

*Projet de Pont
suspendu pour Fribourg.*

Novembre. 1825.

AEF carton 287.4



30420

Projet de Pont suspendu à Construire sur la Sarine à Fribourg.

Chapitre. I^{er} Description

Dimensions
générales

Le pont projeté sur la Sarine à Fribourg sera placé entre les boucheries actuelles et les hauteurs de l'autre côté de la Ville. Sa longueur sera de 246 mètres soit 840 pieds de Berne entre les culées, sa largeur de 25 pieds entre les barrières, dont 17 pieds pour le passage des voitures, et 4 pieds de chaque côté pour les trottoirs.

Le pont sera partagé en deux arches chacune de 113 pieds d'ouverture et soutenu dans son milieu par une grande pile ayant 14 pieds de largeur dans sa partie supérieure et 24 en dessus du piedestal de sa base.

Chaque arche sera partagée en huit arceaux de charpente, de dimension égales et dont les colonnes de support viendront poser sur un système de vingt cables rangés parallèlement au dessous du pont et arrêtés fortement aux deux culées.

Abords.

Les abords du pont du côté de la ville seront ménagés par la destruction de l'abattoir et d'une petite portion de la boucherie actuelle, ainsi que l'indiquent les lignes ponctuées en rouge sur le plan général. La fontaine sera déplacée et transportée dans l'angle que forme la maison n° 118 avec l'axe du Pont. En face sera la loge du percepteur des péages, avec une petite terrasse d'où l'on jouira de la perspective du Pont et de la vue de la Sarine. Des arbres pourront être plantés pour l'embellissement de cette nouvelle place de la ville qu'on obtiendra sans toucher à aucune propriété particulière.

De l'autre côté les abords seront en plate-forme taillée dans la molasse dont les hauteurs sont composées. On donnera à cette plate-forme un contour aussi commode que possible, pour l'embranchement de la nouvelle route de Berne. Les abords des deux côtés seront pourvus de murs en aile et de boutteroues pour empêcher les hommes et les animaux de tomber dans le précipice.

Charpente.

Le Pont sera en entier construit en bois de sapin goudronné vernis et recouvert avec soin. Le bois est abondant dans le pays plus léger et moins cher que le chêne, il offre des piques de plus grande longueur et plus facile à employer. La charpente exposée à l'air de tous côtés ne conservera point

l'humidité et l'on peut espérer que dans ces circonstances le sapin sera de longue durée. Nous avons à cet égard l'exemple de tous les nouveaux ponts de la Bavière qui ont été construits en bois de sapin par l'ingénieur Wiebelking, quoiqu'il ait été dans la nécessité de tenir leur charpente très près de la surface des eaux et de planter plusieurs piles ou palées dans leur profondeur. Mais avec les soins qu'il a mis à la construction de ces ponts en sapin il ne craint pas de leur assigner un siècle de durée.

Quoiqu'il en soit chaque arceau sera composé de trois cintres pliés, suivant un arc de cercle de 119 degrés, avec une corde de 50 pieds et une flèche de $5\frac{1}{2}$ pieds. La section de ces cintres présentera un rectangle de $20\frac{1}{2}$ pouces de haut et de $12\frac{1}{2}$ de largeur. Ils seront composés de deux pièces égales pliées ensemble et maintenues par des boulons et des coins en chers; la pièce inférieure décrira l'arc entier, la supérieure n'en décrira qu'une partie et viendra s'assembler par bout dans le travon qui repose sur le cintre. Les extrémités des cintres seront saisies par des moises quadruples et viendront buter contre des poutres en bois dur encastrées dans les moises. Les trois cintres seront liés entre eux 1° par les entretoises qui embrasseront encore les moises quadruples 2° par deux moises horizontales servant en outre d'appui aux travons pour empêcher leur flexion, 3° par une semelle d'étape placée au dessous dans le milieu de l'arc 4° par une croix de St André servant à contreventer le pont et à diminuer la portée des travons intermédiaires. 5° enfin par les poutrelles et le tablier du pont.

A chaque cintre correspond un travon, on en a placé deux autres dans les intervalles, cela fait cinq en tout. Ils sont espacés de $5\frac{1}{2}$ pieds de milieu en milieu, et ont un écarissage de $12\frac{1}{2}$ pouces sur $14\frac{1}{4}$. Ils sont, dans leur longueur, assemblés à trait de jupiter, de manière à ne former pour ainsi dire qu'une seule pièce d'un bout à l'autre du pont et de s'opposer, en facons de tirans, à l'effet de tractions inégales qui pourraient s'exercer sur les deux arches du pont.

Par dessus les travons sont les poutrelles qui portent le platelage, elles ont 12 pouces de hauteur dans le milieu et seulement 8 à leurs extrémités de manière à donner au tablier un bombement qui procure l'écoulement des eaux; leur épaisseur est de 8 pouces. Elles pourront être faites de deux pièces assemblées dans le milieu de la longueur de manière que le joint repose sur le travon du milieu.

Un premier platelage de 5 pouces d'épaisseur sera cloué sur les poutrelles et par dessus celui-ci un second recroisé et de $2\frac{1}{2}$ pouces

seulement d'épaisseur). Le premier sera joint et calfaté avec soin de manière à former un toit qui préservera la charpente de dessous; ses plateaux seront à rainure et languette de manière à ne former qu'un seul toit, et que le poids d'une charrette ne fasse pas plier l'un sans les autres, condition essentielle pour que le calfatage se conserve. Le second platelage préservera et consolidera le premier; quand il sera usé par le passage des voitures et des chevaux, on le changera.

Les trottoirs sont tout simplement composés de petites planches de 2 1/2 d'épaisseur posant sur deux pièces de bord qui les élèvent de quelques pouces au dessus de la voie des voitures. Entre les trottoirs et le platelage du milieu sont des cheneaux pour recevoir les eaux et les conduire par des tuyaux jusqu'au dessous. Des cables de suspension, afin que la chute de ces eaux ne les détériore pas. Le platelage des trottoirs dépassera les barrières de manière à former une corniche saillante de 20 pouces, soit pour assujétir les montants des barrières soit pour empêcher que l'œil des passants ne voie de trop près la profondeur du précipice.

Le garde-fou aura 4 pieds de hauteur; il sera composé de trois lisses et de montants, ces derniers espacés de 10 pieds de milieu en milieu et portant sur les extrémités des pontelles, ou ils seront assemblés à tenons.

Cables

Suspendeurs

Les Cables rangés parallèlement au dessous du pont comme il a été dit offriront une courbe de 121 mètres de cordes soit 413 pieds et 6 mètres ou 20 1/2 pieds de flèche. Ils seront au nombre de vingt, rangés en deux groupes de dix chacun, dans les deux intervalles des trois fermes. Dans chaque groupe ils seront placés à 10 1/2 pouces les uns des autres de milieu en milieu. Ils passent au dessous des entretoises inférieures des poutres et portent ainsi le pont.

Chaque cable est composé de 300 fils du n° 18 de fabrique; il pèsera 2,300 kilog et éprouvera quand on le montera une tension de 5500 kilog qu'il faudra vaincre par le moyen de treuils ou de mouffles. La grosseur de chaque cable sera de 60 millimètres et sa section de 2250 millimètres carrés ce qui donne une force de 135000 kilog, et pour les vingt cables une force collective de 2700000 kilogrammes, ou en livres poids de marc 4228754.

Pile
intermédiaire

La Pile est l'objet capital dans la construction du pont en raison de sa grande hauteur et des soins qu'elle exige dans son établissement. Sa hauteur depuis le sol jusqu'au coussinet sur lequel reposent les chainons auxquels sont amarrés les cables, est de 155 pieds. Elle offre à sa partie supérieure un rectangle de 20 pieds de long et de 14 de large et à sa partie inférieure au dessus du sol un

rectangle de 34 pieds de long et 24 de large, en sorte que sa forme générale est celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire, dont les faces latérales ont un talus de deux pieds et demi et les deux autres qui ont à résister directement aux ébranlements, un talus double.

Le socle est ~~en~~ saillié d'un pied sur le nud de la pile et en retraite d'un pied sur les fondations. Sa hauteur est de 10 pieds; il se termine à sa partie supérieure par un simple revers d'eau ou plan incliné.

