

PONTS EN FIL DE FER

PARIS. — DE L'IMPRIMERIE DE RIGNOUX,
RUE DES FRANCS-BOURGEOIS-S.-MICHEL, N^o 8.

DES
PONTS EN FIL DE FER;

PAR SEGUIN AÎNÉ.

Seconde Edition.



A PARIS,
CHEZ BACHELIER, LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

1826.

A MONSIEUR BÉCQUEY,

CONSEILLER D'ÉTAT,

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MONSIEUR,

Permettez que j'aie l'honneur de vous offrir le fruit de mes premiers travaux, dans une carrière où je regarde quelques succès déjà obtenus, comme dus aux communications que j'ai eues avec les divers membres du Corps des Ponts et Chaussées, dont vous êtes le Chef.

L'accueil favorable que vous avez bien voulu accorder au nouveau système de ponts suspendus que nous avons eu l'honneur de vous présenter, et la bienveillance que j'ai trouvée auprès des Ingénieurs chargés de discuter ce système

dans l'application que j'en ai proposée pour le pont à établir sur le Rhône, entre Tain et Tournon, me font espérer que vous daignerez accepter ce faible tribut de ma reconnaissance.

Je suis avec respect,

MONSIEUR LE DIRECTEUR GÉNÉRAL,

Votre très-humble et très-obéissant
serviteur,

SEGUIN AÎNÉ.

INSTITUT DE FRANCE.
ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.

RAPPORT

SUR UN MÉMOIRE RELATIF AUX PONTS EN FIL DE FER

Présenté à l'Académie Royale des Sciences, par M. SEGUIN, d'Annonay.

(Extrait du procès verbal de la séance du lundi 26 janvier 1824.)

L'ACADÉMIE nous a chargés, MM. de Prony, Molard, Fresnel et moi, de lui rendre compte d'un Mémoire de M. Seguin, d'Annonay, sur un système de ponts suspendus au moyen de câbles de fil de fer.

Le succès d'une première expérience, et l'économie résultant de ce système de construction, méritent à juste titre de fixer l'attention de l'administration publique.

Un pont suspendu, destiné au passage des gens de pied, a été établi à Annonay par M. Seguin lui-même, et ce pont, de 18 mètres d'ouverture entre ses deux culées, n'a coûté que la modique somme de 50 fr., suivant les détails qu'on en trouve dans la *Bibliothèque universelle* de M. le professeur Pictet, et dans les *Annales de l'Industrie nationale*, n° 38.

Encouragé par ce premier essai, M. Seguin s'est occupé d'un projet plus considérable, celui de substituer au bac à l'aide duquel on a communiqué jusqu'à présent entre les deux villes de Tain et de Tournon, situées sur le Rhône, à l'opposite l'une de l'autre, un

pont fixe suspendu à des câbles ou faisceaux de fil de fer, qui seront tendus entre deux culées et une pile intermédiaire au milieu du fleuve.

Ce projet, soumis à l'examen du Conseil des Ponts et Chaussées, ayant été jugé digne de son approbation le 30 septembre 1823, MM. Seguin se sont chargés de l'exécuter eux-mêmes, à leur frais, moyennant la concession qui leur serait faite, pendant quatre-vingt-dix-neuf ans, d'un droit de péage destiné à opérer le remboursement du capital et des intérêts des sommes dont ils feront les avances.

Dans cet état de choses, les commissaires de l'Académie n'ont point à donner leur avis sur un système de construction que des juges compétens ont approuvé, et dont le Gouvernement est au moment d'autoriser l'entreprise. Mais, outre la description de ce système de pont, le Mémoire de M. Seguin contient les résultats d'expériences nombreuses sur la force de cohésion et d'élasticité du fer, c'est-à-dire sur la résistance que des barres prismatiques ou cylindriques, tirées suivant leur longueur, opposent à leur rupture.

Depuis Muschenbroeck, qui s'en occupa un des premiers, il a été fait beaucoup de recherches pour déterminer la cohérence des barres ou fils métalliques; ces recherches ont été multipliées, spécialement sur le fer, en France et en Angleterre (1). M. Duleau, avantageusement connu de l'Académie, a inséré, dans son *Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé*, un tableau de toutes les expériences faites jusqu'à l'époque de 1820. Il résulte de ce tableau, que cette résistance, par millimètre carré, est de 44 ou 45 kil.

