

VIADUC DE PORTAGE SUR LA RIVIÈRE GENESÉE (ÉTATS-UNIS)

Le 6 mai 1875, avant le jour, le fameux viaduc en bois au-dessus de la rivière Genesée, à Portage, sur la ligne de l'Erié, prit feu et fut complètement détruit. Ce viaduc avait 850 pieds (259^m076) de long et une hauteur de 234 pieds (71^m322); il était bâti en travées de 50 pieds (15^m240) chacune, chaque palée en charpente était formée de trois portants placés les uns à côté des autres et reposant sur des piliers en pierre. Ainsi que nous l'avons dit, la destruction fut complète, le feu s'éteignit, faute d'aliments; car non seulement il ne laissa pas trace du moindre fragment de charpente, mais même il ébranla au fond de l'abîme où coule la rivière la maçonnerie; celle des rives s'écroula presque complètement.

L'importance de la construction, et ce fait que la ligne avait une autre voie, sur laquelle le trafic de Buljato pouvait être momentanément continué, fit que l'érection d'une structure temporaire fut jugée inutile, et qu'il fut décidé sur le champ de reconstruire en fer.

Dès le 10 mai, soit quatre jours après le désastre, le contrat pour le travail en fer fut passé avec la Compagnie Watson, de Paterson, le pont devant être construit d'après les plans préparés par l'ingénieur George S. Morison et fait sous sa direction. Pendant cette même semaine, on prit des dispositions pour réparer la maçonnerie; une nouvelle culée fut construite à chaque extrémité; les piliers, sur

la rive Est, furent démolis jusqu'au-dessous de la surface du sol et on en éleva de nouveaux ; ceux de la rive Ouest furent abandonnés, et de nouveaux furent élevés à 18 pieds (5^m486) des anciens, le support de l'ancienne structure étant considéré comme trop rapproché du précipice de ce côté de l'abîme ; trois des piliers dans cet abîme furent également abandonnés et les autres réparés et pourvus de grosses pierres de taille prêtes à soutenir le travail en fer. En réparant la maçonnerie, on employa abondamment du béton Coignet, avec lequel on recouvrit les surfaces supérieures des piliers, et dont on encaissa les parties exposées à l'action constante du froid et de l'eau. Bien que ce travail n'ait pas encore eu un temps d'épreuve suffisant, on a tout lieu de penser qu'il n'est pas de méthode meilleure et plus économique de rendre à la maçonnerie compromise sa force primitive. Ce fut après un mois seulement, le 13 juin, qu'arriva et fut élevée la première colonne en fer. Le 29 juillet suivant toute la partie métallique du pont était en position ; le lendemain, la voie était placée et le surlendemain, 31 juillet, le pont était officiellement soumis à l'épreuve en présence des administrateurs de la ligne et d'un grand nombre de spectateurs, et, aussitôt après, livré au trafic.

La nouvelle construction a le caractère général des autres viaducs en fer récemment élevés par les ingénieurs américains, n'en différant que dans ses proportions et dans ses détails plutôt que par un principe général de construction.

A vingt milles à l'Est et à trente milles à l'Ouest de Portage, la ligne n'a qu'une seule voie, mais la Compagnie du chemin de fer de l'Erié projette depuis quelques années déjà l'établissement d'une seconde. Le pont est à l'extrémité d'une pente de $\frac{1}{100}$ d'environ 1 $\frac{1}{2}$ mille (2,400 mètres) de longueur, qu'on s'est proposé de réduire en élevant la voie sur le pont. Comme la situation financière de la Compagnie exigeait des économies, on se détermina à ne construire que pour une seule voie, mais avec la faculté réservée de pouvoir modifier cette disposition par la suite, sans grande dépense, et de permettre d'en placer une seconde, à environ 20 pieds (6^m096) au-dessus, si on le jugeait nécessaire. Dans le projet du nouveau pont, les colonnes de support furent donc calculées en conséquence, et elles furent faites assez fortes pour porter une double superstructure ; les *poutres* n'ont que la force nécessaire pour une voie seulement, mais elles sont placées à 20 pieds (6^m096) d'axe en axe et sont étroites, de sorte que, s'il devenait nécessaire de faire une seconde voie, la force pourrait être doublée en plaçant des *poutres* semblables immédiatement à côté d'elles. Si on croyait aussi qu'il faille changer l'élévation, les chapiteaux ont une largeur suffisante de chaque côté des supports des *poutres* pour soutenir *les sabots* d'une nouvelle *poutre*, dont la corde inférieure serait directement au-dessus du plancher du pont actuel. Cette nouvelle *poutre* pourrait être construite sans gêner la marche des trains, et, à son achèvement,

le second plancher de la nouvelle voie serait posé sur la corde supérieure de la nouvelle travée. On pense, cependant, qu'il serait préférable et plus facile de changer la pente du terrain à l'Ouest du pont.

