Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 46 (1920)

Heft: 22

Artikel: Une traversée de 400 métres de portée: ligne à haute tension Orges-Motiers de la Compagnnie vaudoise des forces motrices de Joux et de l'Orbe

Autor: Perrin, Louis

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35814

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

46me année 30 Octobre 1920 N° 22

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Une traversée de 400 mètres de portée*, par Louis Perrin, ingénieur à Genève. — *Concours d'idées pour la reconstruction du temple national à La Chaux-de-Fonds* (suite et fin). — *Le grossissement du « grain » des métaux recuits après écrouissage.* — Divers : *L'Ecole supérieure de perfectionnement industriel.* — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — *Société genevoise des Ingénieurs et des Architectes.* — Carnet des Concours.

Une traversée de 400 mètres de portée

Ligne à haute tension Orges-Motiers de la Compagnie Vaudoise des Forces Motrices de Joux et de l'Orbe

par Louis Perrin, ingénieur à Genève.

Dans le courant de 1919, la *Compagnie vaudoise des Forces Motrices de Joux et de l'Orbe* décida de relier le réseau du Val-de-Travers par une nouvelle ligne à haute tension, partant du point de bifurcation d'Orges sur Grandson, pour aboutir à Môtiers, dans le Val-de-Travers.

Cette ligne équipée par cinq fils de cuivre de 8mm de diamètre, montés sur des pylônes en bois de 11 m. de hauteur environ, traverse près du village de Fiez la coupure profonde de l'Arnon.

Le terrain particulièrement mauvais de la rive droite de l'Arnon, formé d'éboulis et de glaise en mouvement obligea la Compagnie à renoncer à établir des poteaux en bois, mais à étudier la traversée d'un bond, sans poteaux intermédiaires sur une distance de plus de 400 mètres. Cette traversée libre, une des plus grandes qui existent en Suisse, se heurta à des difficultés techniques assez importantes concernant la composition des câbles de la ligne et la construction des pylônes tendeurs des fils.

1° *Calculs des fils.*

Les fils ont été calculés en se basant sur les ordonnances fédérales en vigueur et les méthodes étudiées par A. Jobin, publiées dans le *Bulletin* N° 8 de 1919, de l'*A. S. E.*

Le problème à résoudre est le suivant : Déterminer les flèches maxima correspondant aux tractions admissibles avec les coefficients de sécurité demandés, puis reporter sur un profil en long du terrain, la courbe ainsi obtenue et vérifier graphiquement, si la distance du sol en chaque point du fil, reste dans la limite imposée.

Portée, 400 m.

Dénivellation des points de suspension, 60 m.

Section des câbles 0,5 cm², soit 19 fils de 1,83mm de diamètre.

Tension de rupture admise : cuivre dur 4000 kg/cm².

Sécurité exigée à 25° cent., pas inférieure à 5.

Sécurité exigée à 0° avec neige, pas inférieure à 2 ½.

Surcharge de neige ou de givre, 800 kg/m.c.

Traction spécifique maxima tolérée, $p_2 = 1680$ kg/cm².

Il faut tout d'abord déterminer la valeur p, soit la traction spécifique au point le plus bas, on obtient $p = 1506$ kg/cm² puis la flèche $f_1 = 70$ m., voir fig. 1 qui représente donc la distance entre une horizontale tracée depuis le point supérieur de suspension et le point le plus bas du fil.