D'après les observations de M. Seguin, cette résistance moyenne a été de 40 kil. pour des barres dont les dimensions ont varié

(1) Rondelet, *Art de bâtir*, tome iv. — Barlow, *Strenght of timber*.

depuis $0^m,0045$ jusqu'à $0^m,0315$ de côté; ce qui diffère peu de résultats déjà connus.

On remarque cependant que la force de cohésion des barres de fer forgé devient d'autant plus considérable que ces barres sont d'un moindre équarrissage ou d'un moindre calibre.

Ainsi cette force est de 61 kil. pour des barres de $0^m,0045$ de côté, tandis qu'elle n'a été trouvée que de 21 kil. environ, c'est-à-dire trois fois moindre; pour des barres de $0^m,0315$ sur $0^m,02$ ce qui tient indubitablement à la nouvelle disposition que prennent entre elles les molécules de fer, lorsqu'il est plus fortement corroyé.

Le corroyage des barres et le passage des fils à la filière établissent à leur surface une espèce d'épiderme plus dense que la partie intérieure. Cet épiderme constitue une partie de la force et occupe relativement une plus grande partie de l'aire transversale dans les petites pièces que dans celles de dimensions plus fortes.

M. Rondelet a éprouvé qu'en coupant cet épiderme la force de la barre diminuait sensiblement, quoique ses dimensions transversales restassent, à très-peu près, les mêmes.

Ces faits ont été confirmés par vingt-quatre séries d'expériences que M. Seguin a faites sur des fils de fer dont le diamètre a varié depuis un quart de millimètre jusqu'à 6 millimètres. La cohérence moyenne de ces fils a été trouvée de 60 kil. par millimètre carré: cette cohérence est, comme on voit, à celle du fer en barre dans le rapport de 3 à 2, et même de 3 à 1, lorsque les barres sont de forte dimension.

Il est à remarquer encore que les fils de fer les plus fins, ceux par exemple, qui sont employés à la fabrication des cardes, ont une résistance de 80 kil. par millimètre carré, tandis que des fils d'un diamètre vingt-quatre ou vingt-cinq fois plus considérable, n'ont une force de cohésion que d'environ 60 kil.

Toutes ces expériences ont été faites sur des fils de fer tels qu'

entent de la filière, et qu'on les trouve dans le commerce. Ces fils perdent quelquefois jusqu'à la moitié de leur résistance lorsqu'ils ont été recuits. Ceci paraît tenir, d'une part, au changement de disposition des molécules, occasioné par la haute température à laquelle ils ont été exposés; et, d'autre part, à la formation d'une petite couche d'oxyde de fer qui se forme à la surface de ces fils, et dont on doit déduire l'épaisseur de leur diamètre primitif.

Les résultats des expériences que nous venons de rapporter donnent plus de certitude à l'expression numérique de la cohérence du fer forgé ou tiré à la filière. Nos connaissances positives sur cette matière s'accroissent ainsi par le travail de M. Seguin. Mais il ne s'est pas borné à observer sous quelle charge s'opère la rupture des fils mis à l'épreuve : il a fait une série d'expériences sur l'allongement de ces fils par l'action des poids dont on les charge successivement. Représentant ces poids par les abscisses d'une courbe dont les ordonnées représentent les allongemens opérés, on a reconnu que cette courbe s'éloignait de plus en plus de son axe en lui présentant sa convexité; ce qui revient à dire que des poids égaux ajoutés successivement à la charge soutenue par le fil, s'allongent de quantités différentes et toujours croissantes, jusqu'au moment de sa rupture, phénomène qu'il faut se borner à énoncer jusqu'à ce que de nouvelles observations conduisent, s'il est possible, à l'expliquer d'une manière satisfaisante.

En attendant ces explications, les expériences de M. Seguin ont prouvé d'une manière incontestable que la cohérence du fil de fer est plus grande que celle du fer en barre. Son projet de substituer des câbles ou faisceaux de fil de fer à des chaînes ou à des barrés de ce métal pour la suspension des ponts, est donc suffisamment motivé; ces expériences ont d'ailleurs été faites avec soin et précision. Les grands travaux dont l'auteur va être chargé ne peuvent manquer de lui procurer les moyens d'en faire de nouvelles.

RAPPORT A L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.

