

et non le prix de fabrication, parce que la valeur du combustible et de la main-d'œuvre est très-différente dans ces deux pays. La perte est presque nulle par ces deux procédés, ainsi qu'il résulte de l'analyse des scories.

Quant à la consommation, elle est dans le pays de Galles de 2000 kilog. de houille pour 100 kil. de cuivre métallique. A Chessy, elle est de 1027 kilog. de coak, correspondant à 1750 kilog. de houille, de 13 kilog. de charbon, 30 kilog. de fagots de chêne et de 25 pieds cubes de bois. Cette consommation équivaut au moins à celle du pays de Galles. On observera en outre que le premier grillage se fait à Chessy, presque sans combustible, et que toute la dépense se reporte sur les autres opérations.

DESCRIPTION

D'un pont suspendu de 1022 pieds d'ouverture, projeté par M. BAZAINE, ingénieur au Corps royal des ponts et chaussées de France, général-major du génie au service de Russie, et par MM. LAMÉ et CLAPEYRON, ingénieurs au Corps royal des mines, majors du génie au service de Russie.

(Extrait d'une lettre adressée à M. Baillet, inspecteur divisionnaire au Corps royal des mines.)

Saint-Petersbourg, 15-27 août 1825.

..... DANS la première lettre que nous avons eu l'honneur de vous écrire (1) relativement aux ponts suspendus, nous avons indiqué la marche que nous suivions pour calculer les dimensions des différentes parties de ce genre de construction : aujourd'hui nous allons entreprendre de décrire un projet de pont en chaînes sur la Néva, de 1022 pieds (anglais) d'ouverture. Comme l'exécution de ce projet n'est pas encore décidée, nous ne développerons ici que les dispositions principales auxquelles nous nous sommes arrêtés. Si la construction de ce pont était définitivement entreprise, nous nous empresserions de vous en faire parvenir les plans de détails.

(1) Voyez les *Annales des mines*, t. X, pag. 311 et suiv.

Nous entrerons d'abord dans quelques développemens relativement à la position de ce pont.

La Néva, qui déverse les eaux du lac Ladoga dans le golfe de Finlande, se partage, à son embouchure, en plusieurs bras; la ville et les campagnes de Saint-Petersbourg s'étendent sur leurs rivages. Le bras principal du fleuve, auquel on a donné particulièrement le nom de grande Néva, sépare les deux quartiers les plus beaux, les plus peuplés et les plus importans de la ville; savoir, sur la rive gauche, le quartier de l'amirauté, où se trouvent le palais du souverain, le sénat, les ministères, la plupart des administrations civiles et militaires, et sur la rive droite le quartier de Vacili-Ostroff (île de Bazile), où se trouvent les académies, la bourse, la douane, le port et les entrepôts. Ces deux parties de la ville sont réunies par un pont de bateaux extrêmement fréquenté, que l'on détache au printemps et en automne, à l'époque des débâcles: en sorte que cette communication importante est interceptée pendant que le fleuve charrie des glaçons, soit au commencement, soit à la fin de la saison des froids. Les habitans de Vacili-Ostroff sont alors isolés, et ne peuvent communiquer avec les autres quartiers de la ville qu'au moyen de barques, qui se fraient un chemin souvent dangereux entre les glaçons mobiles qui couvrent la surface du fleuve. Le pont n'est remis en place que lorsque la Néva est ou totalement couverte de glaces, ou totalement libre.

Ce pont de bateaux se démontait autrefois

bateau par bateau, ce qui élevait considérablement les frais de déplacement, et augmentait de beaucoup la durée de l'interruption du passage sur la Néva. Le général Bétancourt, qui dirigeait alors le corps des ingénieurs des voies de communication, a fait construire, en 1821, un pont de bois porté sur des piles flottantes, et tellement lié que le courant le fait tourner tout entier, et le place parallèlement aux quais lorsque l'effort des glaces, s'exerçant sur lui, peut faire craindre sa rupture; il suffit pour lors d'en détacher une des extrémités et de fixer l'autre par des cordages. Quand la débâcle est terminée, on remonte ce pont en très-peu de temps et à peu de frais, au moyen de cabestans. L'économie de temps et de frais qui résulte de ce changement important est cependant soumise à une chance d'incertitude: il arrive quelquefois que les cordages cédant à l'effort des glaces, le pont est emporté par la débâcle lorsqu'on veut en opérer la rotation.

