

PRÉFACE

J'ai été amené à faire ce livre après un long et laborieux voyage sur presque tout le territoire des États-Unis d'Amérique et du Canada.

Mon objectif, tout d'abord, était une visite à l'Exposition universelle de Philadelphie ; mais ce qui n'était, dans le principe, qu'un voyage d'agrément et devait, dans ma pensée, n'être qu'un déplacement de quelques semaines se transforma en une véritable campagne scientifique et industrielle qui dura plusieurs mois et ne fut pas sans fatigues.

L'étude des ponts et constructions métalliques, à laquelle je me suis voué depuis longtemps, me porta tout naturellement à diriger de ce côté mes investigations.

Je fus frappé de l'aspect élégant, et surtout de la hardiesse de ces constructions si répandues dans tout le pays ; mais ce qui m'intéressa plus particulièrement, ce fut la solidité que, par le calcul et l'expérience, on a su donner à ces remarquables ouvrages d'art. Ce que je voyais dépassait tellement l'opinion que je m'en étais formée, après lecture des relations et des publications américaines elles-mêmes et des critiques passionnées dans les journaux spéciaux européens, que je ne sus résister à l'attrait d'une étude consciencieuse de ces travaux gigantesques, de ces œuvres qui font honneur au génie humain jusque dans leurs détails les plus minutieux.

Je me suis appliqué à recueillir tous les documents et tous les renseignements que je crus de nature à ouvrir de nouveaux horizons dans l'art de la construction des ponts, en général, et des ponts suspendus, plus particulièrement, précisément à cause du discrédit injuste dans lequel on les tient en Europe.

Je dis injuste, car je crois que j'arriverai à démontrer que les ponts américains dont on se complait à dénier la solidité et dont on blâme la mauvaise construction, sont, au contraire, fort solides et bien construits.

Ce sont des préventions semées dans le public après des catastrophes à jamais déplorables, et on a accusé un système pour dégager des responsabilités, pour n'avoir pas à blâmer une négligence coupable ou une application mal comprise. Les faits le prouvent, en effet :

Le premier pont suspendu qui s'écroula à Broughton, près de Manchester, en 1831, céda sous le poids d'une soixantaine de soldats d'artillerie.

Cause indiquée : Marche cadencée des hommes.

Cause réelle : Les câbles furent reconnus trop faibles et mal disposés.

En France, se produisirent successivement :

En 1832, le bris du pont de Longues, sur l'Allier.

Cause : 4 chaînes du câble de retenue brisées : fer cristallin, non homogène.

En 1838, le pont de la Basse-Chaine, à Angers, pont de 7^m 20 de largeur sur 102 mètres d'ouverture, a son plancher qui s'écroule pendant les épreuves.

Cause : Ligatures incomplètes.

Ce pont est refait, et l'année suivante on le soumet à de nouvelles épreuves auxquelles il résiste. 20 ans plus tard, en 1850, la catastrophe d'Angers plongeait dans le deuil des centaines de familles, le pont avait cédé sous le poids de deux compagnies de soldats, par un vent terrible.

Cause réelle : Rupture des câbles de retenue dans les conduits d'amarre inaccessibles à l'examen, et grand nombre de fils oxydés.

En 1852, le tablier du pont de la Roche-Bernard, sur la Vilaine, est brisé par la tempête, au passage d'une diligence.

Cause : Mauvaise suspension, sans rigidité.

Enfin, pour ne pas trop multiplier les exemples, en 1861, le pont de Mirabel, sur l'Eygues, près de Montélimar, pont construit depuis 20 ans, ayant donné des doutes sur sa solidité, est soumis à une épreuve et cède.

Cause reconnue : Oxydation.

Tel est le triste historique des ponts suspendus en Europe ; le peu de confiance qu'ils inspirent au public serait donc justifié, si, au lieu de la vraie cause, on ne lui avait pas présenté la cause factice.