Nous pensons qu'il doit être encouragé à les continuer, et invité à communiquer à l'Académie les résultats qu'il obtiendra.

Signé DE PRONY, FRESNEL, MOLARD;
GIRARD, *Rapporteur*.

L'Académie approuve le rapport et en adopte les conclusions.

Certifié conforme :

Le Secrétaire perpétuel pour les Sciences
Mathématiques,
Baron FOURIER.

*EXTRAIT DU RAPPORT de l'Ingénieur en chef des
Ponts et Chaussées du département de l'Ardèche, concer-
nant les épreuves faites au Pont suspendu en fil de fer,
sur le Rhône, entre Tain et Tournon, en exécution de l'Or-
donnance royale du 22 janvier 1824.*

LE 21 août 1825, à la demande de MM. Seguin frères, conces-
sionnaires du pont suspendu en fil de fer, entre Tain et Tournon,
l'ingénieur en chef du département de l'Ardèche, soussigné, s'est
transporté dans la ville de Tournon pour procéder aux épreuves
prescrites par les conditions de la concession annexée à l'ordon-
nance royale du 22 janvier 1824, afin de reconnaître si le conces-
sionnaire pourrait être mis en jouissance, et si le pont pouvait être
livré sans danger au public.

Ayant reconnu, 1^o que toutes les maçonneries qui servent de
support étaient très solidement construites, avec les matériaux les
plus durs du pays et avec les meilleures chaux hydrauliques des
départemens voisins; que les mortiers, à l'extérieur, avaient acquis
une consistance au delà de celle que l'on pouvait espérer après
un si court espace de temps, par les soins que l'on avait pris dans
la fabrication;

2^o Que les amarres et points d'attache étaient solidement établis,
avec toute l'intelligence, et la précision la plus scrupuleuse;

3^o Que le système de suspension présentait, au premier aspect,
la plus grande solidité;

4^o Que le plancher suspendu offrait également le degré de soli-
dité et de fixité que l'on pourrait désirer dans ce nouveau système
de communication;

5° Enfin, que, dans l'état actuel, le pont et ses accessoires étaient suffisamment avancés pour que ce passage fût livré au public, s'il pouvait supporter les épreuves prescrites par l'ordonnance royale, et que, dans ce même état, il y avait lieu à lui faire subir ces épreuves, pour, d'après leur résultat, proposer de mettre le concessionnaire en jouissance, conformément à l'article 3 de l'ordonnance royale.

L'ingénieur en chef soussigné, après avoir pris les dispositions nécessaires pour s'assurer de la courbure du polygone funiculaire chargé du seul poids du pont, a procédé aux épreuves de la manière suivante :

On a transporté sur le plancher, et entre les trottoirs, élevés de 25 centimètres, du gravier de rivière que l'on plaçait dans une caisse sans fond, contenant 1000 kil. Cette caisse, placée de deux mètres en deux mètres, était successivement enlevée et remplacée à côté du tas précédent. On étendait ensuite le gravier pour égaliser la charge, et l'on avait ainsi une couche de 2 mètres de largeur sur environ 13 centimètres d'épaisseur, uniformément répartie sur toute la travée du pont.

On a choisi pour soumettre à l'épreuve la travée du côté de Tain, comme la moins favorable à l'expérience, attendu que la pile et la culée sont entièrement fondées sur bétons, tandis que la culée du côté de Tournon est fondée sur le rocher, à fleur des basses eaux.

Après avoir chargé le pont de 12,000 kil., on a constaté par deux récolemens la courbure des chaînes de suspension : la flèche opérée par cette première charge a été trouvée de 15 centimètres au milieu, ainsi qu'il en est rendu compte dans le procès verbal en date du 22 du présent mois, et comme on le voit dans l'épure des courbes prises dans les différens états de la charge.

Un second chargement de 14,000 kil., portant la charge totale à 26,000 kil., a donné un second abaissement de 45 millimètres, et

une flèche totale de 195 millimètres; enfin, par un troisième chargement, on a complété une charge uniforme, répartie sur la travée, de 45,000 kil., formant la demi-épreuve prescrite par l'ordonnance.