Tous ces inconvéniens ont fait désirer depuis long-temps l'établissement d'un pont fixe, avec piles et culées, sur la grande Néva; mais les difficultés nombreuses que l'on aurait à vaincre rendent cette construction presque impossible. La largeur à-peu-près constante du fleuve est de plus de 950 pieds anglais; sa section transversale est presque rectangulaire, en sorte que le fond, placé à 42 pieds de profondeur au-dessous des eaux ordinaires, est presque horizontal. Le niveau des quais n'est élevé que de 8 à 10 pieds au-dessus des eaux; il est submergé, lors des grandes inondations comparables à celle du

7/19 novembre dernier, jusqu'à la hauteur de 6 à 8 pieds. La vitesse moyenne du fleuve est d'un p. et demi par seconde; sans être très-considérable, elle suffit cependant pour donner naissance à des digues de glace, qui ont, à plusieurs époques, causé des inondations désastreuses. Le port du commerce et plusieurs chantiers de construction de la marine impériale étant placés à l'amont du pont, on serait obligé de construire deux piles-culées pour le placement d'un pont-levis.

Si l'on réfléchit maintenant à la grande profondeur du fleuve, qui nécessiterait des moyens extraordinaires pour y fonder solidement les piles et les culées; au peu d'élévation des quais, qui exigerait un exhaussement prodigieux du pont, afin de placer les naissances des arches, tant surbaissées qu'elles pourraient être, au-dessus du niveau des eaux moyennes; à la diminution inévitable du débouché du fleuve et au danger qui pourrait résulter de l'accumulation des glaces à l'amont du pont, que les brise-glaces les mieux disposés ne sauraient empêcher, vu l'épaisseur des masses de glaçons quelquefois très-considérables, on concevra que la construction d'un pont fixe, avec piles et culées, sur la grande Néva serait une opération gigantesque, dont les frais énormes ne pourraient être compensés par l'utilité qu'elle offrirait, quelque grande qu'elle puisse être, sur-tout si l'on voulait s'opposer à toutes les chances de destruction, et acquérir, à force de travaux et de précautions, la certitude de la durée de l'ouvrage.

Les difficultés d'une toute autre nature que

présenterait la construction d'un pont en chaînes d'une seule ouverture, à l'emplacement que nous venons d'indiquer, nous ont paru plus faciles à surmonter. Nous avons pour nous guider des antécédens favorables : la théorie des ponts suspendus, si complètement développée dans l'ouvrage de M. Navier, ne laisse plus rien à désirer; l'expérience a également appris sur ce à-peu-près tout ce qu'on avait à lui demander, et les ingénieurs civils peuvent maintenant entreprendre la construction d'un pont en chaînes avec autant d'assurance que celle d'un pont en pierres ou en bois.

Tout ce qui précède motive suffisamment la préférence que nous avons donnée à un pont en chaînes pour offrir un passage fixe et durable sur la grande Néva, nous allons maintenant donner la description la plus succincte qu'il nous sera possible de l'ensemble du projet.

Les deux supports en granit sont en tout semblables à la porte d'Athènes, représentée dans l'ouvrage de l'Institut d'Égypte : leur hauteur est de 111 pieds et demi, vu de face; ce genre de support offre une porte rectangulaire avec des pieds-droits sans talus : vu de côté, il a la forme d'une pyramide tronquée, dont la base inférieure a 42 pieds de largeur horizontale, et la base supérieure 14 pieds seulement. Placé à 21 pieds du bord du quai, il offre, outre le passage direct sous la porte même, deux passages latéraux autour des pieds-droits : c'est au-dessus de ces pieds-droits que s'opère le raccordement des

chaînes de suspension et des chaînes de retenue.

Le pont est composé de trois ponts distincts ; savoir, de deux petits ponts de côté , ayant chacun 9 pieds de largeur, et qui sont destinés au roulage des charriots de transport, et d'un pont intermédiaire large de 31 pieds , offrant une route de 21 pieds pour les voitures , et deux trottoirs latéraux pour les piétons, ayant chacun 5 pieds de largeur. Les chaînes de suspension sont distribuées en quatre faisceaux ; deux de ces faisceaux supportent, au moyen de tiges verticales et de fermes en fonte, le plancher d'un des ponts de côté : celui du grand pont intermédiaire est supporté par des fermes composées de fer et de bois, suspendues par leurs extrémités aux milieux des fermes en fonte des ponts latéraux.