Les Fondations seront établies sur pilotis, à moins qu'on ne trouve à la motasse à une profondeur convenable, elles auront 8 pieds d'épaisseur dont 6 en terre et 2 en dehors du côté de la rivière, de manière à former comme une base au socle de la pile. La ~~profondeur~~ plateforme sur laquelle la fondation sera construite aura 40 pieds de long et 30 de large; elle sera supportée par 99 pieux ensabotés et plantés au refus du mouton.

La pile se termine au-dessous des roussinets par une corniche qui supportent six consoles sur une face et cinq sur l'autre. La corniche a en tout 5 pieds de hauteur, dont moitié pour la filante et son revers d'eau, et moitié pour les consoles.

La pile n'est pas massive, mais entre la corniche et le socle elle est divisée intérieurement par quatre étages de voûtes en tiers point, qui tout en diminuant le volume des maçonneries font la liaison entre les deux murs latéraux et le mur de refend qui composent, à proprement parler, la pile. Cette disposition sera masquée intérieurement par de légers murs de face qui fermeront les ouvertures des voûtes. Cette disposition est indiquée par les lignes ponctuées sur les élévations de la pile dans le plan général.

Les deux murs latéraux de la pile seront à plomb et en retraites intérieurement et en talus à l'extérieur, avec une épaisseur de 5 pieds dans le haut et de 8 $\frac{1}{2}$ pieds dans le bas. Le mur de refend sera à plomb et en retraites des deux côtés, son épaisseur en haut ne sera que de 2 $\frac{3}{4}$ f, et en bas de 5 $\frac{3}{4}$ pieds.

Les voûtes auront 2 $\frac{1}{2}$ pieds d'épaisseur à la clef, et celles du bas auront leur sol en contrevoûte de manière à répartir également la charge sur le massif des fondations.

Les murs de face seront par reprises sur chaque voûte, à plomb dans l'intérieur et en talus extérieurement; 2 pieds d'épaisseur en haut et 3 en bas, à chaque étage.

Toutes ces maçonneries seront en moellons avec les angles en pierre.

Détaille et en tuf. Le socle sera revêtu en pierre Détaille ainsi que les voussures supérieures. Les angles intérieurs des piedroits des voûtes seront en molasse, ainsi que deux chaînes verticales qui les recouvriront dans leur longueur. Il existera une chaîne verticale en pierre Détaille et en tuf sur le milieu de chaque face latérale de la pile. Deux chaînes horizontales par étage, recouvriront les chaînes verticales et encadreront la maçonnerie de moëllon; elles seront en molasse dans l'intérieur, en pierre Détaille et en tuf à l'extérieur; le tuf pourra commencer depuis le second étage. Je ne croirois pas prudent de s'en servir plus bas à cause de la grande pression qu'il y éprouveroit.

Culée.
intérieure

La Culée du côté de la ville. sera fondée sur le rocher; à cet effet elle aura 28 pieds de haut depuis le dessous des fondations. Sa longueur à six pieds au dessus de ces fondations sera de 10 mètres ou 34 pieds; son talus extérieur sera de 18 pouces pour 24 pieds ou $3/4$ pouces par pied. La largeur de la culée sera la même que celle du pont, soit 27 pieds avec un aileron de chaque côté pour porter les dis, dans lesquels les extrémités des barrières viendront s'arrêter. Les ailerons seront en saillie de $2 1/4$ de pieds sur les côtés de la culée, de manière que la culée aura extérieurement $31 1/2$ pieds de largeur. La longueur des ailerons est de 10 pieds.

La culée ne sera point massive; mais en forme de voûte, de manière à apporter une économie d'un bon tiers dans le volume des maçonneries sans cependant perdre en solidité, la courbure extérieure de la voûte étant telle que les chaînes qu'elle supporte appuient dessus bien plus qu'elles ne tendent à la renverser. La moindre épaisseur de cette voûte sera de $4 1/2$ pieds et quand on sait que trois pieds ou trois pieds et demi suffisent pour mettre la voûte d'un magasin à poudre à l'épreuve de la bombe on n'aura rien à craindre sur la solidité de celle-ci. Le piedroit extérieur de la culée a 14 pieds de largeur sur la retraite du soubassement; le piedroit intérieur en a $7 1/2$ mesurés également au dessus du soubassement, incrusté dans le rocher. La forme de ce piedroit est cintrée en dedans, c'est afin de s'opposer plus efficacement à l'arrachement du massif de retenue qui fait toute la solidité du pont.

Le Massif s'étend encore de $12 1/2$ pieds en arrière de la culée de manière à présenter une large plateforme sur laquelle viendra porter tout le poids des terres supérieures. Il est encastré dans le rocher et a 13 pieds de profondeur totale. Trois contreforts, partant de la partie supérieure de la culée, descendent et viennent s'appuyer sur le massif, laissant entre eux des cases de $9 1/4$ de

largeur Dans lesquelles les chaînes de retenue doivent trouver leur place. Le contrefort du milieu n'a que 2 pieds de largeur. ceux des bords en ont $3 \frac{1}{3}$. Trois fortes pièces de sapin noyées dans la maçonnerie servent à sa liaison et à répartir la résistance des contreforts sur tout le massif de retenue.

Un vide laissé à dessin entre le massif et le piedroit intérieur de la culée permettra de placer facilement les barres de retenue dans leurs trous et de les enlever en cas d'accident. Le trou sera rempli de pierres sèches. Il sera ménagé au dessous un passage souterrain de $4 \frac{1}{2}$ pieds de hauteur et 3 de largeur, soit pour donner un moyen d'inspection sur les clefs et la plaque de retenue, soit pour faciliter la pose de ces mêmes objets. On entrera dans ce petit souterrain par le côté de la culée; on lui donnera une petite pente pour l'écoulement de l'eau.

La base du massif doit être en bonne pierre de taille et le premier bloc pierre pour le passage des barres sera de la plus forte dimension possible et taillé en coin renversé pour que le rocher de molasse serve aussi à la retenir; et, si cette disposition présentait trop de difficultés à la pose pour être adoptée dans toute l'étendue du massif, il faudrait au moins qu'elle le fût partiellement, comme l'indique le pointé du plan.

Les des de la culée, seront terminés en pointe de diamant et seront accompagnés d'une base et d'une plinthe en saillie de six pouces. la base aura un pied de hauteur et neuf pouces de saillie; la plinthe 10 pouces de hauteur. Le chapereau terminé en pointe de diamant aura un pied de hauteur totale dont 8 pouces pour la pointe de diamant et 4 pour le bord vertical. Le corps du dé, entre plinthe et base sera un parallélépipède rectangle de $9 \frac{1}{2}$ pieds de long $5 \frac{1}{2}$ de large et $4 \frac{1}{2}$ de hauteur. Les des doivent être construits en entier en belle pierre de taille.

Quant à la culée, son parement extérieur et de face peut être en bonne molasse avec les angles en pierre de taille ainsi que les encastremens pour recevoir les extrémités des cintres et des travois. La partie supérieure de la voûte doit également être faite en bonne pierre de taille, de fort échantillon et bien appareillée. La partie inférieure ou concave peut être construite en gros moellons piqués, choisis parmi les fragments de la même pierre. Le tout sera fait en bonne maçonnerie de moellons et mortier de

Culée
extérieure

Chaux maigre.

La Culée extérieure. est bien plus simple et moins dispendieuse que l'autre parce qu'on peut profiter du rocher qui se trouve à la surface du terrain: après avoir taillé la plateforme pour l'abord du pont on escarpera le rocher pour y établir la maçonnerie des coussinets des chaînes et les encastremens des cintres. Si cependant la pierre se trouvoit assez dure on pourroit encore s'épargner cette dépense. Ce serait tirer tout le parti possible de la localité. La maçonnerie du revêtement n'aura pas plus de $5 \frac{1}{2}$ pieds d'épaisseur à sa base et celle du coussinet seulement $2 \frac{3}{4}$. Le revêtement aura 12 pieds de haut depuis sa base à 2 pieds dans le rocher jusqu'au dessous du dé; il sera construit comme celui de la culée intérieure, et le coussinet cintre sera aussi comme l'autre fait en bonne pierre de taille. Les Barres d'arrêt auxquelles les chaînes doivent se fixer, seront établies à 10 mètres soit 34 pieds en arrière du revêtement, elles seront retenues par une bonne maçonnerie dans les fosses creusées pour les recevoir. Ces fosses plus larges en bas qu'en haut, pour retenir la maçonnerie, auront 9 pieds de longueur, $3 \frac{1}{2}$ de largeur moyenne et 7 pieds de profondeur. Les chaînes descendront jusqu'au bord de ces fosses par un plan légèrement incliné se raccordant avec le cintre des coussinets et les deux cases qui renferment ces chaînes seront séparées par un mur mince dans le rocher, qui contribuera avec les murailles parallèles, mais bien plus épaisses laissées sur les côtés, à augmenter la résistance que la molasse doit opposer à l'arrachement. Tout l'effort du pont sur cette culée devant s'exercer par les barres d'arrêt, celle-ci s'appuieront sur une bande en fer soulevée elle-même dans un mur de bonne pierre de taille. Il serait à craindre que sans cette précaution la molasse n'eût pas assez de dureté pour résister à la pression des barres, c'est au reste ce que l'expérience seule peut décider.