Le viaduc en fer (planches XXXIV et XXXV) a dix *travées* de 50 pieds (15^m240) chaque, deux de 100 pieds (30^m48), et une de 118 pieds (35^m966); une *travée* de 50 pieds (15^m240) est placée entre chacune des grandes *travées*. Les *poutres* sont supportées par des colonnes en fer, les extrémités de deux *poutres* adjacentes posant sur une seule colonne. La paire de colonnes supportant les *poutres* opposées sont dans le même plan vertical, mais inclinées l'une vers l'autre avec une pente de $\frac{1}{8}$; elles sont unies par des *poutres* en fer espacées de 25 pieds (7^m620) et des tiges diagonales rondes. Chaque colonne est reliée à la colonne parallèle du chevalet correspondant au moyen d'une disposition analogue de *poutres* et de tiges diagonales; quatre colonnes avec les attaches d'union forment ainsi la charpente d'une palée, ayant à son sommet 20 pieds (6^m096) de largeur et 50 pieds (15^m240) de longueur, et surmontée par une travée de pont de 50 pieds (15^m240). Ces palées ont la même longueur à la base et leur largeur varie selon la hauteur de la tour. Il y a six de ces tours, que nous appellerons, pour faciliter la lecture du plan, A. B. C. D. E et F; les tours D et E sont les deux plus grandes, leur hauteur totale, de la maçonnerie aux rails, étant de 203 pieds 8 pouces (62^m076) et leur largeur à la base, entre les axes des colonnes, de 69 pieds 8 pouces (21^m234).

Les *poutres* de la superstructure sont construites selon le cahier des charges usité sur la ligne de l'Erié, pour porter un poids roulant de 3,000 livres par pied courant (4,461 kilog. par mètre courant); les *poutres* du plancher, elles, sont construites pour porter un poids de 5,000 livres par pied (7,436 kilog. par mètre courant), et avec une résistance calculée à raison de 10,000 livres par pouce carré (7⁰03 par millimètre carré).

Les tours sont construites pour supporter un poids roulant de 5,400 livres par pied courant (8,030 kilog. par mètre courant), en plus du poids supposé d'une double voie sur la superstructure; elles sont calculées également pour résister à une pression du vent, normale au pont, de 30 livres par pied carré (146⁸748 par mètre carré), se produisant sur toute la surface de la structure et, en même temps sur celle d'un train de fourgons, sur le sommet, et à une pression de 50 livres par pied carré (244⁸130 par mètre carré), se produisant sur la surface de la structure seulement. Les efforts auxquels doit résister le pont ont été calculés dans trois hypothèses: dans la *première*, le pont est chargé d'un poids maximum de 5,400 livres par pied (8,030 kilog. par mètre courant), en sus du poids d'une travée à double voie, sans pression du vent; dans la *seconde*, il est chargé

de deux trains de marchandises pesant ensemble 2,800 livres par pied (4164 kil. par mètre courant), et le vent exerce une pression de 30 livres par pied (146^k748 par mètre courant) normale au pont ; dans la *troisième*, le vent souffle avec une pression de 50 livres par pied carré (244^k130 par mètre carré) sur le pont seul avec une travée d'une seule voie. Cette dernière supposition est celle qui se rapproche le plus du cas où l'effort renverserait le pont, mais pour aucune on ne trouve un résultat négatif pour la pression sur les palées.

L'effort maximum de compression par pouce carré permis sur les colonnes est de 6,600 livres (4^k64 par millimètre carré), et le maximum de tension sur les diagonales, de 15,000 livres (10^k54 par millimètre carré) ; comme cependant ces dernières ont une fonction importante de rigidité à remplir, indépendante de la résistance aux effets du vent, on a pensé qu'il serait préférable de ne pas employer de tiges rondes de moins de $1\frac{1}{4}$ pouce (0^m031) de diamètre, et c'est la dimension qui a été employée partout, excepté dans la partie supérieure des tours qui soutiennent les longues travées, les inclinaisons des bras rendant les effets sur toutes les diagonales comparativement uniformes.