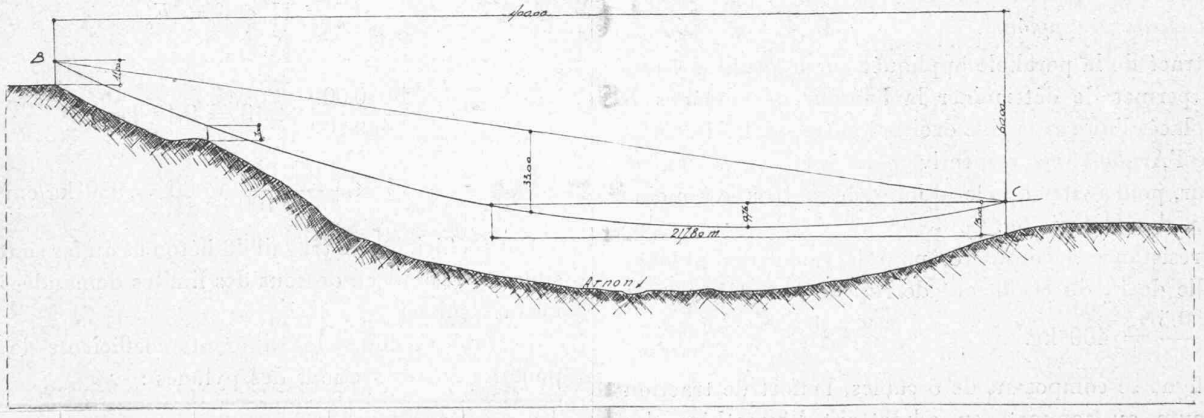


Fig. 1. — Profil en long de la traversée de l'Arnon. — Echelle : 1 mm. = 3 m.

La traction correspondante au point de suspension supérieur sera : $p_m = 1679{,}6$ kg/cm².

Il faut maintenant déterminer les flèches et la traction successive, dans les hypothèses suivantes :

Température 0° neige.

Température + 10°.

Température + 40°.

Température — 25°.

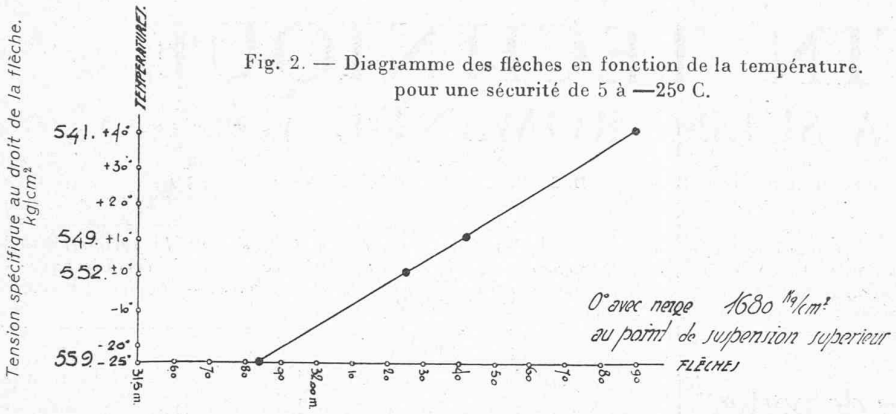


Fig. 2. — Diagramme des flèches en fonction de la température. pour une sécurité de 5 à —25° C.

En effectuant le calcul successivement, on obtient les quantités suivantes :

Température	Flèche	Traction
0° avec neige	33 m.	1680 kg/cm².
+ 10°	32,42	549 »
+ 40°	32,90	541 »
— 25°	31,84	559 »
0°	32,25	552 »

L'étude du diagramme montre que la surcharge de neige produit à elle seule une augmentation spécifique de la traction de 954 kg/cm², soit près de 1,73 fois la traction du fils à 0° ; la flèche à + 40° est sensiblement la même qu'à 0° avec neige, et celle de + 10°, à celle de 0° sans neige (fig. 2).

Il faut remarquer que les calculs ont été établis dans l'hypothèse, que la courbe prise par le câble était une parabole et non pas une chaînette, l'erreur résultant de cette hypothèse est d'ailleurs assez faible pour être négligée.

2° *Calculs des pylônes.*

Le tracé de la parabole appliquée sur le profil des terrains, permet de déterminer la hauteur des pylônes *B* et *C*, placés l'un sur la rive droite, l'autre sur la rive gauche de l'Arnon, fixés respectivement à 11 et à 15 m. de hauteur, pour éviter que le fil inférieur se trouve à moins de 7 m. du sol (voir fig. 1).

La résistance à considérer pour le calcul des pylônes est celle de $^1/_5$ du coefficient de rupture des câbles, soit $\frac{4000 \times 0,5}{5} = 400$ kg.

