste en interaction sol-structure. Il a validé notre démarche pour le design des fondations sur pieux caissons et a facilité la compréhension de l'interaction sol-structure dans les analyses sismiques.

Ce nouveau code exigeait une collaboration étroite entre l'ingénieur en structures et le géotechnicien. Le pont de la rivière Petite Nation est selon nous un modèle de réussite à cet égard. Toujours dans l'esprit de collaboration, CIMA+ a fait appel aux meilleures ressources disponibles au Québec. Le volet géotechnique a été confié au Groupe Qualitas. M. Jean-Hugues Deschênes, ing., Ph.D., qui possède plus de 30 ans d'expérience dans ce domaine, a été chargé de projet à de nombreuses reprises pour le Ministère et, de ce fait, connaissait les exigences d'un tel mandat.

M. Deschênes était l'intervenant principal en géotechnique pour l'ensemble du projet. Il a dirigé l'équipe technique,

a assuré la coordination des interventions et l'analyse des rapports de chantier. Le design parasismique était tellement particulier qu'il lui fallait bien saisir nos demandes afin d'être en mesure d'y répondre. Cela a représenté un véritable défi pour lui.



### 5.5 L'ÉQUIPE DE SURVEILLANCE

CIMA+ a créé une importante équipe de surveillance des travaux au chantier. Compte tenu du côté unique de l'ouvrage et des conceptions hors de l'ordinaire, le surveillant se devait d'être attentif au moindre détail, de communiquer clairement avec le concepteur et l'entrepreneur, et de posséder une solide expérience en réalisation d'ouvrages d'art imposants. Cette équipe comprenait M. Pierre Meilleur, un ingénieur associé, chargé de discipline en ponts ayant 32 ans d'expérience et M. Serge Desjardins, un ingénieur chevronné ayant 23 ans d'expérience. Pour cet ingénieur spécialisé en barrages et autres ouvrages d'art d'importance, ce projet représentait un défi personnel.

### **5.6 UNE RÉUSSITE EXEMPLAIRE**

Dans l'ensemble, ce projet a favorisé la collaboration entre experts, permettant ainsi le transfert de savoir entre les concepteurs, les stagiaires et les gens de chantier. De plus, l'expérience du constructeur a été mise à contribution à plusieurs occasions. Enfin, ce sont toutes les entreprises réunies autour de l'équipe de CIMA+ qui ont bénéficié de l'expérience acquise dans l'exécution de ce mandat.

Dans ce projet en particulier, la mobilisation des membres des équipes était au cœur de la dynamique créative essentielle à la réalisation du pont de la rivière Petite Nation. Nous nous sommes assuré de maintenir un climat de grande coopération entre l'équipe de surveillance de chantier et l'entrepreneur. Il s'agit, selon nous, d'un cas particulier dans ce genre de projet. Nous avions à relever plusieurs défis d'ingénierie et de construction. Selon nous, la meilleure façon d'y arriver était de

préserver au plus haut point l'intérêt et la motivation de toutes les personnes associées au projet.

CIMA+ a réuni non seulement les meilleurs experts, les meilleures équipes, mais a aussi maintenu un niveau exceptionnel de communication et de mobilisation tout au long du projet. Nous sommes fortement convaincu que l'image de la profession au Québec s'en trouve améliorée, et cela renforce d'autant plus notre volonté de cultiver l'excellence au sein de l'entreprise.

CIMA+ a réuni non seulement les meilleurs experts, les meilleures équipes, mais a aussi maintenu un niveau exceptionnel de communication et de mobilisation tout au long du projet.





www.cima.ca