En Amérique, les ponts suspendus, de travées bien supérieures à celles des ponts que nous venons de citer, supportent et des routes et des voies ferrées. On s'en trouve bien dans le pays : il est vrai qu'ils sont le fruit d'études et le résultat d'améliorations apportées à l'ancien système européen ; on leur a ajouté de nouveaux organes, tels que des poutres longitudinales sur les rives et, dans l'intervalle qui

les sépare, des haubans. Les ouvrages sont établis de façon à ce que l'état du câble soit à tout instant vérifié.

Les Américains ont donc quelque droit d'être fiers de leurs ponts suspendus, puisqu'ils ont su faire quelque chose de ce système abandonné et décrié en Europe et que les constructions remarquables qu'ils ont érigées sont les témoins irrécusables du génie national.

Mais pour en revenir aux ponts en général, il est une chose certaine, c'est que les calculs de toutes les poutres à petit treillis du système européen, dépassant 70 pieds (21^m35), sont basées sur une hypothèse conduisant à des résultats erronés, ce qui fait qu'elles travaillent au double de l'effort pour lequel elles sont calculées : de plus, en Europe, on emploie des petites pièces dont la multiplicité nuit à la solidité de l'ouvrage, tandis qu'en Amérique on évite cet inconvénient en concentrant les matériaux, par l'emploi de treillis à grandes mailles.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire et avec réserve du système d'assemblage par rivets que nous croyons inférieur au système des joints chevillés ; mais c'est là une opinion très-controversée, en Amérique comme en Europe. Il est évident, cependant, que dans le cas de pièces montées sur place, la perfection de rivure, invoquée par les ingénieurs européens, ne peut pas être obtenue, et tout homme pratique reconnaîtrait la différence entre des rivures faites à l'usine et celles qui seraient faites sur des échafaudages ; comme il suffirait d'un seul joint mal exécuté pour compromettre la struction entière, on comprendra le motif de notre préférence.

Les grands avantages du système américain de construction consistent, selon nous, en ce qu'il laisse moins de surface à la corrosion, en ce qu'il donne moins de prise à l'action du vent et en ce que les frais d'entretien sont moindres. Il offre en outre une grande facilité dans le montage, qui peut se faire sans le concours d'ouvriers spéciaux et s'exécuter beaucoup plus rapidement ; les constructions américaines sont plus rigides et enfin plus économiques, bien que donnant ordinairement un coefficient de sécurité au moins égal, sinon supérieur, à celui des ponts européens.

Les calculs de l'ingénieur américain sont tous basés sur le parallélogramme des forces qui donne des résultats certains, tandis que la théorie fournie dans nos traités européens, — allemands, plus particulièrement, — est absolument obscure, d'une étude difficile, et ses formules, si justes qu'elles soient en théorie, sont toutes également fausses en pratique.

En Amérique, où les ingénieurs ont eu, depuis l'extension prodigieuse des chemins de fer, un vaste champ à exploiter et où ils ont dû étudier les moyens les plus propres à surmonter économiquement les obstacles semés par la nature, l'art de la construction des ponts a fait des progrès immenses et tous les systèmes ont montré ce qu'ils valaient, ont fait leurs preuves, en quelque sorte. Outre ces difficultés naturelles, on ne doit pas perdre de vue que la navigation a conservé dans le pays des droits auxquels on ne saurait porter atteinte, en sorte que les traversées des routes et voies ferrées au-dessus des fleuves ne doivent, en aucun cas, porter préjudice à la libre pratique des cours d'eau; de là, ces charpentes hardies, ces constructions grandioses, s'élevant à plusieurs centaines de pieds au-dessus du sol.

Et qu'on ne croie pas que ces édifices soient construits empiriquement? il n'en est rien, ils sont étudiés minutieusement dans toutes leurs parties, dans toutes leurs dimensions, les matériaux sont choisis et combinés en raison des résistances parfaitement déterminées qu'ils ont à opposer aux efforts et le coefficient de sécurité, ainsi que nous l'avons dit déjà, est généralement supérieur à celui des ponts européens: il est bon, du reste, de tenir compte de l'excellence des matériaux et de se pénétrer de cette idée, que les fers américains sont les premiers du monde; en sorte que, tous les calculs étant faits sur la base des résistances des fers anglais, les constructions américaines ont à leur actif, tout au moins la différence qui existe entre le coefficient de leurs fers et celui des meilleurs fers européens.