La ligne se composant de 3 câbles, l'effort de traction maximum au sommet, en admettant l'hypothèse des 3 fils coupés d'un côté, est de 1200 kg.

Pour résister à cet effort et à celui combiné du vent contre les fils et contre les pylônes, il n'était pas question de construire des objets en bois, il restait en présence le fer et le béton armé.

La Compagnie décida de faire l'essai avec des pylônes Mixedstone, construits sur place par éléments successifs. Dans le cas particulier, étant données les difficultés : éloignement de toutes lignes de chemin de fer et de routes la construction habituelle en ciment armé n'aurait pu se faire aisément ni économiquement.

Le pylône *C*, hauteur 15 m., voir fig. 3, est composé de 4 branches reliées par des ceintures. Cette disposition permet d'augmenter le moment d'inertie de la section, sans augmenter le cube de béton, elle convient pour les pylônes de grande hauteur, recevant des efforts dans les deux sens, traction des fils et effort du vent à 100 kg/m². Nous donnons ci-dessous une tabelle représentant les moments dans les 4 sections considérées.

SECTIONS	H sur sol m.	MOMENT ∥ AUX FILS Kg/m.			MOMENT ⊥ AUX FILS Kg/m.		
		Vent contre pylône	Traction rupture fils	Total M_1	Vent contre fils	Vent contre pylône	Total M_2
I	4	240	4 550	4 790	1600	240	1 840
II	8	1150	8 100	9 250	3200	1150	4 350
III	12	3000	13 200	16 200	4800	3000	7 800
IV	15	4500	16 800	31 300	6000	4500	10 500

Le calcul de la section IV donne :

$$M_1 = 2\,130\,000 \text{ cm/kg.}$$

$$F_e = F'_e = 15 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{Béton} = \frac{2\,130\,000}{3\,415\,500} \times 28 = \underline{\underline{17 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$\sigma_f = 15 \times \frac{2\,130\,000}{3\,414\,000} \times 108 = \underline{\underline{1000 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$M_2 = 1\,050\,000 \text{ cm/kg.}$$

$$F_e = 15 \text{ cm}^2 = F'_e$$

$$x = 13 \text{ cm.}$$

$$\sigma_B = \frac{1\,050\,000}{1\,449\,100} \times 13 = 9,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = 15 \times \frac{1\,050\,000}{1\,449\,100} \times 80 = 950 \text{ kg/cm}^2$$

Ces coefficients de travail du béton et du fer sont admissibles et restent en dessous des limites demandées par les normes suisses.

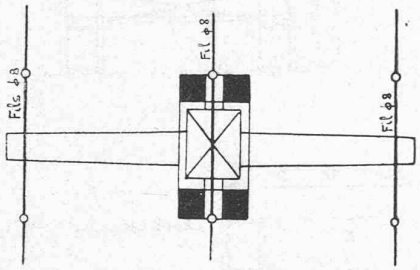
Le tableau donne les différents coefficients de travail, pour les autres sections des pylônes :

INDICATION	IV	III	II	I
h	150	130	100	80
l	90	70	55	45
J_1	2 130 000	2 407 000	972 500	415 500
J_2	1 499 100	664 000	289 590	125 330
f_{c_1}	15 cm²	13	9,5	6,5
f_{c_2}	15 cm²	13	9,5	6,5
σ_{B_1}	17 kg/cm²	18.—	19.—	19,6
σ_{f_1}	1000 »	1010.—	1050.—	1030.—
σ_{B_2}	9,15 »	12,3	12,9	10,7
σ_{f_2}	950 »	1000	990.—	620.—

Les fondations de 230 × 170 sur 150 cm. de profondeur sont calculées avec un coefficient de sécurité > 1 de renversement, en ne tenant pas compte de la poussée des terres.