Dans cet état, on a fait une troisième reconnaissance de la courbure des câbles de suspension: l'abaissement de la flèche, qui était de 195 millimètres sous une charge de 26,000 kil., a été réduit à 12 centimètres, par un rehaussement de 75 millimètres; rehaussement opéré par l'abaissement des points extrêmes, lesquels s'élevaient lorsque la charge avait eu lieu par le milieu du pont, et qui s'abaissaient insensiblement à mesure que la charge se portait à l'extrémité.

Dans cet état, on a examiné avec une scrupuleuse attention toutes les parties du pont; aucune fente, aucun ébranlement ne s'est manifesté dans les paremens extérieurs des supports.

Deux niveaux à bulles d'air avaient été placés au sommet de la pile, un de chaque côté des câbles; deux autres ont été également placés sur la culée. On a observé à diverses reprises la situation des bulles d'air: elles n'ont manifesté pendant plus de cinq heures aucun mouvement de translation autre que celui que peut opérer la variation de température. Ils étaient pendant toute l'observation à l'abri du soleil par une seule petite planche, qui les couvrait à environ 10 centimètres au-dessus: le mouvement de translation, sur une de celles qui étaient sur la pile, a été, au plus, de 3 millimètres; sur la seconde, nul. Les niveaux placés sur la culée n'ont pas éprouvé de mouvement sensible et appréciable; on peut donc affirmer avec assurance que les maçonneries n'ont éprouvé aucun effet sensible, et d'aucune espèce, sous une charge de 45,000 kil. Les cordes verticales paraissaient bien ostensiblement, par leur peu de tension, n'avoir pas subi toute la charge qu'elles sont destinées à supporter. D'après toutes ces observations, l'on a pensé que l'on

pouvait avec toute assurance donner au pont une surcharge au delà de celle de 45,000 kil.

En conséquence, on a fait transporter sur différentes parties de la travée, et à d'égales distances les unes des autres, une charge de 13,000 kil. Cette surcharge a occasioné un nouvel abaissement dans le milieu, de 25 millimètres : les points intermédiaires se sont également abaissés, l'un de 25 millimètres, du côté de Tain, et de l'autre 35 millimètres du côté de Tournon; de telle sorte que la flèche totale de l'abaissement était de 145 millimètres, sous une charge de 58,000 kil.

On a de nouveau examiné les maçonneries, les supports et amarres: il ne s'est rien manifesté qui pût donner lieu à observation.

Les bulles d'air des niveaux n'ont subi aucun changement; les paremens verticaux de la pile et de la culée ont parfaitement conservé leur aplomb; aucune gerçure ne s'est manifestée dans les vernis des cordes; aucun fil n'a cassé, ni dans les câbles ni dans les cordes verticales, qui même n'avaient pas encore tout leur degré de tension.

Dans cet état, on a régalé uniformément le gravier, dont le poids total était de 58,000 kil., et on s'est disposé à faire subir au pont l'épreuve d'une force vive, appliquée sur chaque point du pont ainsi chargé. En conséquence, deux voitures ont été chargées, l'une de sable et l'autre de pierres, la première pesant 2,550 kil., et la seconde 3,840 kil., non compris les chevaux; en tout, 7,900 kil., chevaux compris.

Les deux voitures sont entrées sur le pont immédiatement à la suite l'une de l'autre, par la travée non chargée, et elles se sont arrêtées sur le milieu, et un peu plus vers la culée. Dans cette position on a mesuré l'abaissement opéré sur le milieu de la corde de suspension : cet abaissement total, au-dessous de la corde primitive, a été trouvé de 0^m,325, ou 180 millimètres au-dessus de celle opérée par une charge uniformément répartie de 58,000 kil.

On a remarqué pendant le passage de la voiture des inflexions dans la lisse supérieure du parapet, dont l'abaissement et le rehaussement suivaient les différentes positions de la charge.

Les hauteurs prises à deux autres points intermédiaires ont donné un abaissement de 24 centimètres au-dessous des points primitifs. Pendant que la charge était stationnaire au milieu de la travée, on prit la disposition de cette courbe : deux observateurs placés, l'un sur la pile, et l'autre sur la culée, ont remarqué pendant le passage des voitures sur le pont une très légère agitation, un mouvement de trépidation dans les bulles des niveaux. Cette agitation était plus précipitée pendant qu'elles traversaient la travée non chargée, et plus lente lorsqu'elles ont traversé la travée chargée d'un lit de gravier d'environ 16 centimètres; les bulles sur la pile ont eu un mouvement presque imperceptible de translation, d'environ 1 millimètre de côté et d'autre, suivant que la charge était sur l'une ou l'autre travée. Ce mouvement de translation ne peut être attribué à une inflexion dans les murs de la maçonnerie, mais bien au mouvement de vibration communiqué par le roulage, et qui était plus précipité du côté où était la voiture.