Abordant, en passant, la question économique, nous allons en peu de mots dire à quoi tient, selon nous, l'économie réalisée par les Américains dans leurs constructions, et par quels moyens ils arrivent à édifier des ponts infiniment moins coûteux que nos ponts européens, quoique la main-d'œuvre soit chez eux à plus haut prix et que la matière première y soit plus chère.

En Amérique, l'art de l'ingénieur est un peu du domaine de tous, et un pont étant mis en adjudication, tous les projets sont reçus et examinés; celui qui est déclaré répondre le mieux aux conditions du programme et offrir en même temps les plus grandes garanties de solidité et d'économie est choisi. L'auteur, quel qu'il soit, n'a pas à se préoccuper, en faisant son projet, du versement préalable, comme en Europe, d'un cautionnement énorme, ce qui entrave beaucoup l'art de l'ingénieur sur le continent européen et constitue, en quelque sorte, un monopole en faveur des capitalistes: ce cautionnement, aux Etats-Unis, est toujours très-

modéré. Après la décision prise en sa faveur, l'auteur du projet choisit l'usine qui lui convient pour faire exécuter son œuvre, dont il conserve d'ailleurs tout le mérite; c'est à lui seulement de faire ressortir, à l'entreprise, les bénéfices de son projet, et de le faire exécuter selon les conditions du cahier des charges, au meilleur compte possible. Ainsi, la moyenne du coût est généralement établie comme suit :

Prix par livre (1) du fer.	2 $\frac{1}{2}$	cents
— transport (moyenne)	$\frac{1}{4}$	—
— main-d'œuvre	1 $\frac{1}{2}$	—
— montage	$\frac{1}{2}$	—
	<hr/>	
Total	4 $\frac{3}{4}$	cents
Dépenses de l'ingénieur, surveillance, etc., 10 % soit	0 475	—
	<hr/>	
Total	5 225	cents

La rapidité d'exécution et le bon marché proviennent d'abord de ce que l'outillage a atteint une perfection dont on se fait peu l'idée en Europe, et qui balance, et au-delà, le prix plus élevé de la main-d'œuvre; puis ensuite de ce que, toutes les pièces de la construction étant généralement égales, elles sont faites, d'après le dessin, avec une exactitude scrupuleuse et amenées toutes prêtes, à pied d'œuvre, de telle sorte qu'il n'y ait plus qu'un montage à opérer, montage très-facile, ne réclamant même pas le concours d'ouvriers spéciaux.

L'économie provient aussi souvent de l'application de ce principe de la discontinuité des poutres, si critiqué, si contesté dans l'Europe continentale. Nous avons relevé, en effet, les opinions émises à cet égard à la Société des ingénieurs civils, à Paris, lors de la réception du savant rapport de M. Malézieux, qui rendait un hommage mérité aux constructions américaines. C'est avec surprise que nous avons vu blâmer aussi vivement les assemblages à chevilles des constructions américaines et soutenir, d'autre part, que des organes travaillant en compression pouvaient être adaptés de façon à travailler en même temps en tension, et ce, dans de bonnes conditions.

(1) La livre américaine vaut à peu près $\frac{1}{2}$ kilo. — Le cents américain vaut à peu près cinq centimes.

Nous avons peine à comprendre comment M. Dallot, qui a analysé ce travail de M. Malézieux, a pu dire que « pour les poutres destinées à résister à des charges mobiles, la rigidité devient un élément indispensable, et elle ne peut être obtenue qu'avec des assemblages rivés, parce que les boulons d'articulation prennent rapidement du jeu sous l'effet des vibrations dont l'amplitude se trouve de plus en plus accrue » et, il cite à l'appui de ce jugement absolu, le cas du viaduc du Crumlin : or, c'est sur ce cas que nous nous appuyons précisément pour soutenir la thèse contraire, car il constitue l'exception confirmant la règle. Ce que M. Dallot ignorait en choisissant son exemple, c'est que cette construction même avait justement soulevé les critiques et les protestations des partisans du système à chevilles, qui les premiers l'avaient déclarée défectueuse (voir le rapport lu à la Société des ingénieurs américains par T.-C. Clarke), par la raison que les parties supportées n'étaient pas en rapport avec les parties supportantes et que l'on n'avait pas tenu compte que la pression doit être réduite à 7 ou 8,000 livres par pouce carré ($4^{\text{e}}92$ à $5^{\text{e}}62$ par millimètre carré), sans quoi la cheville cisaille le fer, ou le fer la cheville. Les calculs, en outre, faits pour ce viaduc, étaient théoriquement justes, en partant de l'hypothèse prise, mais, pratiquement, ils ne pouvaient être adaptés à une poutre autre qu'une « poutre idéale » (voir: *Berliner Zeitschrift für Bauwesen Jahrgang*, 1858).