Deux vides semblables à ceux de la culée intérieure couronneront la culée; ils seront accompagnés de deux petits murs en ailes de dix à douze pieds de longueur 3 pieds de hauteur et 2 pieds d'épaisseur terminés eux-mêmes par deux pitastres carrés dépassant de trois pouces le dessus du mur.

La plateforme taillée dans le rocher conservera un rebord en façon de parapet du côté du préjudice, et sera creusée en gouttière du côté opposé pour empêcher que les eaux qui tombent des hauteurs ne coulent sur le pont.

Ferrures

Les Châînes de retenue sur la pile et les deux culées seront de longueur telle qu'elles dépassent de 14 pouces le parement des maçonneries. Elles seront faites par longs anneaux de 12 à 13 pieds de longueur, unis entre eux par de forts boudons de forme ovale portant d'un côté une oreille et de l'autre une clavette pour les empêcher de sortir de l'œil du chaînon dans lequel ils sont placés, leur section doit présenter un carré de 60 millimètres ou environ 28 lignes de côté. Le grand axe de la section elliptique du boudon aura 90 millim de longueur et le petit axe 70 est environ 41 et 32 lignes.

Du côté de la ville les chaînes seront arrêtées au moyen de clavette, ou coins mariés, dans une plaque en fer fondu, sur laquelle reposera directement la première pierre ou massif de retenue. Cette Plaque présentera dix ouvertures pour le passage des dix chaînes; elle sera d'une épaisseur moyenne de 30 millim, mais il y aura dans son milieu une espèce de canal, dont les têtes de même épaisseur que la plaque seront en saillie sur elle de 120 millimètres. Ce canal partagé en compartiments par de petites entretôises est encore consolidé par des renforts au droit de chaque ouverture, il n'a de largeur que ce qu'il faut pour le passage de la chaîne. La longueur des plaques sera de 3 mètres soit $10 \frac{1}{3}$ pieds.

Du côté de la campagne les chaînes sont arrêtées à de fortes barres qui portent à leur extrémité supérieure une tête robuste pourvue d'un mentonnet au moyen duquel elles s'appuient contre la plaque de fer fondu qui doit revêtir le bord de la pierre de taille. Les barres d'arrêt auront 2^m80 soit $9 \frac{1}{2}$ pieds de longueur totale, dont moitié en barre de 100 millim de largeur et 60 d'épaisseur la reste plus étroit, terminé en pointe et muni d'un talon pour le scellement dans le rocher. La section moyenne et horizontale de la tête qui supporte tout le poids du pont présente un trapèze de 160 millimètres de long et 50 millim de largeur moyenne; et le levier de rupture étant, au plus, de 80 millim de longueur, la force de cette tête en fer forgé sera considérable; peut être même sera-t-il possible de substituer le fer fondu au fer forgé ce qui apporterait de l'économie dans la dépense, mais il faudrait augmenter un peu les dimensions.

Sur la pile les chaînes seront composées de trois anneaux

Dont deux simples et longs, et un troisième court et double, dans le milieu, unis entr'eux par des boulons pareils à ceux des autres chaînes. Des tenons scellés dans la maçonnerie des coussinets de la pile viendront s'engager dans le vide du chaînon du milieu, pour empêcher, surtout dans le levage du pont, les chaînes de glisser sur les coussinets et de se porter plus d'un côté que de l'autre. Ces tenons engagés de dix à douze pouces dans la maçonnerie auront dans leur section horizontale 160 millimètres de longueur et 60 millimètres de largeur. Ils offriront de chaque côté un bec ou mentonnet, pour empêcher que par une cause quelconque, la chaîne ne se soulève et ne s'échappe par dessus. Les tenons seront en fer forgé et fixés tous dans une plaque de fonte noyée dans la pierre de taille pour empêcher des écaillures de celle-ci.

Chapitre 2^d Calculs du pont.

La première chose à déterminer pour le calcul du pont est son poids permanent, qui subsiste par le poids des bois et des métaux qui entrent dans sa construction. Or voici ce qu'un travail exact me donne.

Poids d'un arceau

52,391 met cubes de bois de sapin à 550 Kilog le mètre	28815 K ^{il}
0,105 met cubes de fer pour boulons à 7800 Kil	819
0,169 met cubes de plomb à 11350 Kil (on pourra le remplacer par du fer blanc)	1918
Calfatage, peinture clous et crochets	448
	<u>32000</u>

Poids du Pont

Il y a huit arceaux pareils, ainsi le poids permanent du pont sera de 256,000 Kilog. Supposons qu'il soit chargé de 74000 Kil représentant le poids de mille soixante hommes, ou de neuf des plus lourdes charrettes du commerce, ajoutons y encore 46000 Kilog pour le poids des vingt câbles, et nous aurons une charge totale de 376000 Kilogrammes aux efforts de laquelle les maçonneries, les chaînes de retenue et les câbles doivent pouvoir résister sans éprouver d'altération.

Force des Câbles.

Or la tension qui doit résulter de cette charge sur les points d'attache se trouve par le calcul équivaloir à un poids de 960000 Kilogrammes et comme la force des câbles est ainsi que nous l'avons dit à leur article, de 2700000 Kilog, elle est à peu près triple du nécessaire. Ce sont les limites de force dans lesquelles il est reconnu qu'on doit se renfermer pour les fers soumis à une traction.

Force des

Chaînes de retenue

Quant aux chaînes de retenue, la section de chacune d'elles est de 3600 millimètres carrés et la force pour chaque millimètre est de

Force des
plaques et des
barres d'arrêt

40 Kilog. Cela fait donc 144000 Kilog pour une chaîne et 2880000, pour les vingt. C'est précisément le triple du maximum de tension. On ne peut avoir aucun doute sur la force des plaques de retenue, parce qu'elles n'ont à résister qu'à une simple pression et que dans ce sens la force du fer fondu est prodigieuse. Cette force n'est point connue. Mais les barres d'arrêt et les tenons de la pile ayant à résister à une force qui tend à les rompre en travers, nous sommes en état de calculer leur résistance. La formule qui donne cette résistance est pour le fer forgé $P = 9,5 \cdot \frac{ab^2}{c}$ dans laquelle P exprime en kilogrammes la résistance, a et b sont les dimensions d'encastrement et c la longueur du bras de levier de la puissance, ces trois mesures données en millimètres. Or nous avons par les dimensions des barres $a = 50$, $c = 80$. substituant ces nombres on trouve $P = 152000$ et pour les vingt barres la résistance collective est de 3040000 Kilog. C'est plus de trois fois la puissance; on pourra donc, dans l'exécution, ou diminuer un peu ces barres, ou ainsi que nous l'avons déjà dit les augmenter un peu et les faire en fonte dont la résistance n'est que le tiers de celle du fer forgé. Il y aura un avantage à cela, indépendamment de l'économie c'est qu'on sera assuré de les avoir toutes parfaitement égales.

Les tenons de la pile seront en fer fondu, et l'on aura pour eux $a = 60$, $b = 160$, et $c = 100$; la formule donne 922,000 pour leur force collective et ^{qui} elle est bien suffisante puisque le poids des chaînes d'un côté et la rigidité du pont contrebalancent toujours, en grande partie, les augmentations de charge de l'autre côté qui seules rendent les tenons nécessaires.