Chaque ferme transversale du grand pont consiste dans une poutre de bois horizontale, courbée de manière à présenter vers le bas sa partie concave, et dans un polygone en fer, dont les extrémités sont vissées à des boîtes en fonte où viennent s'encastrent les bouts de la poutre ; ce polygone, courbé de manière à présenter en bas sa partie convexe, est maintenu, séparé de la poutre, par des tasseaux en bois placés à chacune de ses articulations, ou par des poutres longitudinales au pont, ou enfin par des moises qui servent à lier entre elles les différentes fermes.

Les petites fermes en fonte des ponts latéraux qui sont supportées à leurs extrémités par les tiges de suspension, et qui supportent en leurs

milieux les fermes du grand pont, ont la forme de voûtes surbaissées ; leur poussée est détruite par des barres de fer horizontales.

Le plancher du pont, formé de deux couches de planches placées longitudinalement et à joints recouverts, a 5 pouces d'épaisseur totale. Les trottoirs sont couverts d'une seule couche de planches, clouées sur d'autres planches placées de champ sur les fermes mêmes, et qui lui servent d'appui. Le plancher, sur une longueur de 950 pieds environ entre les quais, est courbé vers le haut ; la flèche de cette courbure est de 7 pieds.

Les chaînes de suspension ont une épaisseur totale de 400 pouces carrés ; les 100 pouces carrés qui en résultent pour l'épaisseur de chaque rang sont répartis sur deux polygones, dont les sommets alternent, et qui contiennent chacun dix chaînes distinctes. Chaque chaîne est composée de chaînons alternativement simples et doubles, ayant chacun 8 pieds de projection horizontale. La forme de ces chaînons est la même que celle indiquée par M. Navier dans son projet de pont suspendu sur la Seine, avec cette différence que les boulons d'assemblage sont horizontaux.

Les dix chaînes, qui, dans leur ensemble, composent un polygone, sont parallèles, et leurs articulations se correspondent. Des châssis composés de barres de fer et de fonte unies par des boulons, et semblables à ceux adoptés par M. Navier dans le projet que nous venons de citer, embrassent les dix chaînes d'un polygone un peu au-dessus de chacun de ses sommets. Les tiges

verticales de suspension traversent des châssis et s'appuient sur eux au moyen d'écrous sphériques. Les deux polygones d'un rang de chaînes sont tout-à-fait indépendans l'un de l'autre : leurs sommets alternent ; le pont est soutenu de 4 pieds en 4 pieds suivant sa longueur.

La distance horizontale des axes des supports, ou l'ouverture des chaînes de suspension, est de 1022 pieds ; la flèche des polygones caténaux est de 87 pieds et leur longueur de 1042 pieds environ. Vers le milieu du pont, le plancher et les chaînes sont séparés par un intervalle de 7 pieds.

Le raccordement de chaque rang de chaînes de suspension et de chaînes de retenue se fait sur un charriot en fonte, placé sur des cylindres pareillement en fonte, pouvant rouler sur les plateformes qui terminent les supports. Chacune des chaînes partielles qui composent un rang se recourbe sur le charriot entre deux paires, dans lesquelles sont encastrés, à mouvement libre, les boulons de ses articulations. Les chaînons, ainsi fixés au charriot, sont beaucoup plus courts que ceux de la partie libre de la chaîne ; ils forment un polygone de raccordement, convexe vers le haut, dont chaque sommet correspond à un des cylindres qui supportent le charriot. La forme de ce polygone est parabolique, et calculée de manière à répartir également sur tous les cylindres la pression verticale exercée par les chaînes sur les supports. Les deux charriots, situés sur un des pieds-droits d'un support, sont réunis par des pièces de fonte, de manière à ce que l'un ne puisse

pas se mouvoir indépendamment de l'autre.