Les colonnes reposent sur des piédestaux en fonte ; ceux du côté nord du pont sont assujettis à une plaque de fonte encastrée dans la maçonnerie, et ceux, placés du côté sud, reposent sur des galets, roulant perpendiculairement à la direction du pont ; les piédestaux sont unis par des barres à œils pour résister à la poussée résultant de l'inclinaison des bras et sont maintenus séparés par des poutres qui s'ajustent avec des coins, pour résister à la poussée en dedans occasionnée par le serrage des diagonales. Cette disposition, qui peut être négligée dans des structures en fer moins importantes, a été jugée, dans le cas actuel, nécessaire afin de soulager la maçonnerie, qui est vieille, de toute poussée possible, tandis que l'usage d'une poutre ajustable fournit les moyens de transmettre tous les effets de tension, résultant de l'inclinaison des bras, aux tiges horizontales, laissant les diagonales remplir seulement leurs fonctions de rigidité contre le vent et les vibrations.

Les colonnes sont divisées en portions de 25 pieds (7^m620). Elles sont formées de 3 fers plats et de 4 cornières, avec un treillis sur le quatrième côté, de façon que l'intérieur de la colonne soit accessible pour la peinture. Les cornières ont toutes $4 \times 4 \times \frac{1}{2}$ pouces (0^m102 \times 0^m102 \times 0^m012), et les plaques ont toutes une largeur de 15 pouces (0^m381) ; la plaque opposée au treillis est de la même épaisseur pour toute la longueur de chaque colonne, tandis que l'épaisseur des plaques latérales est variée pour répondre aux efforts croissant vers les sections inférieures. La plaque la plus mince employée est de $\frac{1}{2}$ pouce (0^m012) d'épaisseur, c'est la

plaque opposée au treillis des colonnes qui supporte les extrémités des deux petites travées.

Les extrémités des différentes portions sont coupées d'équerre et rabotées, et elles posent exactement l'une sur l'autre sans aucun joint d'emboîtement; à l'extrémité supérieure de chaque portion sont disposées des équerres; la partie au-dessus s'applique sur les couvre-joints et est assujettie à celle du dessous par une cheville tournée, de $1\frac{7}{8}$ de pouce (0^m046) de diamètre, traversant des trous forés avec soin; cette même cheville sert pour l'attache des tiges rondes longitudinales. Une seconde cheville perpendiculaire à celle-ci est placée à quelques centimètres au-dessous du joint et forme l'attache de la poutre transversale et des tiges; l'extrémité de la poutre est fixée entre les faces latérales de la colonne et est maintenue par la cheville; les tiges diagonales sont attachées à la cheville sur chaque côté de la colonne, elles sont partout doubles. La poutre longitudinale, qui a presque 50 pieds (15^m240) de long, est construite dans la forme d'une légère *poutre à treillis*, elle a 2 pieds (0^m610) de hauteur et 1 pied (0^m305) de largeur, ses extrémités sont d'équerre et s'appuient contre le côté de la colonne; elle est, de plus, fixée par des *écrous* aux tirants attachés aux plaques latérales, et est rendue rigide par des équerres en fer l'unissant avec les poutres transversales correspondantes, à 10 pieds (3^m048) de chaque extrémité. Les longueurs des poutres transversales varient de 20 pieds (6^m096) au sommet de la tour à 64 pieds (19^m507) au point le plus bas dans les tours principales; les trois poutres transversales inférieures sont faites en deux parties, réunies par des plaques et supportées par un léger bras central; les première et seconde poutres sont en outre rendues rigides par une poutre longitudinale intermédiaire et un système de tiges diagonales horizontales. Les colonnes en fer sont surmontées par des chapiteaux en fonte. (Pour les détails, voir la planche XXXV.)