Force de la
Charpente

Le tablier du pont n'étant pas soutenu dans toute sa longueur comme dans les ponts suspendus ordinaires, il convient de s'assurer d'abord que ses cintres auront la force nécessaire pour résister au poids habituel dont ils seront chargés, ainsi qu'aux fardeaux passagers qui pourraient s'y ajouter. Or nous avons une expérience de l'ingénieur Wiebeking qui va directement à notre objet: un cintre en bois de sapin de 2 mètres plus long que les nôtres, et d'un pied d'encastrement (mesure de Paris) ayant une flèche d'un pied plus courte, a porté sur son milieu un poids de 5000 Kilog sans fléchir plus de deux ou trois pouces, il eut porté plus du double si le poids eut été réparti sur sa longueur, comme il l'est nécessairement sur un pont. Nos cintres sont un peu plus épais que la pièce d'essai et leur dimension verticale est des deux tiers plus grande ce qui à longueur égale

leur donne une force triple, parque la force croît proportionnellement au carré de la dimension verticale et cela en faisant abstraction de l'épaisseur et de la plus grande courbure. On peut donc être sûr que chacun de nos cintres pourra soutenir un poids de 30,000 kilog au moins distribués sur sa longueur, d'autant plus que les semelles d'étage et les moises horizontales ne leur permettant pas de se déformer augmenteront encore leur force. Ainsi les trois cintres réunis porteront 90000 kilog. et comme le poids permanent des tabliers, ne les charge pas de 30000 kilog, il en restera plus de 60,000 pour les poids additionnels, cela fait six lourdes charrettes ou 860 hommes.

Les travons ont une portée qui ne dépasse pas 2^m60 et leur écartement étant de 0,30 sur 0,35, la formule $P = 1200000 \frac{ab^2}{c}$ donne pour le poids qu'ils peuvent porter dans le milieu de l'intervalle sans éprouver de flexion trop grande 17,000 kilog. C'est à dire qu'il faudrait que presque tout le poids de deux grosses charrettes fût concentré sur le milieu d'un seul traveau pour lui faire éprouver une pareille charge, ce qui est évidemment impossible, car les deux charrettes occuperaient toute la largeur du pont et porteraient en conséquence sur les cinq travons.

Quant aux poutrelles, elles sont à 1^m30 d'intervalle et ont un écartement de 0,25 sur 0,20, ce qui leur donne une force de 11540 k, plus que suffisante encore pour leur objet, car jamais elles n'auront à porter plus de la moitié du poids d'une charrette dans un intervalle. Et le platelage de 0^m18 d'épaisseur en tout, et arrangé de manière qu'un plateau ne puisse plier sans entraîner le plateau voisin, aura une force de 17600^k en admettant que deux plateaux sur une largeur de 0^m60 cèdent ensemble.

Les entretoises inférieures qui posent sur les chaînes et sur lesquelles repose tout le poids de l'arceau et des charges additionnelles, ont entre les moises quadruples une longueur de 2^m60 et leur écartement est ensemble de 0,30 sur 0,60, elles sont en conséquence capables de résister à un effort de 100,000 kilog. d'autant plus qu'elles ne posent pas librement par leurs extrémités, mais qu'elles sont fortement engagées dans les moises quadruples, ce qui augmente beaucoup leur force.

Ainsi donc la charpente ne laisse aucune crainte sur la solidité, toutes ses pièces se trouvant avoir plus de force qu'il n'est nécessaire pour résister aux charges qu'elles ont à supporter.

Résistance des maçonneries Il n'y a de calcul à présenter que pour la pile et la culée intérieure parque du côté de la campagne les chaînes étant fixées dans le rocher ne peuvent donner aucune inquiétude.

Pile intermédiaire = Si nous considérons d'abord la pile, nous verrons que lorsque le

front est également chargé, il y a un équilibre parfait dans les forces qui agissent des deux côtés et la pile n'a d'autre effort à soutenir que celui du poids qui pèse sur elle. Or la section transversale de ses maçonneries offre à la base, au dessus du socle, une surface de 49 mètres carrés soit 490000 centimètres carrés, et la pierre la plus tendre porte sans danger de s'écraser 10 Kilog par centimètre carré; notre pile peut donc porter à sa base 4900000 Kilog. Voyons donc si le poids qui la charge peut aller jusque-là. Le poids se compose 1.^o de la moitié de celui du pont, soit en compte rond 380000 Kilogrammes 2.^o Des maçonneries mêmes de la pile, supérieures au socle, et ces maçonneries supposées pleines comportent un cube de 1720 mètres, lesquels au poids de 2300 Kilg donnent un poids de 3956000 Kilog qui joint au poids précédent font un total de 4336000, inférieur au poids minimum que la pile puisse porter.

Si l'on ajoute 930000 Kilog au poids précédent, plus 1134000, pour la fondation et le socle, on aura la charge qu'auront à supporter les pieux de fondation; elle sera ainsi de 6400000 Kilg or nous avons 99 pieux pour porter cette charge c'est donc 64646 Kilog environ par pieu ce qui est beaucoup au dessous de la charge permanente qui ont à supporter les pieux de fondation de plusieurs ponts connus; elle va à plus de 100000 Kilog pour les ponts de Neuilly et d'Orléans.

Il y a deux manières de considérer l'effet d'une force qui tendrait à renverser la pile; ou elle fait glisser le coussinet sur un plan de rupture horizontal ou elle rompt la pile à une certaine hauteur et fait tourner la partie supérieure autour de la ligne de rupture comme sur une charnière.

Premier cas. La force agissante est la tension horizontale que produirait la surcharge momentanée d'un millier d'hommes sur une des moitiés du pont; cette tension calculée d'après l'ouverture de l'arche et la flèche de courbure, est de 175000 Kilog. Mais le poids du coussinet est d'après son volume de 65000 Kil. en prenant le plan de rupture au niveau de la partie supérieure de la corniche, comme cela est naturel. Le poids de la moitié du pont chargé comme il vient d'être dit est de 337000 Kil. La somme 402000 Kil de ces deux poids forme la résistance qui agit par adhésion et par frottement sur le plan de rupture.

On ne connaît pas exactement le rapport entre la charge et le frottement dans les maçonneries en pierre de taille mais vu

l'inégalité du plan de friction et l'adhérence des mortiers la force de résistance ne peut pas être au dessous de la moitié de la charge; elle sera par conséquent supérieure à la force de traction, et l'équilibre sera maintenu d'autant plus que les cintres s'appuient contre le coussinet en augmentant la stabilité par leur résistance; qu'en outre tous les travons, pouvant être considérés comme d'une seule pièce d'un bout à l'autre du pont, s'opposent directement au déplacement du coussinet; qu'enfin si ce déplacement commençait à avoir lieu, soit par un glissement réel, soit par l'effet de l'élasticité de la pile, les chaînes du côté de la puissance s'allongeraient et celles du côté de la résistance se raccourciraient, ce qui diminuerait l'action d'un côté et augmenterait celle de l'autre et tendrait par conséquent à rétablir l'équilibre. Si par exemple le déplacement était de 0,10, l'effet serait le même que si les cables d'un côté s'allongeaient de cette quantité et ceux de l'autre se raccourcissaient d'autant, dès lors on peut calculer les variations de la flèche; elle serait diminuée d'un côté de 0,41 et de l'autre allongée de 0,38. Cherchant les tensions horizontales qui résultent des nouvelles formes des cables et des poids 306000 et 376000 Kilog on les trouve de 809110 Kil pour les cables qui se relèvent et 891380, pour ceux qui s'abaissent; la différence 82270 donne la force agissante, qui ainsi qu'on le voit, est réduite de plus de moitié. Donc lorsque les coussinets bougeraient malgré l'appui des cintres, la force des mortiers et les soins apportés à la construction, le mal porterait avec lui son remède, circonstance tout à fait tranquillissante et qui tient en grande partie au peu de tension de nos cables.

Second cas. Si la pile pouvait se rompre, on peut raisonnablement admettre que ce serait au milieu de sa hauteur, Mais alors il y aurait avant la rupture une flexion très sensible qui réduirait, ainsi que nous venons de le voir, de beaucoup la force agissante. Supposons toutefois qu'il n'en soit rien et que la tension horizontale ait son plein et entier effet pour rompre la pile et faire tourner la partie supérieure autour de l'arête de rupture, avec un levier de 22,50; son moment d'action sera alors 3937500. Le poids qui résiste est 1832000 Kil, comprenant le poids de la demi pile et la moitié de celui du pont surchargé. Le bras de levier de la résistance est de 2,85; son moment est donc 7221000, presque double de celui de la puissance. Nous ne devons donc conserver aucun doute sur la stabilité de la pile intermédiaire telle qu'elle est projetée; et d'un autre côté sa grande hauteur exige qu'on ne diminue point ses dimensions horizontales. Dans toute construction il faut se tenir un peu en dehors des calculs et conserver

Résistance de la culée intérieure

une certaine harmonie de proportion dont on ne s'écarter jamais sans danger.