Aucun sable ou gravier ne s'est détaché du mortier brut, dans les joints et sur les faces intérieures des voûtes; à peine les observateurs placés sur la pile ont-ils éprouvé l'effet de la vibration que l'on ressent dans les maisons pendant le passage d'une voiture dans la rue.

Cette épreuve, pendant laquelle une travée du pont a supporté un poids de 65,900 kil., n'a donné lieu à aucun mouvement qui pût laisser des craintes sur la solidité de la maçonnerie, malgré qu'elle fût encore très-fraîche; leur solidité, eu égard au poids qu'elles auront à supporter, est donc indépendante de la cohésion des mortiers.

On fait observer que, pendant que les deux voitures chargeaient ainsi successivement chaque point du pont d'un poids de 7,900 kil.

indépendamment de la charge uniformément répartie de 58,000 kil., la même travée était couverte d'environ cinquante personnes, ouvriers ou curieux, dont on n'apprécie pas ici le poids. On se proposait de borner ici les épreuves, lorsque deux voitures de rouliers, pesant chacune environ 5,000 kil., non compris les chevaux, se sont présentées pour passer le Rhône; on leur a proposé de passer sur le pont, en payant au fermier du bac ledit passage.

Il a fallu, pour monter une rampe encore imparfaite, mettre sept chevaux à chacune de ces voitures, ce qui a élevé le poids total de chacune à 7,900 kil., compris les chevaux. Il y avait au moins cinquante personnes sur la travée, évaluées 3,250 kil., à raison de 65 kil. par personne; la charge stationnaire était de 58,000 kil.; ce qui produit une charge totale de 69,150 kil., dont 7,900 en mouvement, et se portant sur chaque point du pont.

Pendant le passage de chacune de ces deux voitures, les observateurs, dont l'un était l'Ingénieur en chef, placés sur la pile et la culée, ont remarqué des effets absolument les mêmes que ceux qui ont eu lieu au passage des premières voitures; les mêmes mouvemens d'abaissement et d'exhaussement dans la lisse supérieure des parapets ont été également observés.

Les maçonneries n'ont pas éprouvé plus d'ébranlement; enfin, en dernier résultat, le pont a été chargé d'un poids de 69,150 kil., supérieur à celui de trois personnes par mètre carré, que M. Navier a indiqué comme le *maximum* de la charge à faire supporter aux ponts suspendus; car 84 mètres de longueur sur 4 de largeur donnent une superficie de 352 mètres, pouvant contenir 1,056 personnes à 65 kil., ce qui donne une charge de 68,640 kil., inférieur à 69,150 kil., que le pont a supporté sans autre altération que la déformation passagère dans la courbure des cordes.

Ces épreuves ont été faites en présence de M. le chevalier de La Roque, sous-préfet de Tournon, de M. Carron, inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées, de M. Chabord, ingénieur ordi-

charges : il fait partie de la construction de la culée, dont il assure la fixité; et il faut, pour qu'il devienne utile à la navigation, qu'on le fasse communiquer avec le chemin de halage par des ouvrages qui doivent être au compte de l'Administration, et dont le projet sera incessamment soumis à son approbation.

Il résulte de ce qui a été dit ci-dessus, que le pont, dans l'état d'avancement où il est, peut être, sans le moindre embarras ni danger, livré au public pour faire toute espèce de service, en imposant aux concessionnaires l'obligation de ne laisser faire aucun encombrement sur le pont, et se soumettant à tous les réglemens en usage pour la police des ponts soumis au péage.

PRÉFACE.

LA première édition de cet ouvrage ne pouvait être regardée que comme présentant, à la suite de quelques expériences, des données théoriques sur la manière d'envisager la construction des ponts en fil de fer. Quoiqu'il fût aisé de prévoir que ces théories seraient confirmées par l'expérience, il était bon cependant de montrer, par une grande application, que les principes simples, médités suffisamment, trompent rarement lorsqu'il s'agit de les mettre à exécution; et j'espère que le public trouvera ce but suffisamment atteint par la livraison que nous avons faite du pont construit en fil de fer sur le Rhône, entre Tain et Tournon, terminé à la fin d'août de cette année.

