

RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE DU GÉNÉRAL BARNARD.

New-York, 21 février 1877.

Le soussigné, ingénieur consultant, appelé à choisir le meilleur plan pour le pont projeté sur l'East River, et à faire les propositions de récompense à donner par votre Comité aux auteurs des trois meilleurs projets, ayant donné son opinion, vous soumet les raisons qui l'ont guidé dans sa préférence pour le projet de MM. Clarke, Reeves et C^{ie}.

I. Simplicité. — Sous ce rapport, il est sans concurrent. L'arc parabolique est théoriquement la forme à donner à une poutre pour supporter, en compression, un poids permanent quand ce poids est uniforme. L'ensemble de la poutre qui supporte tout le poids permanent conserve cette forme d'arc, et elle est articulée au sommet et aux culées, pour éviter les déformations produites par les changements de température. A un autre point de vue, il est clair que c'est la solution la plus élémentaire de joindre au milieu du pont, à l'endroit du sommet de l'arc, les deux poutres que l'on est amené à employer, puisque la longueur de la travée devient trop considérable pour une poutre unique.

Dans les petites travées, où ce simple triangle de parties trouve d'abord son application, la poussée est généralement reçue par une tige ou corde. Dans les grandes, si une tige est employée, pendant que le fléchissement dû au poids se produit, la tige est d'autant plus tendue que l'arc est plus comprimé.

De là, l'avantage obtenu dans ce projet, de porter la poussée directement au sol par un membre de compression court (une continuation de l'arc), s'étendant depuis les charnières de la culée jusqu'au sol. Les deux poutres qui composent l'arc, sont séparément rendues rigides par un contre-arc, aussi parabolique, et l'ensemble a une forme lenticulaire. Cette forme correspond presque exactement à ce qu'exige le maximum des efforts et les répartit dans une relation que la poutre ordinaire (à cordes parallèles) ne saurait donner, et pour laquelle la gradation du poids de métal dans ses parties n'est qu'un palliatif imparfait.

La forme générale, celle d'un arc s'étendant d'une rive à l'autre, donne à la construction une beauté singulière ; c'est un résultat qui n'est pas à dédaigner. Le reproche fait à ce projet, d'être une innovation téméraire, n'est pas absolument mérité, en ce sens que l'on n'a fait que se servir, pour une grande portée, des éléments simples dont on se sert depuis des siècles pour des portées plus petites.

L'expérience a donc déjà été faite en ce qui concerne la répartition des efforts sur les différentes parties de ce système de pont, et on n'est pas autorisé à dire qu'il constitue une invention qui reste à expérimenter.

Le système dit « à chandeliers » mérite bien plus ce reproche de n'avoir pas été expérimenté. En s'efforçant de citer un précédent pour un pont semblable, M. Bender se sert de cette dénomination mauvaise « un pont à chandeliers avec deux bras, » faisant allusion au pont à bascule Brest consistant en deux bras tournants équilibrés, dont la portée totale couvre un intervalle de 354 pieds (107^m397).

Ce n'est pas là un pont de chemin de fer. Il n'est occupé que par une voie étroite pour les voitures et deux trottoirs latéraux, et n'a pas au milieu une longue travée indépendante remplissant un vide, et pendant presque sans soutien, avec son poids mort et son poids vif à ses extrémités, comme dans le système dit à chandeliers. Dans le pont Brest, au contraire, les deux bras sont unis avec des coins au milieu du pont, de sorte que, sous l'action d'une charge, ils travaillent sensiblement comme le ferait un arc. Les nombreux ponts en fonte et en bois de Hollande, d'Angleterre, d'Allemagne, etc., cités par M. Bender, sont trop insignifiants et ont trop peu d'importance pour qu'on puisse les citer comme fournissant une base expérimentale pour les grandes travées à chandeliers.

II. Élimination complète, ou presque complète, des effets des changements de température. — Cette élimination, qui est une des difficultés que l'on rencontre dans les ponts à longues portées, est ici résolue par l'emploi des charnières au sommet et aux culées, en plaçant les charnières au milieu du plancher suspendu et en donnant du jeu, pour les variations de longueur, à sa jonction avec les contre-arcs.

L'effort peu sensible de la dilatation, produit sur la pile par la poutre de culée (facile à calculer), peut être négligé. On pourrait même détruire complètement cet effet, si cela en valait la peine.

III. Détermination parfaite des efforts non seulement dans leurs répartitions normales, mais encore quand ils se produisent sous l'action des légères oscillations occasionnées par des poids vifs partiellement distribués. — Le premier résultat découle de la simplicité de l'épure. Il en est de même du second ; mais il n'est nullement inséparable du premier.

IV. Exécution parfaite des prescriptions de notre « programme de concours, » qui laissait quelque latitude pour l'arrangement. Commodité dans la distribution des voies et chaussées. — L'ample largeur de 57 pieds (17^m373), à l'extérieur des arcs, permet de placer dans l'axe (comme elle doit être) la voie du chemin de fer, tandis que les deux parties extérieures sont consacrées exclusivement aux deux

chaussées et à leurs trottoirs. La largeur de base, qui permet ce développement pour les routes, est aussi un élément important dans la stabilité du pont contre les effets du vent.