La disposition de la culée intérieure est telle que la résistance à l'arrachement s'opère directement sur les plaques de retenue par le poids des maçonneries et celui des terres. Les maçonneries y compris la demi-voute postérieure de la culée font un cube de 212 mètres, lesquels à 2300 Kilog. donnent un poids de 487,600. On peut porter en outre à 200 le nombre de mètres cubes de terre qui pèsent sur le massif de retenue; leur poids à raison de 1600 k. le mètre est de 307,200 Kilog. Cette quantité jointe à la précédente fait un total de 794,800; à quoi il faut ajouter 1° la résistance des pierres cuneiformes encastrees dans le rocher 2° le frottement des bars sur les coussinets. 3° une partie de la tension des chaînes qui par la forme de la voute se reporte sur le massif de retenue. Le premier objet est difficile à estimer, parcequ'on ne connoit pas assez la force de la pierre dans ce genre d'action mais on peut l'évaluer à 5200, k sans crainte d'exagération, ce qui porte à 800,000 la résistance. Le frottement est considérable, parceque la chaîne enveloppe un arc de 110° ; le calcul ne le porte pas à moins de 400 000 Kilog. qui joint au poids précédent, donne une résistance de 1,200,000 Kilog. Enfin, si nous admettons que la pression sur le milieu de la voute soit la résultante de deux tensions égales entières et de 956 000 Kil, qui est notre maximum, nous la trouverons de 1,000,000 par la simple construction du parallélogramme. Maintenant estimant cette force suivant la droite qui joint le milieu de l'extrados de la voute avec son pied, et qui fait avec la normale un angle de 50° ; puis de nouveau estimant celle suivant la verticale qui fait un angle de 29° avec elle, on trouve 562 200 Kilog. pour cette pression verticale qui agit directement sur les plaques de retenue mais nous la réduisons à 300,000, soit parceque le frottement a déjà diminué la tension au milieu de la voute où passe la résultante que nous avons considérée, soit pour avoir égard à ce que la courbure de cette voute diminue de la pression indépendamment des frottements. Ainsi donc cette quantité ajoutée aux précédentes donnera une résistance de 1,500,000 Kilog. pour résister à une puissance de 956,000 et cela indépendamment de l'appui des cintres du pont, dont les extrémités viennent butter contre la culée.

Si l'on veut considérer la culée comme un massif pouvant glisser sur sa base, nous avons pour en connoître la résistance dans cette supposition les données suivantes 1° un cube de 341 mètres de maçonnerie pesant 784 300 Kilog. 2° un autre volume de 110 mètres cubes de terre pesant 176 000 Kilog. et 3° enfin la moitié du poids d'une arche soit 188 000 Kilog. le tout ensemble faisant 1,148,300 Kilog. Or d'après les

expériences de Coulomb le frottement de brique sur brique est les trois quarts de la pression, il ne peut pas être moindre sur une surface aussi inégale que le seroit le plan de rupture dans une forte maçonnerie de moellons; De plus le frottement des terres est égal à la pression, ce n'est donc pas évaluer trop haut le frottement de la culée que de le porter à 860000 Kilos qui sont les trois quarts de la pression. A cela nous devons ajouter la force d'adhésion des maçonneries sur leur base et l'expérience l'a fixée à 5000 Kilos par mètre pour une maçonnerie de six mois de date; elle est bien plus considérable pour une maçonnerie plus ancienne. Or nous avons 50 mètres carrés, au moins de surface dans le plan de rupture, la force d'adhésion des maçonneries est donc de 250,000 Kilos. Reunissant cette résistance à celle du frottement on aura un total de 1110,000 Kil toujours supérieur au maximum de tension des chaînes, indépendamment de la force additionnelle des cintres, et des murs latéraux de la culée, qui sont comme deux grands contreforts qui réunissent les deux piliers de la voûte.

D'après ce qui précède, on voit que le pont considéré dans son ensemble et dans ses détails offre toutes les garanties de solidité qu'on puisse désirer.

Chapitre 3^e. Motifs de l'adoption du Système proposé.

Le pont tel qu'il est proposé offre ce premier avantage de ne montrer au voyageur qu'un pont ordinaire, tous les moyens de suspension étant en dessous; par là, son imagination ne sera point effrayée et il se hasardera plus hardiment sur cette route aérienne. C'est pour le même motif que j'ai fait les garde-fous assez élevés et que j'ai mis une corniche en dehors dont la saillie élargit le pont, lui donne une apparence de plus grande solidité et empêche l'œil de mesurer verticalement la profondeur du précipice qu'elle ne lui laisse voir, pour ainsi dire qu'à distance.

Les chaînes rangées au dessous du pont seront garanties en grande partie de l'action de la pluie et mises tout à fait à l'abri de la malveillance; elles offriront un pont de service pour la construction et donneront un moyen facile de surveillance et d'inspection journalière; il n'y aura pour cela qu'à jeter quelques planches sur leur longueur, qui feront comme une galerie inférieure, qui permettra d'aller d'un bout à l'autre. Rangées comme elles sont toutes dans un même plan, on peut les arrêter et plus simplement et plus solidement dans les massifs de retenue que si elles étaient disposées par groupes comme dans les ponts suspendus ordinaires.

Par notre disposition les maçonneries extérieures sont en entier supprimées, d'où il résulte pour cet objet, une économie notable parceque cette partie doit être faite avec le plus grand soin et toute en pierre de taille.

Les massifs de retenue sont beaucoup moins considérables du côté de la ville, et tout à fait supprimés du côté de la campagne où la résistance du rocher se fait d'une manière bien plus avantageuse contre une traction horizontale qu'elle ne le ferait, dans un système différent, contre une traction plus ou moins inclinée. La considération de l'économie dans les maçonneries est très importante car, la pile intermédiaire emploiera déjà à elle seule une immense quantité de matériaux.

Indépendamment de cela les abords du pont seront bien plus faciles (surtout du côté de la campagne, où il faut tourner à gauche) quand ils ne seront pas croisés par les amarres du pont, nécessaires dans les systèmes ordinaires; et la place de l'autre côté n'en sera pas non plus obstruée. Enfin la pile intermédiaire devant avoir force de culée et néanmoins laisser un large passage pour les voitures de roulier et les grosses diligences, présenterait une difficulté presque insurmontable. Si pour la lever entièrement on fait le pont d'un seul jet, on économise il est vrai tout le pilier, mais on se jette dans une entreprise colossale qui effraie l'imagination et entraînerait à une dépense quadruple pour ce qui concerne les chaînes et les culées, et cet objet dépasserait de beaucoup l'économie faite sur la pile, comme on pourra s'en convaincre à la simple inspection du détail estimatif. Il faut donc nécessairement partager l'intervalle en deux, et alors le système que je propose me semble décidément le préférable et par les motifs donnés ci-dessus et par les suivants qu'on cherchera peut-être à lui objecter.

La masse de bois étant plus considérable que dans un pont suspendu ordinaire, entraînera une dépense de plus il est vrai mais cet excédent de dépense est couvert par l'économie des maçonneries extérieures. Et de plus la masse du pont étant plus grande, il aura bien plus de stabilité au passage des lourdes charrettes ce qui est ici une considération majeure, et sa solidité absolue est bien mieux garantie contre l'action d'une charge qui s'exercerait sur une des arches, l'autre étant vide, et tendrait à renverser le pilier. Plus le pont ~~est~~^{sera} lourd et plus le pilier sera stable dans la limite toutefois de la dureté des matériaux dont il sera composé, limite que nous sommes avertis loin d'avoir atteint,

ainsi que nous l'avons montré dans le calcul de la pile. Cependant¹⁷
les bois seront fournis par le Canton, tandis qu'il faut faire venir
la pierre dure du dehors, et cette considération toute à l'avantage
du pays à du entrer aussi pour quelque chose dans ma détermination.
J'ai déjà dit qu'avec des soins dans la construction, une bonne
peinture et des précautions particulières, on parviendra à employer le bois
de sapin, plus léger, moins coûteux et d'une application plus facile
sans crainte de le voir se détruire promptement. Si cet usage est
établi en Bavière pour des ponts bas, couverts de terre et très rapprochés
de l'eau, à bien plus forte raison pouvons nous l'adopter dans cette
circonstance où l'air jouant de toute part dissipera toute humidité
et séchera les bois à mesure qu'ils se mouilleront.