3° *Construction des pylônes.*

L'exécution des pylônes se fit pendant la plus mauvaise saison de l'hiver 1920. Les éléments de béton constituant pour ainsi dire l'enveloppe ou coffrage du pylône, furent préparés d'avance, et amenés à pied d'œuvre. Le poids de ces éléments, 20 kg. au maximum, assure une manutention facile. Les armatures sont encastrées dans le massif des fondations et un échafaudage spécial démontable assure le matériel nécessaire à la construction. Les éléments sont assemblés les uns au-dessus des autres,



Plan de situation.

puis les fers placés dans les alvéoles réservées et le tout est coulé au lait de ciment bien dosé. (Fig. 4.)

Les fissurations de retrait sont évitées, ainsi que la situation dangereuse d'un pylône au moment de sa pose, dans les constructions habituelles.

La partie supérieure du pylône est terminée par un bras horizontal (fig. 5) supportant les isolations. Au point de vue esthétique, ces pylônes sont légers, et avec leurs quatre branches ajourées, ils ne paraissent pas plus lourds que des objets à treillis métalliques, tout en possédant les avantages inhérents aux constructions en ciment armé.

Des pylônes d'angle à trois branches, suivant les mêmes procédés, sont également édifiés (fig. 6) aux environs d'Orges, 580 m., et de Mauborget, à 1000 m. d'altitude. Ces objets sont calculés pour résister aux tractions des fils et à la résultante de cette traction, due à l'angle de la ligne. Ces pylônes sont actuellement équipés, les lignes sont tendues et vont incessamment entrer en service.

Concours d'idées pour la reconstruction du temple national à La Chaux-de-Fonds.

Extrait du rapport du Jury.

(*Suite et fin*) [1]

N° 10, « Farel ». — L'intérêt de ce projet, bien présenté, réside surtout dans l'idée de créer une entrée principale dans une annexe monumentale sur la face nord de la nef, dans son

[1] Voir *Bulletin technique* du 21 août 1920, page 199.

