

Lancement d'un point sur la rivière Churchill

Autor(en): **Rigert, Christophe / Jutras, François**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tracés : bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **133 (2007)**

Heft 19: **Métal**

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-99612>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Lancement d'un pont sur la rivière Churchill

Le pont construit sur la rivière Churchill près de la localité de Goose Bay au Labrador (Canada) permet de franchir un des derniers obstacles afin de relier le Labrador à la province de Québec, ce qui parachève l'extrémité est de la Transcanadienne. Réalisé en étroite collaboration entre ingénieurs et entrepreneurs et conçu par surcroît en cédule accélérée, ce pont de 360 mètres – trois travées de 120 mètres – est le résultat d'une approche innovatrice du concept structural et de la méthode d'érection.

Le Ministère des Transports de Terre-Neuve et Labrador souhaite depuis plusieurs années poursuivre le parachèvement de la « Trans-Labrador Highway 500 », une route devant faire le lien entre les régions du détroit du Labrador, le sud du Labrador, Upper Lake Melville, l'ouest du Labrador et la province de Québec (fig. 1). Cette route représente également une composante majeure du « Plan stratégique nordique pour le Labrador », préparé par le gouvernement provincial de Terre-Neuve et Labrador et portant sur les infrastructures de développement.

C'est dans ce contexte qu'au cours de l'hiver 2004, le Ministère a décidé de procéder à des appels d'offre pour un contrat clé en main, tout en se réservant malgré tout la conception de l'infrastructure. Les études de la superstructure ont ainsi débuté à l'automne 2004 et la charpente d'acier a été fabriquée en hiver 2005. Sa mise en place était prévue pour l'été 2005, mais le pont n'a finalement été érigé qu'une année plus tard, soit en été 2006.

Conception et caractéristiques de l'ouvrage

Le type de pont retenu est une structure triangulée boulonnée à tablier inférieur, avec un caillebotis en guise de surface de roulement. Cependant, la conception de cet ouvrage a été marquée par une évolution constante des circonstances et des exigences, qui a dû être gérée en tenant compte de contraintes particulières imposées par le contrat clé en main.

La conception est basée sur la norme canadienne sur les ponts et prend en compte certaines exigences particulières du Ministère :

- pour le dimensionnement à la fatigue, le débit moyen est limité à 250 camions par jour et la durée de vie de l'ouvrage est fixée à 75 ans ;
- l'acier choisi est un acier soudable galvanisé à résilience améliorée, dont la limite élastique est de 350 MPa et la résistance à la rupture de 450 MPa ;
- la surcharge de dimensionnement est un camion d'une quinzaine de mètres d'un poids total de 625 kN ;
- aucun dimensionnement sismique n'est requis, les événements liés à un séisme dans la région étant nuls ;
- la voie carrossable doit présenter une largeur de 7,35 mètres avec un dégagement vertical libre de 5 mètres ;
- la longueur des éléments à assembler est limitée par les dimensions du bain de galvanisation (longueur maximale de 48 pieds, soit 14,63 m).

A l'emplacement projeté du pont, la rivière est large de presque un kilomètre. Afin de limiter la longueur du pont, un remblai de plus de 500 mètres a été construit en rivière. Le pont de type « Warren » possède dès lors une longueur totale de 360 mètres. Deux piles en béton armé fondées sur



Fig.1: Situation géographique

Fig.2: Assemblages au niveau de la corde inférieure

Fig.3: Vue aérienne du nez de lancement



2

des pieux ont été construites en rivière afin de limiter les portées du pont et ainsi définir trois portées de 120 mètres. La largeur hors-tout de l'ouvrage est de 8,9 mètres, sa hauteur hors-tout de 6,6 mètres. La structure triangulée à tablier inférieur est composée d'une corde inférieure à section en I de 800 mm de haut et d'une corde supérieure à section en I de 400 mm de haut. Les deux cordes sont reliées entre elles par des diagonales à section en I de 300 à 350 mm de haut (fig. 2). Un système de contreventement en croix assure la stabilité de l'ouvrage tant dans la partie supérieure que dans la partie inférieure. Le caillebotis d'une épaisseur de 125 mm transmet les charges à un grillage de poutres appuyées sur des poutres de transfert. Celles-ci transmettent ensuite les charges aux deux cordes inférieures. Le poids total de la superstructure représente environ 1600 tonnes par mètre.

Ajoutons enfin que le pont n'est fixé horizontalement que sur un des piliers, les autres appuis demeurant libre afin de ne pas entraver les importantes dilatations du pont.