Tels sont les motifs qui m'ont déterminé dans le système que je
propose pour ce grand pont qui ferait infiniment d'honneur à ceux
qui en ont eu la première idée, jetterait sur Fribourg un lustre
particulier y attirerait les voyageurs et le commerce, en changerait
l'aspect et serait certainement l'objet le plus curieux de toute la
Suisse.

Chapitre 4^e Marche des travaux.

Je ne crois pas qu'une construction aussi considérable puisse se
terminer en moins de trois ans, et en conséquence je divise le
travail de la manière suivante.

Première année. On abat les bois en temps opportun et on les équarrit
en chantier, notamment ceux des cintres qu'il faudra courber à moitié secs.
On déballe les deux culées et on en jette les fondations. On pilonne
la fondation du pilier intermédiaire et l'on élève cette fondation jusqu'au
niveau supérieur du socle. On fait forger les fers, et arriver les fils
pour la confection des cables. On presse l'arrivage de la chaux et de
la pierre qu'il faut tâcher de faire arriver de plusieurs côtés à la fois.

Seconde année. On achève les culées et l'on pose les chaînes de
retenue. Sous les bois sont équarris à vive arête dans le chantier
classés, numérotés et empilés pour se dessécher jusqu'à l'année
suivante. De leur côté les serruriers font les cables et préparent
leurs appareils pour les hisser et les assembler. On élève la pile
aussi haut que possible.

Troisième année. On achève la pile et après avoir laissé durcir les
mortiers pendant trois mois au moins, on suspend les chaînes ou cables

et on procéda au montage du pont qui doit aller très rapidement si tous les bois sont préparés comme nous l'avons dit. Peu de tems avant de les poser on aura soin de les couvrir en chantier d'une double couche de goudron et d'empêtrer toutes les mortaises d'huile bouillante; les copeaux seront soigneusement réservés pour cette opération.

A la fin de la troisième année, ou au commencement de la quatrième, le pont sera ouvert au commerce. La peinture n'aura lieu que vers les mois d'août et de septembre de cette année, époque à laquelle il faudra resserrer tous les boulons dans le cas ou les bois auraient éprouvé quelque retrait par leur dessiccation, cette attention est nécessaire pour conserver la rigidité du pont. Il ne restera plus après cela qu'à exercer une surveillance habituelle tant sur les chaînes que sur les bois pour prévenir les avaries et porter le remède à tems.

Chapitre 5^e Effets de la température et d'une surcharge momentanée

Supposons que le pont soit suspendu par une température moyenne et qu'il s'agisse de savoir combien le tablier baissera dans son milieu lorsque la température augmentera de 20 degrés centigrades. Il faut d'abord calculer l'allongement des cables pour cette augmentation de température. Or le développement des cables et des chaînes de retenue est de 153 mètres et l'on sait que pour 100 grades le fer forgé s'allonge de 0,00122, de sa longueur primitive, ainsi pour 20 grades il faut prendre le cinquième de cet allongement ce qui donne pour 153 mètres une augmentation de 0,037.

Cet allongement connu on a l'abaissement du point milieu par la formule, $\Delta = 0,1873 \Sigma \frac{D}{S}$, dans laquelle Δ est l'allongement cherché de la flèche en raison de l'allongement Σ du cable, D est l'ouverture de l'arche et S la flèche de courbure. La substitution donne $\Delta = 0,14$. Abaissement assez faible pour que toute la charpente en raison de son élasticité n'ait absolument rien à en souffrir.

Quant à l'abaissement occasionné par une surcharge momentanée il est le plus grand possible quand cette surcharge est au milieu du pont et se calcule par la formule $\delta = \frac{\pi}{2P} \cdot S$ dans laquelle δ est l'allongement cherché en raison de la surcharge

19.
 Π , le poids permanent du pont y est représenté par P , et la flèche de courbure est toujours f . On a donc $f = 6^m$ et $P = 300000$ Kilog.
 Supposons donc que deux charrettes se rencontrent au milieu du pont, leur poids concentré en un seul point ne peut pas être porté à plus de 16000 Kilog, on aura donc $\Pi = 16000$ et la formule donnera $f = 0^m,16$. Mais c'est là une limite qui ne sera jamais atteinte 1° parce que le pont, surtout avec le mode de construction proposé, n'est pas entièrement flexible comme le suppose la formule. 2° parce que le poids des deux charrettes et des chevaux se répartit nécessairement sur une certaine longueur au lieu de se concentrer et 3° enfin parce que ce serait un grand hazard si deux charrettes se rencontraient précisément au milieu et que si elles se rencontrent partout ailleurs l'abaissement est d'autant moindre que la rencontre se fait plus loin du milieu. On voit par là quel degré d'étabilité promet la construction proposée.

Mais il est un autre effet auquel il faudra pourvoir dans la confection des cables, c'est leur allongement sous le poids permanent du pont, en raison de leur élasticité. Le calcul le donne de $0^m,10$. Il sera donc convenable de tenir les cables de $0^m,10$ plus courts en les faisant pour qu'après la pose ils aient la longueur convenable.

Chapitre 6^e Estimation de la dépense

Pour faire cette estimation nous commencerons par établir le rapport de la mesure du pays, à la mesure métrique correspondante, parce que toutes nos évaluations sont faites en mètres pour plus de commodité.

Le pied de Berne en usage à Fribourg vaut $0^m,29326$.

Le pied carré vaut pour en surface $0,08600$.

Le pied cube id en volume $0,02522$.

Et réciproquement.

Le mètre vaut en longueur $3^{\text{pieds}} 4099$.

Le mètre carré vaut en surface $11,6277$.

Le mètre cube vaut en volume $39,6499$.

Valeur du
mètre cube
des matériaux.

Pierre de Neuveville

Cette pierre arrivera toute taillée de la carrière parce que la taille n'a pas besoin d'être fine, si ce n'est pour les coussinets qui supporteront les chaînes, lesquels seront repris par les tailleurs de pierres. Or le pied cube de cette pierre coûte rendu à Fribourg 1720. Cela fera donc 45^{fr} 58 le mètre ci 45^{fr} 58.

Il faut élever la pierre à une hauteur moyenne de 22 mètres
 or un homme peut élever en un jour au moyen de la roue
 à chevilles 5400 kilogrammes à la même hauteur et
 la pierre en question pesant 125 d le pied soit 2360 kilog
 le mètre, l'homme pourra monter en un jour deux mètres
 et un tiers ce qui portera à 0,50 la valeur du mètre en faisant
 abstraction du tiers.

0.50

Bardage au binnard, jusqu'au pied de la construction six
 bards peuvent traîner 0^m40, et si la distance moyenne est
 de 50 mètres, ils emploieront 0,46 d'heure au chargement et
 au transport, savoir, à un mètre par heure, 0^m40 pour 0^m40 de
 pierre à charger et décharger et 0^m06, à parcourir 100 mètres
 Nous mettrons pour plus de sûreté la demi heure. Les six
 hommes transporteront donc en huit heures de travail
 16×0^m40 , soit 6^m40 c'est à dire que chaque homme
 transportera un peu plus d'un mètre; mais comme il y a encore
 à barder la pierre dans le binnard nous ne prendrons qu'un mètre
 pour le bardage d'un homme ci

1.00

Brayage Deux hommes mettent une demi heure pour
 brayer et débrayer un mètre cube de pierre, ou un homme
 met une heure ce qui fait par mètre en supposant toujours
 huit heures de travail

0.12

Pose. On emploie par mètre cube de pierre 3 h pour
 la pose et 2 h pour le fichage Les maçons travaillant
 dix heures et peuvent par conséquent poser deux mètres
 cubes. Et pour cela il faut un poseur, deux contreposeurs
 et un manoeuvre La journée du poseur étant de 2,00 celle
 des maçons de 1,50 et celle du manoeuvre de 1,00 les
 deux mètres coûteront 6,00 et pour un

3.00

Fourniture du mortier et des calles: 0,01 mètre cube

0.01

Le $\frac{1}{10}$ de bénéfice pour l'entrepreneur

5.02

Frais d'échafaudages réparations d'outils usure des machines

0.74

56.00

Nota Nous admettrons le même prix pour la pierre
 de taille des culées, quoiqu'il n'y ait pas d'aussi grands
 manoeuvreries, mais la taille devant être plus fine
 établit une compensation.