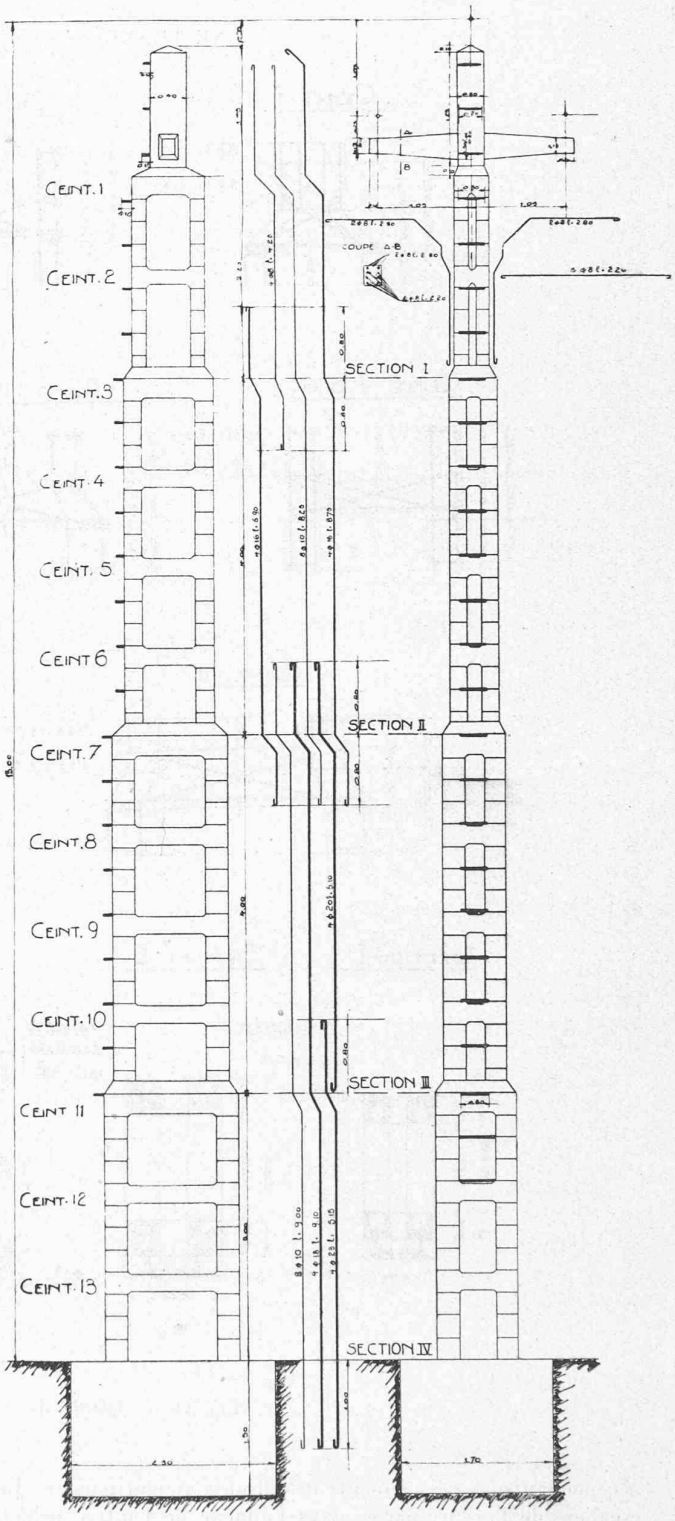
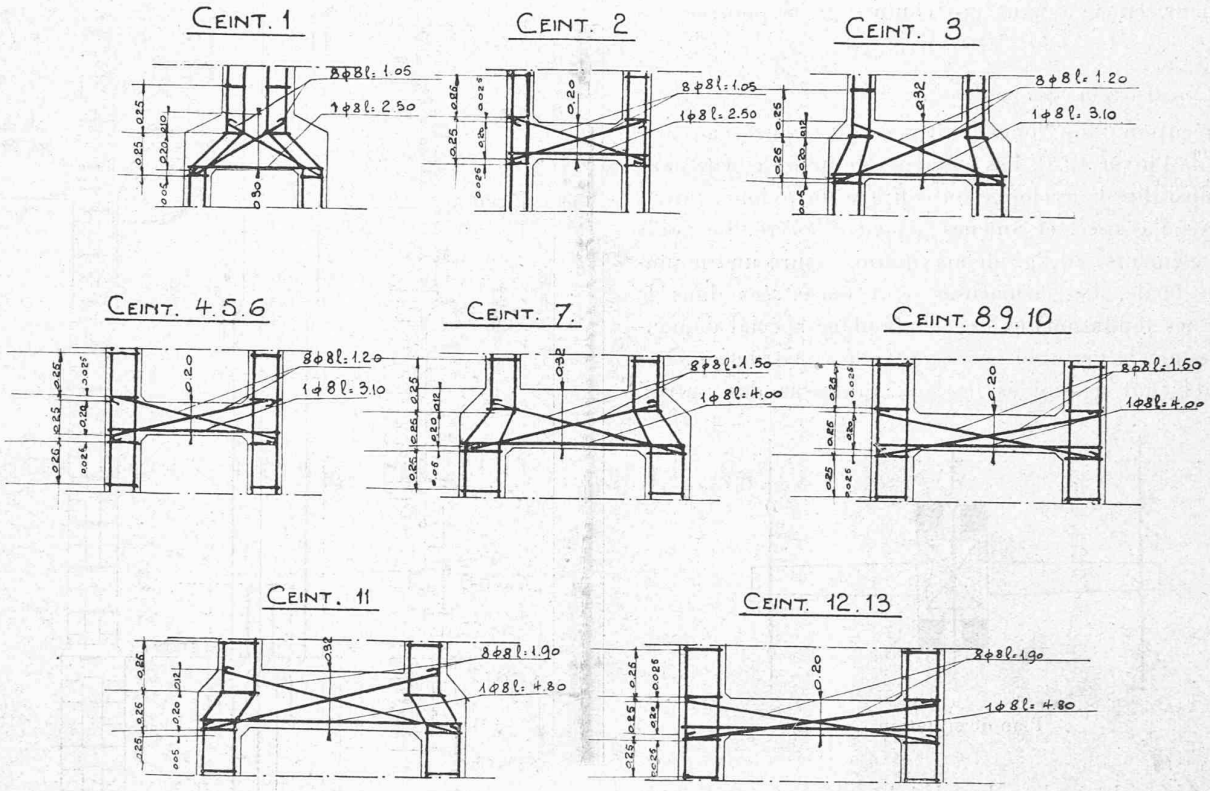


Fig. 3. — Elévation du pylône *C*. — 1 : 80.