3

Fig.4 : Vue du nez avec les tirants de retenue
Fig.5 : Renforts temporaires en phase de lancement

Méthode d'érection

En automne 2004, parallèlement à la conception de la superstructure, plusieurs scénarios de mise en place de la charpente métallique sont étudiés. La solution alors retenue est un lancement de la superstructure prévoyant la construction de trois piles temporaires en rivière, afin de réduire les trois portées de 120 mètres en six portées de 60 mètres.

Au printemps 2005, alors que la charpente métallique est déjà fabriquée, il s'avère que les conditions géotechniques réelles rendent particulièrement compliquée (et par conséquent très onéreuse) la construction des piles temporaires en rivière. De nouvelles études sont entreprises, mais en tenant compte du fait que la charpente métallique ne peut plus être modifiée. Finalement, la solution retenue est un lancement de la superstructure en renonçant aux piles temporaires. Pour atteindre le porte-à-faux de 120 mètres que nécessite cette solution, plusieurs types de nez sont analysés et la charpente métallique est allégée de 400 tonnes par mètre pour son lancement, notamment par la dépose des caillebotis.

Nez de lancement

La fonction principale du nez est de soulager les efforts dans la superstructure lors du lancement. De plus, la flèche en bout de porte-à-faux doit être aussi limitée que possible afin de réduire les opérations de levage du nez aux piles et à la culée opposée. Ce sont ces contraintes, combinées au fait que la charpente métallique était déjà réalisée, qui ont orienté les études de variantes. Trois types de structure ont été analysés :

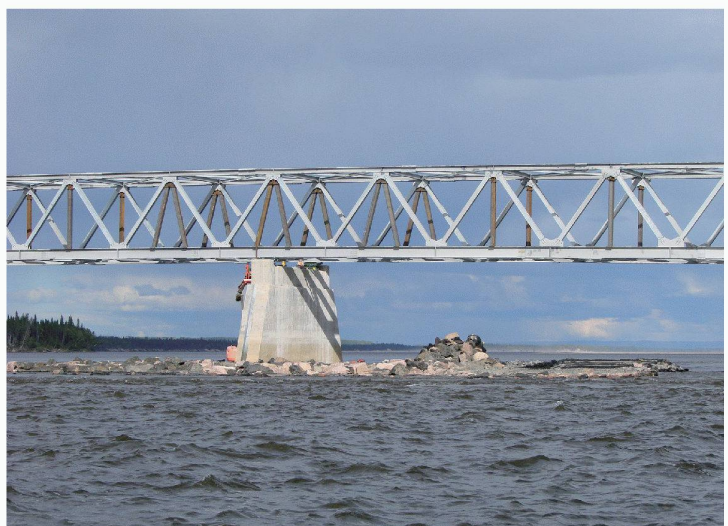
- des poutres à treillis,
- des poutres à âmes ajourées,
- des poutres à âmes pleines.

Les longueurs envisagées pour le nez variaient de 60 à 100 mètres, alors que deux largeurs ont été prises en considération, à savoir un nez étroit de trois mètres ou un nez à pleine largeur de 8,39 mètres.

La solution qui a finalement été retenue est celle d'une structure effilée de 77 mètres de longueur, composée de deux poutres à âmes pleines de hauteur variable, distantes de 8,39 mètres (fig. 3). Ces poutres sont contreventées haut et bas par un système de câbles, auxquels s'ajoutent des entretoises espacées de 6,4 mètres pour stabiliser la structure du nez. Deux tirants de retenue, composés chacun de quatre tiges de 55 mm de diamètre, sont fixés à la superstructure et aux poutres pour réduire la flèche du porte-à-faux (fig. 4). Le poids total du nez, qui a été conçu pour pouvoir être réutilisé, est de 100 tonnes par mètre. La flèche théorique calculée en bout de porte-à-faux est évaluée à 2,8 mètres !



4



5

Fig.6: Soulèvement de la superstructure en phase de lancement

Fig.7: Système de poussage : treuil, câbles et poulies

Fig.8: Système de poussage : bâti fixé à la superstructure



Vérification des phases de lancement

Les superstructures du pont et du nez ont été vérifiées pour chaque deux mètres d'avancement à l'aide de modèles informatiques par éléments finis. Cette vérification détaillée a nécessité la création et l'analyse de plus de 200 fichiers informatiques.

En principe, une structure triangulée travaille en efforts normaux de traction ou de compression. Cependant, lors du lancement, la poutre inférieure est également sollicitée à la flexion. Malgré l'optimisation de la conception du nez, il est apparu que ces sollicitations peuvent être localement très importantes, ce qui a impliqué la mise en place de renforts temporaires au sein des diagonales verticales (fig. 5). A noter encore que ces renforts ne devaient pas endommager la galvanisation de la superstructure, empêchant une fixation soudée.