Pierre De tuf.

Le tuf arrivant tout taillé de la carrière, coûtera rendu sur le chantier 0,5 le pied cube et le mètre	19.82
<u> bardage</u> quoique cette pierre soit plus légère, nous supposeront néanmoins que les ouvriers n'en transportent pas davantage, toujours dans l'intention de ne pas rester en dessous	1.00
<u>Brayage</u> , comme ci dessus	0.12
<u>Montage</u> sur l'échafaud, comme ci dessus	0.50
<u>Pose</u> : est plus facile que celle de la pierre nous ne la porteront qu'à	2.50
Fourniture du mortier: Le tuf en prendra le double de la pierre de neuville soit 0,02 mètre cube à 4 fcs le mètre	0.08
Le $\frac{1}{10}$ de bénéfice pour l'entrepreneur	2.40
Frais d'échafaudages, réparations d'outils, usure des machines	0.58
	<u>27.00</u>

Pierre De sable

Cette pierre arriverait brute sur le chantier pour le prix de 0,18 le pied cube ce qui ferait pour le mètre	7.14
Déchet $\frac{1}{8}$ pour la taille	0.89
<u>Taille</u> un ouvrier peut tailler en un jour deux quartiers ou 16 pieds cubes soit enfin 0,41 mètre cube, Don résulte pour la taille du mètre cube la journée étant à 4,5	3.75
<u>Bardage</u> comme ci dessus	1.00
<u>Brayage</u> idem	0.12
<u>Montage</u> sur l'échafaud idem	0.50
<u>Pose</u> et fourniture du mortier comme pour le tuf	2.58
Le $\frac{1}{10}$ de bénéfice pour l'entrepreneur	1.51
Frais d'échafaudages réparations d'outils, usure des machines	0.57
	<u>18.00</u>

Bois De Chêne.

Le pied cube de bois de chêne rendu sur place coûtera 0,57 à raison de 0,50 pour le pied courant de $\frac{12}{10}$ d'ognarrissage cela fera donc pour le mètre cube	22.60
Le bois de chêne n'étant employé que pour les appuis des cintres renfermés dans les moises quadruples, il ny aura qu'à dresser les pièces à vive arrête et à y faire quatre entailles. Or un ouvrier peut dresser et refaire sur le chantier entailler et couper par bout un mètre cube de bois, sans mortaises, trous ni tenons dans l'espace de 30 heures soit 3 jours lesquels 1,50 fr.	4.50
a reporter.	27.10

Pour Désassembler, numéroté et ranger Dans le chantier il faut $1\frac{1}{2}$; ici il ny a point à Désassembler, une heure suffira donc pour numéroté et ranger Dans le chantier.

un mètre cube

0.15

Transport Du chantier sur les échafaudages, le chantier étant supposé Dans le pré en face Du pont, Distance moyenne 300 mètres; 112 homme peut trainé avec une charrette à bras 5 mètres cubes en un jour à cette Distance, le mètre transporté coûtera donc $\frac{1}{5}$ de journée de manoeuvre.

0.20

Mise en place, ajustement Dans la moise deux journées

3.00

Déchet Du bois évalué à $\frac{1}{7}$

3.53

Le $\frac{1}{10}$ de bénéfice pour l'entrepreneur

3.40

Frais d'échafaudage réparations d'outils, usure des machines etc.

0.62

38.00

Bois de Sapin.

Le pied cube de bois de Sapin équarri coûtera rendu sur place 0.15 ce qui fait pour le mètre cube

5.95

Le $\frac{1}{8}$ de déchet pour le dressage

0.74

Saïlle sur le chantier. Nous l'évaluerons comme suit; une arche comprend 52 mètres cubes de bois; nous diviserons donc par ce nombre le temps total employé au travail de cette arche et nous aurons le prix du mètre cube

Pour choisir les bois, les mettre en chantier, les présenter sur l'épure 3 heures par mètre et pour 52

156.0

Pour dresser et refaire les bois, il faut $1\frac{1}{2}$ par mètre carré or la surface totale à l'exception des madriers monte à 480

720.0

Pour couper les pièces de longueur, 76 bouts de 0.08 mètres carrés et ensemble 6.08 mètres carrés lesquels à raison de $\frac{1}{4}$ par mètre

24.2

20 assemblages à tenon et mortaises pour les montants du garde fou à 2h pour chacun

40.0

40 trous pour recevoir les lisses dans les montants à 1h

40.0

9 entailles dans les moises horizontales à 1h

9.0

64 entailles dans les moises quadruples à $1\frac{1}{2}$

80.0

8 joints d'abouts pour travors et cintres à 2.50

20.0

12 entailles à redans p'assembler les cintres aux travors à 3h

36.0

Cour p'lier six pièces de cintre et les entailler à 10h

60.0

55 trous de boulons de 0.60 en long moyenne fait 33.14

33.0

1218.2.

6.69

	Transport	
La taille sur le chantier exigera donc 1218,2 heures soit 122		6.69
journées en compte rond, et pour un mètre 2,35 lesquelles à 1,50. ci ..		3.53
Pour Désassembler, numéroté et ranger dans le chantier les		
Différentes pièces il faudra 1 ^h 25 par mètre		0.19
<u>Barriage</u> On emploie par mètre cube de bois pesant, 0,41		
heures pour charger, transporter à 100 met' et décharger un		
mètre cube, en employant le Diabla servi par 10 manoeuvres;		
nous admettrons que la légèreté du Sapin compense la plus		
grande distance, ou qu'un homme mettra une demi-journée à		
le transport		0.50
<u>Sevage</u> On emploie pour lever un mètre cube de bois		
de chêne de grosse charpente pour cintres de voûtes et en		
employant les machines 5 ^h de Charpentier et 10 ^h de manoeuvres		
notre charpente étant très simple et les bois légers nous		
réduisons cela aux deux tiers ci		1.66
<u>Platelage</u> 200 met carrés de platelage à 2 ^h par met ²		
Donnent 400 heures ou 40 journées qui divisées par 52 pour		
réduire au mètre cube font par mètre 0,79 de journées . . .		1.18
Pour poser un Kilogramme de ferrures 0 ^h 10, en une heure		
10 Kil, et 100 en un jour; nous avons 7800 Kil de fer à		
poser, cela fait donc 78 journées, qui divisées par 52 donnent		
pour un mètre une journée et demi		2.25
Le 1/10 ^e de bénéfice pour l'entrepreneur		1.60
Pour échafaudage, usure de machines réparation d'outils .		1.40
(Nota) nous portons un peu haut ce dernier objet parce que		
les échafaudages pour le levage des cintres exigeront l'emploi		
d'une assez grande quantité de bois		19.00

Maçonnerie ordinaire

Quant à la maçonnerie ordinaire nous prendrons sa valeur ordinaire de 0,3 le pied cube qui donne pour le mètre 11,89 et nous le porterons à 12,00 pour avoir égard aux difficultés qu'apporte la hauteur de la pile, c'est bien 5 batz qu'il faudroit ajouter pour le montage sur les échafauds comme nous avons fait pour la pierre de taille, mais le prix de 11,89 me semblant très élevé, je n'ai ajouté que 0,11, bien persuadé que l'on parviendra à faire la maçonnerie de moellons à un meilleur prix quand il s'agira d'une aussi grande construction,

et que d'ailleurs on pourra profiter des fragments provenant de l'excavation du rocher.

La valeur du mètre cube de maçonnerie de moellon sera donc portée à . 12.00

Déblai du Rocher

Je ne crois pas devoir évaluer à plus de 2,00 le mètre cube de déblai dans la pierre de sable quand je sais qu'on est parvenu à extraire le granite du Simplon pour 3 à 4 francs de France et quand la dite pierre extraite avec précaution et transportée à pied-d'œuvre ne coûte que 75 14. Il est même très probable qu'on parviendra à faire ces déblais à un prix moins élevé. Néanmoins je laisserai le mètre cube à 2 francs pour prendre de la marge dans les résultats. Le mètre cube de déblai vaudra donc

2.00

Déblai des terres

La fouille des terres pour l'établissement de la culée intérieure exige un transport à un relai et qu'en moyenne elles soient jetées à la pelle jusqu'à la hauteur de quatre mètres

On emploiera pour la fouille du mètre cube	1.00
Pour le jeter sur la première banquette et de là sur la seconde	1.40
Pour charger dans la brouette	0,60
Pour le transport à un relai	0,50
	3.50

Total du temps employé pour l'extraction et le transport d'un mètre cube de terre 3 h 8 lesquelles à raison de 0,10 par heure feront une dépense de "

0.35

Pour remettre les terres à leur place ce sera le même prix réduit de 0,14 pour le temps qu'il a fallu pour jeter les terres sur la berme ce qui n'est pas nécessaire dans la seconde opération, mais il faut ajouter 0,20 pour le regalage ce qui fera 2 h 30 pour le mètre ci — .