Les tours ont été élevées sans échafaudage autre que celui indispensable pour la chaîne des matériaux de chaque section successive. Avant de commencer à élever une tour, un plancher, composé de longues poutres, allant d'un pilier à l'autre, et de madriers, était construit au bas de la tour; sur ce plancher, on élevait une charpente de 30 pieds (9^m144), composée de deux montants, un de chaque côté de la tour; chaque montant consistait simplement en deux bras séparés de 48 pieds (14^m630) surmontés d'un chapeau de 55 pieds (16^m764) de long, entouré de petites planches. Ces montants furent maintenus droits par de longs bras inclinés, allant presque du plancher à leur extrémité. Des gradins furent suspendus par des tiges aux extrémités en porte à faux des chapeaux, et les portions inférieures des colonnes furent élevées par

une locomobile et mises en position; les poutres transversales et longitudinales furent alors placées, ainsi que les tiges diagonales; les tiges longitudinales furent temporairement attachées par un crochet et une barre à œil à la même cheville que les tiges transversales. Une chèvre de 55 pieds (16^m764) fut alors attachée à chaque colonne, et elle servit au transfert du plancher et de la charpente jusqu'au sommet de la dernière section terminée de la tour. La même opération fut répétée avec la seconde hauteur de colonnes, qui fut placée sur la portion inférieure et assujettie par des chevilles; cela fait, les tiges longitudinales furent détachées de leurs attaches temporaires et fixées à leurs attaches définitives. Quand la seconde section de la tour fut complétée, la charpente servit à élever les chèvres, qui furent encore attachées contre les colonnes et appuyées sur les poutres longitudinales. Le plancher et la charpente furent élevés de nouveau, et ce procédé fut répété jusqu'à ce que la tour eût atteint toute sa hauteur. La tour D, la dernière qui fut érigée, pesant 277,000 livres (125,645 kilog.), fut entièrement terminée en 11 jours, un seul jour ayant été d'abord employé à l'établissement de l'échafaudage pour la première section.

Les travées de 50 pieds (15^m242) sont d'un dessin fort simple et n'offrirent pas de difficultés particulières de montage, puisque de simples poutrelles de bois étaient assez longues pour atteindre d'un portant à l'autre. Les travées plus longues réclamèrent plus d'échafaudage. Dans ce but, quatre poutres Pratt furent construites, leurs cordes supérieures furent faites de quatre pièces de pin de 4 × 10 pouces (0^m102 × 0^m254), attachées par paires et séparées d'environ 4 pieds (1^m219) d'axe en axe; la corde inférieure était de barres à œils parallèles droites; la forme de la corde supérieure rendit la poutre rigide sans le secours de bras latéraux. Ces poutres furent assemblées sur le sol et élevées au moyen de poulies jusqu'à la base de la section supérieure des tours où elles furent placées, reposant sur les poutres transversales; deux étaient employées pour chaque travée. On éleva alors sur elles un échafaudage convenable, et la poutre permanente fut mise en place; les matériaux étaient apportés de l'extrémité du pont. La première longue travée complétée fut celle de 118 pieds (35^m966) de longueur, entre les tours E et F, la travée Est de 100 pieds (30^m480) progressait dans le même temps. Les poutres temporaires furent alors descendues dans l'abîme, démontées, transportées, puis assemblées à nouveau et employées pour édifier la travée du milieu, entre les tours D et E, qui compléta le pont.

Les poutres sont sur le modèle Pratt, sans autres particularités, si ce n'est qu'elles sont très-étroites; la corde supérieure a la forme d'un double T, elle est formée d'une âme et de quatre cornières. Des poutres transversales sont attachées à de courtes chevilles verticales qui traversent des fourches s'ajustant sur les

chevilles de la poutre; ces fourches sont percées de deux trous, dont un seul est employé maintenant; les poutres sont séparées de 19 pieds 10 pouces (6^m045); quand une seconde voie sera posée, on se propose de rapprocher d'axe en axe de 8 pouces (0^m203) l'une de l'autre les poutres, en faisant la jonction transversale dans l'autre ligne de trous de chevilles, et d'élever une autre poutre extérieurement à chacune des poutres existantes. Pour donner une rigidité additionnelle à une poutre aussi étroite, on emploie une double garniture de poutres transversales s'attachant au milieu des panneaux aussi avec des chevilles. Une des extrémités de chaque grande travée est boulonnée au chapiteau en fer de la colonne, et l'autre est placée sur des galets, mais réunie avec la poutre suivante par des brides en fer passant sur les chevilles d'extrémité de chaque travée, et permettant seulement le jeu nécessaire pour la dilatation sur les poutres. Les courtes travées sont boulonnées sur les chapiteaux aux deux extrémités; les autres sont disposées de la même manière que dans les longues travées ordinaires. Les chevilles des extrémités des travées de 50 pieds (15^m240) sont placées à 6 pouces (0^m152) du centre des colonnes, et celles des grandes travées à 3 pouces (0^m076) seulement, de sorte que sous une charge uniforme la résultante du poids est dans l'axe du centre de la palée.