* M. Dallot, qui « tient à marcher dans le bon chemin, sous la conduite des maîtres illustres qui ont créé et porté si haut l'art des constructions en métal, » craindrait probablement de s'égarer avec l'ingénieur américain T.-C. Clarke, par exemple ; et, celui-ci, à son tour, serait sans doute déplacé au milieu des « illustres maîtres » de M. Dallot. Vraiment M. Dallot nous paraît bien sévère ; mais nous doutons fort qu'il puisse nommer un seul des « illustres maîtres » qui ait produit autant, et aussi bien exécuté, que les ingénieurs T.-C. Clarke, Linville et Shaler Smith. Nous aimons à croire que, de parti pris, M. Dallot ne se refuse pas à aller chercher la science là où elle se trouve, fût-ce même en Amérique : la science n'a pas de nationalité et le chauvinisme n'a pas à intervenir dans de telles questions.

Dans le cours de cette même séance, un autre ingénieur d'un grand mérite, M. Lavalley, a appuyé les conclusions de M. Dallot en disant que les motifs de la préférence montrée par les Anglais et par les Américains pour les travées indépendantes paraissaient être d'une part, la crainte des tassements inégaux dans les appuis, et, en second lieu, ce fait que, dans les régions voisines des points d'in-

flexion, le métal passe alternativement de l'état de compression à l'état de tension, objections dont l'importance lui semble fort exagérée.

M. Lavalley admet donc qu'une pièce faite pour travailler en compression peut économiquement se prêter au travail inverse ? se prêter aux deux actions opposées sans que le métal en souffre ? Ce n'est pas notre opinion.

De plus, M. Lavalley, qui ne nous paraît pas connaître beaucoup les Amériques, ne prend pas en considération que, sur de grands fleuves, à courant rapide et à fond mouvant, on aurait tort de répartir sur un seul point toute la dépense et, qu'en conséquence, il est préférable, en faisant des travées indépendantes, de prévoir le léger affaissement qui pourrait se produire, en dépit même de toutes les prévisions, plutôt que de risquer l'existence de la structure entière. Si M. Lavalley, qui est sans contredit très-compétent en ces matières, prenait le temps d'étudier, sur place, quelques-unes des constructions américaines, il reconnaîtrait aussi, sans aucun doute, que le poids moyen du métal employé aux Etats-Unis est incontestablement inférieur à celui employé en Europe, et alors, revenu de ses préventions, comme M. Malézieux, il n'hésiterait pas à déclarer que la méthode théorique et pratique américaine est digne de fixer l'attention des hommes du métier.

Quant à nous, nous serions heureux si nous pouvions, dans une certaine mesure, ramener à des sentiments plus équitables les ingénieurs Européens, que nous croyons mal informés ou peu au courant de la méthode américaine ; c'est dans ce but que nous venons leur faire hommage de ce livre, écrit dans une langue qui ne nous est pas familière ; aussi, sollicitons-nous leur indulgence et nous excusons-nous, par avance, des imperfections qu'ils y trouveront certainement, malgré tous nos efforts pour les éviter. Nous ne terminerons pas sans remercier ici M. Paul Tardif, ingénieur, ancien élève de l'école centrale, qui a revu et corrigé le manuscrit de cet ouvrage, dans sa rédaction tant générale que technique.

A. COMOLLI.