La circonstance dans laquelle nous étions placés nous imposait l'obligation de mener nos travaux avec la plus grande promptitude; car tous ceux, en France, qui s'occupent de constructions publiques, avaient les yeux tournés sur nous, pour s'assurer du degré de confiance qu'ils pouvaient accorder à des particuliers étrangers jusque alors aux constructions publiques, et par les mains desquels un essai si nouveau devait être tenté : nous prîmes donc nos mesures pour livrer promptement au public un ouvrage devenu tout entier notre propriété; et nous annonçâmes qu'il serait terminé en dix-huit mois, c'est-à-dire dans le courant du mois d'août 1825, la concession royale nous ayant été accordée le 22 janvier 1824.

C'est à ceux qui sont habitués à faire des choses nouvelles qu'il appartient de juger les difficultés que nous avons à surmonter pour remplir cette espèce d'engagement vis-à-vis du public, qui, impatient de jouir d'une communication si inespérée, voulait absolument que l'époque lui en fût formellement désignée : mais les connaissances pratiques que nous avons acquises en faisant exécuter depuis plus de dix ans, sous nos yeux, des machines, la plupart du temps de notre invention, nous donna assez de confiance dans nos forces pour assigner un terme que tant de circonstances semblèrent ensuite devoir nous faire dépasser.

La première démarche fut de visiter toutes les manufactures de fil de fer de la Bourgogne, pour leur communiquer les diverses observations que nous avons faites sur les propriétés de ce métal ainsi travaillé. Mon frère Camille, chargé de ce voyage, eut des conférences avec tous les principaux fabricans, examina de près les différens modes de fabrication, qu'il compara avec les résultats des expériences que nous avons déjà faites, et leur proposa divers changemens qu'il prévoyait devoir influencer sur la ténacité des fers. Mais la difficulté de changer les habitudes prises, le temps qu'il eût fallu pour exécuter ces changemens, et sans doute l'incertitude d'un succès qui n'était pas regardé, par le fabricant, comme certain, et eût pu l'entraîner à des dépenses qu'il aurait craint ne pas être compensées par une plus grande consommation, l'obligea à se contenter des fils de fer que le commerce pouvait lui offrir, et de les demander par quantités plus ou moins considérables dans les diverses tréfileries qu'il avait visitées.

Des essais multipliés à l'infini furent nécessaires pour

PRÉFACE.

connaître exactement la force de tous ces fils. Mon frère Pa se chargea de cet important travail, ainsi que de la confection des câbles et de tous les fers employés au système. Il construisit dans notre fabrique, à Annonay, une corderie avec tous les outils nécessaires à ce nouveau genre de travail ainsi qu'une machine d'essai qui fût propre à pousser les épreuves jusqu'à 50,000 kil., où tous les câbles, ainsi que les diverses parties du système de la suspension, ont été éprouvés.

A mesure qu'il nous arrivait des tonnes de fil de fer, on tirait de toutes les parties de l'envoi des masses ou paquets de 5 kil., que l'on soumettait à l'essai jusqu'à ce que l'on fût exactement fixé sur sa force absolue. Le câble était ensuite fabriqué en tenant compte de son poids, de sa quantité de brins, du poids que le calcul indiquait qu'il aurait pu soutenir, et de celui qu'il avait soutenu à l'épreuve : le nombre moyen des brins de chaque câble est de cent douze, et la force moyenne de 56 ou 57,000 kil. ; ils ont été chargés à l'essai de 23 à 25,000 kil. Leur pesanteur variait beaucoup, à cause de la grande différence de ténacité qui existait entre les diverses fabriques ; la grosseur du fil de fer était encore plus incertaine ; en sorte que les essais seuls pouvaient fixer exactement la force absolue des câbles.

Comme la flèche des câbles intérieurs était moindre qu'un mètre que celle des extérieurs, on augmenta leur force proportionnellement à la différence d'effort, et l'on eut la même attention pour les câbles supérieurs, que la théorie indiquait également être un peu plus chargés que les inférieurs.

Les fers en barres ont été tirés des forges de Saint-Chamon. Ce fer, connu sous le nom du n^o 3, a été corroyé deux fois.