Les plans de ce viaduc ont été préparés dans la hâte d'une nécessité pressante, et devaient être conformes, jusqu'à un certain point, au plan de la structure en bois du pont détruit. S'il n'y avait pas eu de maçonnerie déjà prête, on aurait préféré placer les deux socles en pierre de chaque tour à 25 (7^m620) ou 30 pieds (9^m144) seulement l'un de l'autre, on aurait ainsi évité la longueur inusitée des poutres longitudinales. Le principe fondamental du plan peut être considéré comme la caractéristique de toute construction américaine de ponts, et comme point de comparaison entre les travaux de ce genre des ingénieurs américains et des ingénieurs européens; la concentration des matériaux dans le plus petit nombre possible de pièces est un principe dont les avantages sont considérés comme étant même plus grands dans les viaducs larges et élevés de la classe du pont de Portage, que dans la construction de poutres de longues travées auxquelles il a été si généralement appliqué et avec tant de succès. Dans les palées du nouveau pont de Portage, le système des palées se résume absolument en 4 colonnes solides, une à chaque coin, la masse de ces colonnes donnant une plus grande rigidité qu'on ne pourrait l'obtenir de la même quantité de matériaux distribuée entre plusieurs membres plus petits, et en même temps offrant un minimum de surface au vent. L'objection apparente de la concentration d'un poids considérable sur un seul point est moins grave qu'il ne paraît tout d'abord; la plus grande pression que supportera la base d'une colonne quelconque du

pont de Portage, lorsqu'il sera complété et formera une construction à double voie, sera de 357,500 livres (162,160 kilog.), pression qui, distribuée sur la base du piédestal en pierre de 4 pieds carrés ($37^{\text{dm}^2}16$), se montera à 155 livres par pouce carré ($10^{\text{b}}89$ par cm^2), pression bien moindre que celle exercée sur les piles de bien des ponts à poutres pleines. L'épaisseur minima des piliers de Portage au-dessous de la corniche est de 10 pieds ($3^{\text{m}}048$), ce qui permet une distribution égale d'effets sur la maçonnerie dans toutes directions; la pression imposée par le poids sur une surface de 10 pieds carrés ($92^{\text{dm}^2}90$) est seulement de 24,8 livres par pouce carré ($1^{\text{b}}743$ par cm^2). Avec des grandes hauteurs, cependant, l'inclinaison latérale des colonnes nécessite l'usage de très-longues poutres transversales dans les sections inférieures des tours, ce qui est un tort et exige à Portage des bras intermédiaires verticaux et des tiges latérales pour leur donner de la rigidité, quand la dilatation ou la contraction du fer devient très-considérable. Ces difficultés seraient évitées en construisant les tours dans la forme ci-dessous, fig. (5), les parties inférieures étant formées de deux tours indé-

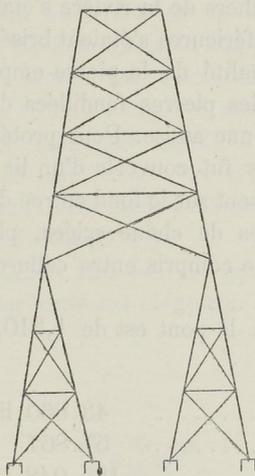


Fig. (5).

pendantes, dont les colonnes sont réunies au sommet et qui auront un maximum de rigidité dans le sens latéral avec un minimum d'attaches diagonales; ces

deux tours pourraient être placées de même sur trois tours inférieures et de cette manière on pourrait ériger une tour d'une hauteur indéfinie sans l'emploi d'un seul grand membre de compression.