0.23

Le 1/10 de bénéfice à l'entrepreneur "

0.06

Pour entretien des brouettes faux frais "

0.03

Goudronnage

On compte au plus 20 heures de travail pour goudronner 100 met carrés en se servant d'échafauds volants et

2.50

Pour une seconde couche 16 heures ci "

2

Quantité de goudron employé par couche 0,038 met cube & (mémoire)

Le 1/10 de bénéfice pour l'entrepreneur "

0.45

Pour frais achat de pinceaux et "

0.05

5.00

Nous pouvons maintenant estimer la dépense que nécessiterait l'établissement du pont.

Etat Estimatif Du Pont de Frybourg montant à la somme de 325 000 francs de Suisse, savoir,

Article 1 ^{er}	Fouilles et Déblais	4904.23
Déblai de terres et remblayement à la culée intérieure	1056 .	
Déblai de terres pour la pile intermédiaire	413	
	1469	
1469 mètres cubes de Déblai à 0,67		984.23
Déblai du rocher à la culée extérieure évalué approx	1600	
Idem à la culée intérieure sous les fondations	95.	
	1695.	
1695 mètres cubes de Déblai de rocher à 25		3390.00
Pour piquer et niveler les parties sur laquelle la maçonnerie doit reposer, 380 mètres à raison de 1,5 le mètre	470.00	
Pour percer 20 trous pour les barres d'arrêt à 35	60.00	
	Somme pareille.	4904.23
Article 2 ^d	Maçonneries	61549.00
Maçonneries de moellons pour la culée intérieure	395.	
Pour loges et murs en aile de la Vite	55.	
Idem pour la pile intermédiaire, la pierre de droite	1408	
Idem pour la culée extérieure	25.	
Pour les murs en aile de la Vite	8.	
	1891	
1891 m. cubes de maçonneries de moellons à 125		2262.00
Pierre de taille pour la culée intérieure	125.	
Idem pour la pile intermédiaire	293	
Idem pour la culée extérieure	34.	
	452	
452 m cubes de pierre de taille à 565		25312.00
129 m cubes de Put pour la pile interm ^d à 27.		3483.00
Pierre de sable pour la culée intérieure	32	
Idem pour la pile intermédiaire	265	
Idem pour la Loge	12	
	309	
309 m cubes de pierre de sable à 185		5562.00
50 m cubes de belle pierre p ^{re} les Vits et p ^{re} la loge à 705		3500.00
Couverture des murs en aile et bouts roues	1000	
	Somme pareille	61549.00
		66453.23

Article. 3^e. Charpente

22,646.00

20 m cubes de bois de chêne pour appuyer des cintres et coins le même cube à 38 ^f	760.00
840 m cubes de bois de sapin à 19 ^f	15960.00
99 pieux de fondation dans le sabot à 30 ^f mis en place	2970.00
12 m cub de bois de chêne pour le grillage des fondations de la pile à 38 ^f	456.00
Charpente de la loge	500.00
Bois en grume pour échafaudages	2000.00

Somme pareille " 22646.00

Article. 4^e. Fers forgés et fondus

38819.00

Boulons, clous et chevilles du pont Kilog 13120.	
99 Sabots pour les pieux à 10 Kil l'un 990.	
Crampons dans la maçonnerie 2000	
Chaines de retenue sur les culées et la pile 17928	
Anneaux d'assemblage des cables 3772	
	37810.

37810 Kilog de fer forgé à 0 ^f 80	30248.00
5398 Kilog pour les barres d'arrêt à 1 ^f 20	6477.60
Tenons en fer fondu, dans les coussinets de la pile 450.	
Plaques de retenue, dans le massif de la culée 1202.	
	1652

1652 Kilog de fer fondu en 2 ^e fusion à 0 ^f 45	743.40
Fers pour la Loge	300.00
Plaque de fonte dans laquelle les tenons de la pile sont engagés 500 Kil de fer de 2 ^e fusion à 0 ^f 30.	150.00
Six bandes pareilles sur les coussinets des culées	900.00
Somme pareille	38819.00

Article. 5^e. Cables en fil de fer

73496.26

La section des vingt cables étant de 0 ^m 045 et leur longueur pour les deux arches de ductio, faite des anneaux d'assemb ^t est de 238 ^m leur volume est donc 10 ^m 710 lesquels au poids de 7800 Kilog, pèseront 83538, et coûteront au prix 0 ^f 70	58476.60
Fils spirales ligatures et déchets évalués au 1/10 ^e	5847.66
Prix des cables quatre ouvriers feront un cable de 110 m de long en 3 jours, il y a 120 de ces cables cela fera 180 jours à 2 ^f 00	960.00
Le 1/10 ^e de bénéfice pour le maître sur ces journées	96.00
Somme à reporter	65380.26

201414.49

Report	65380.26.	201414.49
Sevage des cables Il faudra une journée à 20 manœuvres et quatre serruriers pour lever un cable soit 28 francs par cable il y en a vingt	560.00.	
Le 1/10 pour le bénéfice de l'entrepreneur	56.00	
Confection d'engins et achat de cordages pour la pose	5000.00.	
Etablissement d'un Hanger pour le travail des cables.	1000.00	
Pour Huile Siccative et vernis	1000.00	
Pour plomb laminé	500.00	
Somme pareille	73496.26.	

Article 6. ^e Goudronnage et Peinture		14372.00
La surface totale à goudronner y compris le premier platelage et les trottoirs est de 14000 mètres carrés. La façon toute 5 francs pour 100 mètres à deux couches	700.00	
Le poids du goudron étant à peu près celui de l'eau et la quantité employée pour 100 mètres carrés étant 0 ^m 038, cela fera 38 Kilog, lesquels à 0,8 feront 30,4 et pour 14000 et pour une seconde couche	4256.00	
Et pour une seconde couche	4256.00	
Calfatage du plancher 1920 met carrés à 2 ^f	3840.00	
Tous les bois exposés à la vue ou à la pluie seront peints à l'huile on peut évaluer leur surface à 3000 m. carrés. Le mètre carré de vernissage à trois couches toutes 0,44.	1320.00	
Somme pareille	14372.00	

Article 7. ^e Objets Divers		79860.00
Couvertures en plomb 30,000 Kilog de plomb à 0,64 (*)	19200.00	
Cheneaux et egout en fer 640 met courant à 4 ^f	2560.00	
Severs et nivellement	600.00	
Frais d'administration de surveillance péquies	18000.00	
Indemnités encouragements aux Ouvriers	2000.00	
Soyer des chantiers pendant trois ans	9000.00	
Pavage aux abords du pont 800 mètres carrés à 1 ^f	800.00	
Pour faire un modèle du pont sur une échelle suffisante	600.00	

Somme à reporter	52760.00	295646.49
------------------	----------	-----------

(*) Cet objet pourra être remplacé par le fer blanc verni mais cela sera moins bon

Report	52760.00	295646.49
Pour transporter la fontaine	1500.00	
Indemnité à la Ville	15000.00	
Achat du terrain p ^r l'établissement de la		
culée extérieure	10000.00	
Nettoyement des chantiers après l'achèvement du pont	600.00	
Somme pareille	79860.00	
Total.		295646.49

Fait à Genève le 18 Décembre 1825

L. L. Colonel du Génie

G. H. Dufour

Récapitulation

Art ^o 1 ^o	Fouilles et déblais - - - - f.	1904,23.
Art ^o 2 ^o	Maçonneries - - - - - "	61549,00
Art ^o 3 ^o	Charpente - - - - - "	22646,00
Art ^o 4 ^o	Fers forgés et fondus - - - - - "	38819,00
Art ^o 5 ^o	Cables en fil de fer - - - - - "	73496,00
Art ^o 6 ^o	Goudronnage et Peinture - - - - - "	14372,00
Art ^o 7 ^o	Objets divers - - - - - "	79860,00
Se 1 ^o pour dépenses imprévues - - - - - "		29353,51
Total		<u>325000,00</u>