V. *Supériorité dans les éléments principaux qui constituent la structure et petit quantité des pièces qui la composent.* — Les grands éléments de support pour ce pont, savoir : l'arc principal de chaque lunette, ou demi-travée, la travée de culée qui continue cet arc jusqu'au sol, et les colonnes des piles, etc., sont faites en « Colonnes Phœnix » qui sont réputées les meilleures poutres ou membres de compression en fer qui aient encore été produits, et, dans mon opinion, incomparablement supérieurs aux poutres ou membres de compression en U et treillis, que nous trouvons dans tous les autres projets du concours. L'expérience a établi que les colonnes Phœnix avaient une force ultima bien supérieure à celles que supposent les formules de Hodgkinson et de Gordon (données dans notre cahier des charges), au moyen desquelles on a l'habitude de déterminer les sections du métal dans ces membres. Par conséquent, ces membres ainsi calculés ont un excès de résistance en les comparant à celle qui correspond à nos coefficients de sécurité. Non seulement ils possèdent cette force extra, mais encore ils ont été calculés (toujours selon les prescriptions du cahier des charges) de façon qu'en aucun cas ils ne reçoivent un effort de compression de plus de 8,000 livres par pouce carré ($5^{\text{e}}62$ par millimètre carré). Dans le pont de la Compagnie de la Delaware, on a calculé pour les soutiens des effets de compression beaucoup plus élevés, en se basant sur ces termes des prescriptions (formule de Gordon modifiée), que les membres de compression devaient être calculés pour résister à 8,000 livres par pouce carré ($5^{\text{e}}62$ par millim. carré) pour les parties excédant vingt-quatre fois le rayon de giration. Ceci explique la différence qui peut paraître exister dans le poids par mètre carré en faveur du dernier pont.

A cette supériorité dans la forme et dans le petit nombre des membres des principaux éléments, on ne saurait opposer une petitesse comparative de la surface exposée qui est, par suite, plus aisément et plus économiquement protégée contre la corrosion.

VI. *Rigidité.* — Sous ce rapport important, d'autant plus important lorsqu'on a en vue que le pont doit être soumis au poids de trains de chemin de fer allant à toute vitesse, il surpasse, en raison du caractère essentiel du plan (dont nous avons parlé plus haut), tous les autres projets. En établissant une comparaison des fléchissements sous le poids vif entre ce pont et celui de la Compagnie des ponts de la Delaware, on trouve pour le premier 0,300 de pied (au centre), et pour le second 0,356 (à l'extrémité du chandelier), plus 0,160 de pied (fléchissement à la jonction centrale de la travée de 200 pieds), ce qui fait un total de 0,516 de pied

ou presque le double que dans le premier. Le pont « à chandeliers » de la Compagnie de Passaic donne le même résultat.

VII. Correction et perfection du dessin, tel qu'il est dès à présent présenté. — Aucune modification n'est matériellement nécessaire dans le plan, tel qu'il est dès à présent présenté. Les auteurs n'élèvent pas la prétention que tous les détails aient été complètement approfondis, ni qu'il ne soit pas possible d'apporter quelques légères modifications; cependant ce qui doit être constaté, c'est que ces modifications ne portent absolument que sur les détails.

VIII. Economie. — Ainsi que cela résulte des estimations de chaque projet, le prix des trois ou quatre plans les moins coûteux, y compris celui de la Compagnie des ponts de la Delaware, est à peu de chose près le même pour chacun d'eux.

En raison de l'ensemble du plan de Messieurs Clarke, Reeves et C^e, de la supériorité de ses parties composantes, et de la manière dont a été calculé son poids de métal, je crois qu'il est de beaucoup le moins dispendieux de tous.

Ayant jusqu'à présent examiné les points qui sont ceux particulièrement du concours et qui motivent mon jugement que le projet de Messieurs Clarke, Reeves et C^e mérite absolument la récompense promise au meilleur projet, et que ce devrait être celui adopté pour la construction; je ferai brièvement allusion aux objections qui lui ont été faites; et d'abord à celles relatives aux ancrages.

1° Il y a, dans le dessin, cette particularité que les piles ne sont pas dans les conditions normales, soit de poids, soit de résistance. Elles reçoivent les effets (tant de compression que d'extension) par lesquels un poids vif tendrait à déplacer le point de la charnière, et elles reçoivent, dans une grande proportion, les effets du vent. Le simple fait, que l'ancrage est nécessaire pour faire face à ces effets, n'est pas une objection spéciale à ce projet, car cela est également nécessaire dans un pont à chandeliers ou dans un pont suspendu.

2° A l'endroit du passage de la chaussée, le contreventement supérieur par des pièces transversales réunissant les arcs est nécessairement supprimé, et on a reproché aux auteurs du projet de n'avoir pas renforcé en cet endroit les poutres en augmentant la section des arcs et en ajoutant des bras convenablement. Mais ce n'est pas là un défaut auquel on ne puisse remédier. Le rapport général le constate et les auteurs déclarent qu'ils y ont pensé.