Le plancher du nouveau pont de Portage est en bois et doit donner à la voie une résistance élastique qui soulagera le fer des chocs des poids appliqués soudainement. Il est formé d'une charpente de poutrelles en chêne de 8×14 pouces, ($0^m203 \times 0^m356$) sur 22 pieds (6^m705) de longueur, placées séparément à 10 pouces (0^m255) seulement les unes des autres et reposant sur les cordes des poutres. Deux rubans de sapin, de 9×9 pouces ($0^m229 \times 0^m229$), à 8 pouces (0^m203) des rails, sont placés à 10 pieds (3^m048) l'un de l'autre, boulonnés avec des boulons d'un pouce (0^m025) à chaque pièce du plancher; ils servent à distribuer le poids appliqué sur chaque poutrelle, sur celles qui l'avoisinent, fig. (6), planche XXXIV. Les rails sont posés directement sur les poutrelles en chêne. Un trottoir de planches légères est posé extérieurement à chaque ruban, et une rampe en bois fort solide complète la structure. Pendant le passage d'un train, l'observateur sent un léger tremblement, dû à l'élasticité des poutrelles du plancher, mais sur les palées on ne ressent qu'une très-faible vibration.

La partie supérieure des piliers de la rivière s'était très-fendillée sous l'action du feu, et les lits de pierres inférieures s'étaient brisés sous les actions combinées de la gelée et de l'eau, la qualité de la pierre employée laissant à désirer. En construisant les piédestaux, les pierres fendillées de la partie supérieure furent enlevées et on assura une bonne assise. Pour protéger la maçonnerie, la surface entière supérieure des piliers fut couverte d'un lit de béton Coignet, et les lits inférieurs des piliers, qui reposent sur le fond en roc de la rivière, furent renfermés dans des caissons de poutres de chêne sciées, placées à 18 pouces (0^m457) de la pierre, et dans l'espace compris entre celle-ci et les poutres on coula du béton bien tassé.

Le poids total de fer dans le pont est de 1,310,000 livres (594,210 kilog.), divisé comme suit.

Tour A	43.860 livres	(19.884 kilog.)
— B	57.867 —	(26.248 —)
— C	185.048 —	(83.936 —)
— D	277.890 —	(125.595 —)
— E	284.486 —	(129.040 —)
— F	48.399 —	(21.952 —)
Poids total pour les tours.....	897.550 livres	(406.655 kilog.)

10 travées, de 50 pieds (15 ^m 240)			
chaque.....	197.420 livres	(89.548 kilog.)	
2 travées, de 100 pieds (30 ^m 480)			
chaque.....	128.910 —	(58.472 —)	
1 — 118 — ..	86.120 —	(36.063 —)	
Poids total pour la superstructure.	<u>412.450 livres</u>	<u>(184.023 kilog.)</u>	

Ces deux totaux forment donc 1.310.000 livres (590.678 kilog.).

L'emploi du bois dans la construction du plancher, des trottoirs et des rampes a nécessité 112,318 pieds (3,180 mètres cubes) de chêne et 18,300 pieds (518 mètres cubes) de pin; 27,987 livres (12,694 kilog.) de fer furent employées en boulons, etc., les boulons les plus lourds étant ceux pris des ruines du vieux pont.

Le coût total du travail en fer s'éleva à 87,973 dollars (439,865 fr.). Ce prix fut celui pour la structure complète érigée, mais ne comprenant ni le transport des matériaux manufacturés, ni la peinture après l'érection. Le plancher de chêne, avec la rampe et les trottoirs, coûtèrent ensemble 6,200 dollars (31,000 fr.), et la peinture (une couche seulement) 1,200 dollars (6,000 fr.); de sorte que le prix de l'entière construction au-dessus de la maçonnerie ne dépassa pas 95,000 dollars (475,000 fr.), c'est un exemple frappant du bon marché des constructions métalliques et de l'économie des structures américaines.

La première construction en bois avait été commencée le 1^{er} juillet 1851 et terminée le 14 août 1852; elle contenait 1,602,000 pieds (45,371 mètres cubes) de bois et 108,862 livres (49,378 kilog.) de fer; dans les fondations on avait employé 9,200 yards cubiques (7,033 mètres cubes) de maçonnerie. Le prix s'en était élevé à 140,000 dollars (700,000 fr.).

Nous donnons, planche XXXV bis, une vue perspective de cette construction hardie, qui permet d'apprécier toute son élégance.