Les chaînes de retenue, à leur sortie des charriots, font avec la verticale un angle dont la tangente trigonométrique est $\frac{3}{11}$, rencontrent le sol à 150 pieds environ des axes des supports, se dirigent suivant des puits inclinés vers des plaques de fonte, dont les plans sont perpendiculaires à leur direction, traversent ces plaques à 21 pieds au-dessous du sol, et s'appuient sur elles au moyen de boulons et de coins. Les deux plaques de fonte qui correspondent aux deux rangs de chaînes équilibrantes d'un pont latéral, servent de coussinet à une voûte surbaissée construite en granit. Cette demi-voûte s'appuie à la clef sur un massif de maçonnerie qui transmet la poussée horizontale de cette voûte aux fondations du support. Une galerie horizontale, dans laquelle on descend par un puits, réunit des chambres pratiquées derrière les deux plaques d'arrêt correspondantes à chaque voûte. Le point où chaque rang de chaînes de retenue pénètre dans le sol, est recouvert par un piédestal surmonté d'un sphinx, dont les proportions et les formes sont prises dans l'ouvrage publié par l'Institut d'Égypte.

La voûte dont nous venons de parler est assise sur une maçonnerie, dont le radier horizontal s'appuie sur des pieux ; des moises en fer qui les embrassent sont réunies par des tiges verticales avec les dalles de granit qui forment l'assise supérieure de la voûte. Au moyen de ce système, la résistance que les pieux offrent à l'arrachement est intéressée pour s'opposer au soulèvement de la maçonnerie avant que toutes

les parties aient acquis, par la solidification du mortier, le degré de liaison nécessaire.

Le passage des bâtimens marchands ou des vaisseaux de l'État, de l'amont à l'aval du pont, se fait au moyen d'un canal demi-circulaire, pratiqué dans le Vacili-Ostroff. Les ponts mobiles placés sur ce canal sont disposés de manière à ce qu'étant alternativement levés ou baissés, la circulation des voitures et des piétons ne soit pas entravée par le passage des vaisseaux. Chacun de ces ponts est composé de deux demi-arches en fonte, qui, en tournant sur les culées, offrent dans le canal une ouverture libre, suffisante pour le passage des plus gros bâtimens de guerre; une portion de chaque demi-arche peut en outre se lever, à la manière des ponts-levis, pour laisser passer les vaisseaux marchands.

Après avoir donné la description du projet, nous y ajouterons quelques observations pour motiver les dispositions nouvelles que présente le travail dont il s'agit.

Le partage du pont en trois parties distinctes offre plusieurs avantages, la considération suivante nous a principalement déterminés à adopter cette disposition. Si nous avons distribué les chaînes sur deux rangs seulement, leur grande épaisseur, la grande largeur du pont exigée par les besoins de la circulation, nous auraient entraînés dans de grandes difficultés relatives à la nature des assemblages et des raccordemens des chaînes, à la manière de fixer leurs extrémités dans le sol, et à la construction des fermes trans-

versales. En portant à quatre le nombre des rangs de chaînes, de nouvelles difficultés se seraient présentées si nous avions adopté des fermes transversales d'une seule pièce soutenues en quatre points de leur longueur, les charges constantes et mobiles du pont ne se seraient pas distribuées en parties égales sur les tiges de suspension correspondantes à chaque ferme; les deux rangs de chaînes intermédiaires auraient exigé une épaisseur plus considérable que celle des deux rangs extrêmes; le plus ou moins d'élasticité des matériaux dont les fermes auraient été composées eût fait varier le rapport de ces épaisseurs, qui eût été conséquemment difficile à assigner. En adoptant au contraire la disposition que nous avons décrite, les quatre rangs de chaînes jouent évidemment le même rôle dans la suspension, et leur épaisseur doit être la même pour tous.

Les fermes, composées de fer et bois, qui soutiennent le plancher du grand pont, forment un système d'un genre nouveau, que nous nous proposons de soumettre à l'expérience avant de l'employer. Dans ce système, suspendu par ses deux extrémités seulement, la poutre courbée tend à se redresser en vertu du poids dont elle est chargée, et le polygone en fer, par sa traction, s'oppose à ce redressement, qui, s'il avait lieu, occasionnerait la courbure de la poutre dans un sens opposé, et par suite ferait craindre sa rupture; on peut encore envisager ce système sous un autre point de vue, considérer le polygone en fer, inférieur à la poutre, comme supportant le poids dont elle est chargée et qu'elle

lui transmet par l'intermède des tasseaux, et la poutre comme empêchant le rapprochement des deux extrémités de ce polygone. Le calcul indique alors que la traction supportée par le polygone en fer est la même que celle des chaînes d'un pont suspendu, dont l'ouverture serait égale à la distance horizontale des deux extrémités de la poutre, dont le poids serait le même que celui qui charge la ferme, et dans lequel la flèche des chaînes serait égale à la somme des flèches de courbure de la poutre et du polygone en fer.