La superstructure est fabriquée avec une cambrure (contre-flèche) de 250 mm pour les portées de rive. Cette cambrure, combinée à l'hyperstaticité du système, influence non seulement les sollicitations et les réactions d'appuis dans la superstructure lors de son lancement, mais aussi la flèche en bout de porte-à-faux. Ce phénomène est de plus accentué par le fait que la superstructure est allégée pour le lancement. Ces éléments ont conduit à ce que, dans certaines situations, la superstructure n'appuyait plus sur tous les rouleaux lors de son lancement (fig. 6).

Description du lancement

Le nez et une partie de la superstructure sont d'abord construits sur la rive, puis on réalise un premier lancement. Ensuite, par phases successives, de nouvelles sections sont ajoutées à la superstructure du pont, qui est poussé au fur et à mesure de son assemblage. Dans cette phase, les cordes inférieures du pont et les poutres à âmes pleines du nez glissent sur des rouleaux qui ont été installés sur la rive, sur les deux culées et sur les deux piles.

Le système de poussage comprend en premier lieu deux bâtis: le premier est fixe sur la culée (fig. 7) alors que le second est fixé à la superstructure au droit des joints des poutres inférieures (fig. 8). Le dispositif est complété par des poulies, des câbles et deux treuils placés de part et d'autre de la superstructure. Deux manomètres contrôlent la force de poussage. Lors du lancement, le pont n'est retenu que par deux pelles mécaniques placées à l'arrière de la superstructure. La force requise pour pousser l'ensemble du pont et le nez est d'environ 25 tonnes par mètre, ce qui correspond un coefficient de frottement statique de l'ordre de 2%. Une fois le corps en mouvement, le coefficient de

Fig.9 : Flèche en bout de porte-à-faux à l'approche d'une pile

Fig.10 : Bâti sur vérins sur lequel sont montés les rouleaux

Fig.11 : Ajustement de la hauteur d'un appui



9

frottement baisse d'environ 50% et la force de poussage se voit réduite à une valeur comprise entre 10 et 15 tonnes par mètre. Dans de bonnes conditions, la vitesse d'avancement est approximativement de six pieds à la minute (ou 30 mm à la seconde).

Lorsque le nez approche d'une pile ou de la culée opposée, il doit être relevé d'environ 2,5 mètres pour être placé sur les rouleaux (fig. 9). Arrivé sur la rive opposée, le nez est progressivement démonté et la superstructure est définitivement mise en place sur des appuis en élastomère confiné.

Contrôle sur le chantier

Les nombreux calculs effectués ayant permis d'identifier les phases d'avancement critiques, il a fallu mettre au point un moyen de contrôler ces situations sur le chantier. Le lien entre les calculs du bureau et les travaux du chantier s'est fait en considérant les réactions d'appui. Au bureau, les réactions



10



11

Fig.12 : Vue du pont dans sa position finale
(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs.)

d'appui théoriques des situations critiques sont calculées. Au chantier, les bâtis qui supportent les rouleaux sont munis de vérins manométriques permettant de lire en continu la pression pour en déduire les réactions d'appui réelles (fig. 10). Afin de sécuriser le lancement et ce en fonction des situations critiques et des écarts entre les valeurs théoriques et réelles, les hauteurs des appuis en rive sont ajustées (fig. 11).

A partir d'une structure déjà construite

Le principal défi du projet consistait à adapter la méthode de construction d'un pont métallique ayant des portées de 120 mètres (fig. 12), ceci alors que les pièces étaient déjà construites et qu'il fallait se passer de tout appui intermédiaire. La solution réalisée a passé par la fabrication d'un nez de lancement de près de 80 mètres pour franchir 120 mètres en porte-à-faux. Il a en outre fallu trouver des solutions pour le renforcement local de poutres initialement destinées à ne travailler qu'en compression-traction, de façon à les rendre à même de supporter les énormes efforts locaux de flexion induits en cours de montage par le porte-à-faux.

Christophe Rigert, ing. civil dipl. ETH / SIA, membre de l'Ordre des Ingénieurs du Québec (OIQ)
Roche Ltée, Groupe Conseil,
159 Côte Salaberry, Chicoutimi, P.Québec, Canada

François Jutras, ing. et directeur du département structure, membre de l'OIQ
Roche Ltée, Groupe Conseil,
3075 Des Quatre-Bourgeois, Ste-Foy, P.Québec, Canada

Principaux acteurs du projet

Maître de l'ouvrage : Ministère des Transports de Terre-Neuve et Labrador, Canada
Entrepreneur général : Penny Paving
Fabricant structure en acier : Structal-Ponts, filiale du Groupe Canam
Ingénieurs : Roche Ltée, Groupe Conseil