On doit se rappeler que, bien que les lunettes, au point de jonction, s'élèvent à une hauteur de 80 pieds (24^m384) au-dessus du plancher, 90 pieds (27^m431) dans le second dessin, le point d'attache des suspensions du plancher est généralement comparativement bas, ne s'élevant seulement à sa hauteur extrême que dans un

court intervalle, près du milieu du pont; d'où il résulte qu'en réalité le poids du plancher (y compris le poids vif total) n'est pas porté très-haut.

3° Un reproche fait au plan, dans le rapport général, est qu'une grande partie du plancher, dans sa longueur, est suspendue et sujette par suite des effets du vent à des vibrations dangereuses.

Il est notoire que l'on ne s'était pas rendu compte de l'intensité de ces effets dans les premiers temps de la construction des ponts suspendus, et l'énumération des ponts anglais, français et américains, qui en ont souffert ou même qui ont été détruits, est fort longue. Le pont de Mayence même en a souffert, peu de temps après avoir été construit. Il fut renforcé par la suite, et sa chaussée et son plancher pour les passagers, de 580 pieds (176^m784) de longueur et de 28 pieds (8^m534) seulement de largeur, ne pesant que 950 livres (430^k913) par pied (0^m305) et suspendu par 800 barres de fer de 1 pouce carré (625 millim. carrés), variant de 10 (3^m050) à 53 pieds (16^m154) de longueur, s'est depuis maintenu pendant un demi-siècle. Les longues demi-travées du plancher des ponts suspendus de Covington et de Brooklyn, ces dernières de 800 pieds (243^m726) de long, présentèrent de plus grandes difficultés. Dans le cas qui nous occupe, on croit que le but est absolument atteint en construisant le plancher sur une poutre horizontale à grandes mailles de 57 pieds (17^m373) de largeur. De plus, en remplaçant les tiges de suspension par des pièces rigides à treillis, réunies dans le sens transversal du pont avec des poutres à treillis. La longueur suspendue n'est, dans le premier dessin, que de 400 pieds (121^m918) seulement, et, dans l'autre, que de 480 pieds (146^m302).

4° J'ai été tout d'abord porté à accepter comme plus fondé le reproche fait à propos de la difficulté d'ériger. J'ai été informé cependant, par les auteurs responsables, que ce point avait été l'objet de mûres considérations, que le coût du montage était compris dans leurs estimations, et qu'ils étaient disposés à entreprendre la construction du pont, en raison de ces estimations.

5° Enfin, je ferai allusion à un autre point sur lequel on a beaucoup insisté, et qui consiste en ce que l'arc à charnières de la première épure ne donnait pas, comme dans les autres projets, un passage aussi libre sur toute la portée. La seconde épure donne la même ouverture que celle donnée par le pont d'East River; et, par le fait, il en donne davantage, car les haubans de la parabole renversée du pont suspendu de l'East River partent à 22 pieds (6^m705) au-dessous du niveau du plancher aux piles, et s'étendent sur près de deux cents pieds (60^m959), réduisant les 120 pieds (36^m575), aux piles, à moins de 100 pieds (30^m50). Mais les auteurs du projet, en le soumettant, ont déclaré qu'ils l'exécuteraient à la hauteur qu'on voudrait. Je ne crois pas qu'on doive donner une hauteur supérieure à celle indiquée dans le second projet; et, en même temps, j'affirme qu'aucun des ponts qui nous ont été

proposés ne peut donner une plus grande hauteur que celui-ci pour un grand espace central, un espace bien assez ouvert pour le libre passage de tous les grands vaisseaux qui éviteront d'approcher les rives. On n'aurait en tout cas qu'à élever le plancher de quinze pieds (4^m572) pour obtenir une ouverture absolue de près de 150 pieds (45^m719) de hauteur sur 300 pieds (91^m438) de largeur dans le premier plan, et de 370 pieds (112^m774) de largeur dans le second.

Signé : J.-G. BARNARD,

Membre du Comité des Ingénieurs consultants.

RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE DU GÉNÉRAL GILLMORE

New-York, 26 février 1877.

Aux directeurs de la C^{ie} du pont de New-York et Long-Island

Dans le rapport de votre Comité d'ingénieurs consultants, qui vous a été soumis récemment, je suis indiqué comme ayant exprimé ma préférence pour les trois meilleurs projets de ponts dans l'ordre suivant, avec cette réserve que ces plans doivent être jugés strictement, sans modification, selon les stipulations et les calculs de force les accompagnant, à savoir :

1. Le plan de Messieurs Clarke, Reeves et C^{ie}.
2. » la C^{ie} des ponts de la Delaware.
3. » Edward W. Serrell et fils.

Avec certaines modifications qui s'imposent d'elles-mêmes et dont les plans sont susceptibles, sans apporter un changement radical dans le caractère des constructions, l'ordre de mérite, selon moi, serait :

- 1^o Le plan de la C^{ie} des ponts de la Delaware.
- 2^o » Messieurs Clarke, Reeves et C^{ie}.
- 3^o » Edw. W. Serrell et fils.