Les chaînes de retenue ayant une grande longueur, et la différence des températures extrêmes à Saint-Petersbourg étant d'environ 50 degrés du thermomètre de Réaumur, on voit que si nous eussions attaché d'une manière fixe les chaînes de retenue aux supports, ceux-ci, dans leur partie supérieure, eussent été sujets à un mouvement horizontal très-sensible qui eût fatigué la maçonnerie, et donné à la résultante des tensions des chaînes de suspension et de retenue une direction très-différente de celle de l'axe de résistance des supports. Le moyen que nous proposons conserve à cette résultante une direction constamment verticale, et laisse parfaitement fixe la partie supérieure des supports.

Les pressions considérables exercées sur les charriots, le peu d'étendue des oscillations verticales des chaînes d'un aussi grand pont, le grand nombre de rouleaux sur lesquels les charriots sont assis, et la forme de ces charriots, au moyen de laquelle les pressions sont également répar-

ties sur tous les cylindres; toutes ces circonstances sont favorables à la solidité de ce mode de raccordement, que nous croyons préférable à tout autre dans les ponts d'une grande ouverture.

La fixation des chaînes de retenue dans le sol est peut-être la partie la plus importante d'un projet de pont suspendu. Dans les localités où le terrain offre une grande résistance, ou est peu perméable aux eaux, on peut compter sur le poids d'une portion de ce terrain pour s'opposer au soulèvement des plaques d'attache; mais à Saint-Petersbourg, qui n'était, il y a un siècle, qu'un vaste marécage, le terrain est trop meuble pour qu'il soit permis de compter sur la résistance qu'il pourrait offrir: il est trop pénétré d'eau pour qu'on puisse chercher des points d'appui à une grande profondeur; c'est ce qui nous a déterminés à adopter le genre de construction que nous avons décrit. Le poids total de chaque demi-voûte est au moins double de la composante verticale des tractions maxima des chaînes équilibrantes qui y aboutissent, en sorte que ce poids détruirait encore cette composante verticale dans le cas où la demi-voûte serait entièrement dans l'eau.

La résultante des tractions des chaînes équilibrantes qui aboutissent à chaque demi-voûte, la verticale qui passe par son centre de gravité, et l'axe horizontal du massif de maçonnerie qui l'unit à la fondation du support voisin, concourent en un même point, en sorte que la puissance et les résistances se font directement équilibre.

Nota. Les calculs des tensions des chaînes ont

été faits en employant la méthode que nous vous avons indiquée dans notre première lettre. L'épaisseur du fer est d'un pouce carré anglais pour dix tonnes de tension maximum. Nous supposons que l'on peut, à force de soins et de recherches, obtenir en grande quantité un fer qui supporte trente tonnes au pouce carré anglais.

SUR LA MÉTALLURGIE DU PLOMB.

(Extrait des *Archives métallurgiques* de M. KARSTEN, tome 6).

I. *Des différens fourneaux et procédés essayés ou pratiqués dans la fonderie de Friedrichshutte, près Tarnowitz en Silésie.*

La fonderie établie pour obtenir le plomb des minerais exploités à Tarnowitz, offre à l'observateur des procédés dont quelques-uns lui sont particuliers, et qui sont en général remarquables par les résultats avantageux qu'on en obtient. Le plus grand nombre a déjà été décrit par M. d'Aubuisson dans le *Journal des mines*, t. 17, pag. 438; mais il n'a pas eu connaissance de tous les essais qui ont été faits, et en outre, depuis l'époque où il a visité cet établissement, il y a eu des perfectionnemens importans, particulièrement dans la préparation des coupelles, par l'emploi de la marne en remplacement des cendres. Il ne sera donc pas inutile de présenter différens résultats intéressans qui formeront comme le complément de ce qui a déjà été publié sur cette fonderie.

Le traitement qui fut mis en usage lors de l'établissement de la fonderie en 1787, consistait à fondre la galène avec addition de fer dans un haut-fourneau de 20 pieds de hauteur (1), 36 pouces de profondeur, et 50 pouces de lar-

Essais relatifs aux combustibles.

(1) Il s'agit ici du pied du Rhin qui = 0^m,275.