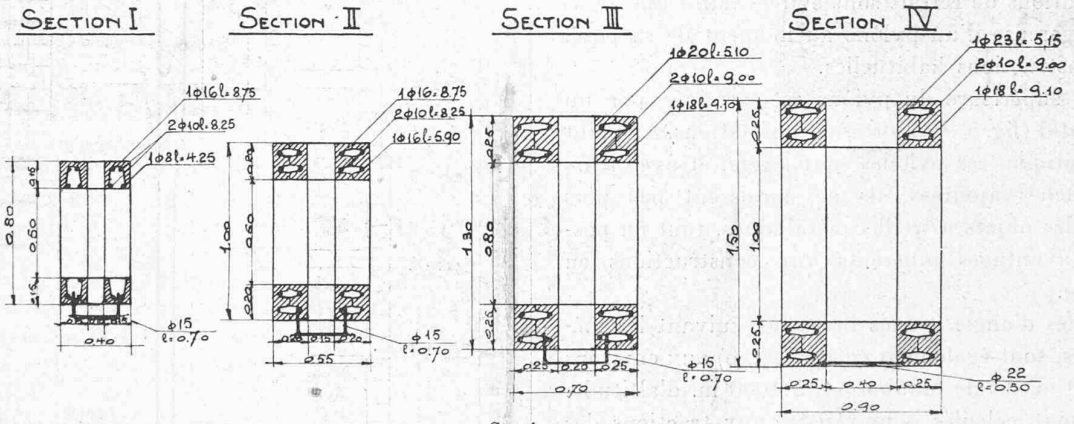
petit axe. Il est regrettable que cette conception vraiment originale ait entraîné son auteur à réaliser sur le pourtour du temple un promenoir circulaire d'une utilité contestable, et qui a pour conséquence une surélévation générale de 3 m. 50 des murs de la nef et de la tour, afin de maintenir l'ensemble dans de bonnes proportions. Il en résulte un changement profond de la silhouette générale de l'édifice. (Voir page 258.)

L'intérieur de la nef, traité sobrement, est bien en rapport avec la dignité du lieu. La galerie, convenablement ordonnée,

UNE TRAVERSÉE DE 400 MÈTRES DE PORTÉE



Ceintures.



Sections.

Fig. 3*b*. — Détails des armatures du pylône *C*. — 1 : 40.

a cependant des dégagements insuffisants et mal répartis, les escaliers de l'orgue, placés dans l'annexe de l'entrée principale, pourraient être mieux disposés.

La combinaison des bancs du parterre est défectueuse ; les trois couloirs prévus dégagent insuffisamment les rangées de bancs et il manque un passage le long des murs. La sacristie placée près de la chaire, comme il convient, ne devrait cependant pas entraîner la construction d'une annexe extérieure sur la face sud de l'édifice.

Les abords du temple sont insuffisamment étudiés.

Nº 12, « Pro Deo ». — Ce beau projet a longuement retenu l'attention du jury, qui approuve les intentions de son auteur tendant à modifier le moins possible le caractère général de l'ancien temple. Il eût été désirable que cette notion s'étendît aussi à la tour dont l'aspect actuel devrait être respecté et conservé. La distribution intérieure est ordonnée sur le grand axe de l'ellipse. (Voir page 359.)

Il est étonnant que l'entrée principale dans la tour, entrée axée sur la chaire, n'ait pas suggéré à l'architecte une transformation des accès extérieurs du côté ouest. La dite entrée à l'ouest ne se justifie plus si l'on considère que les seules voies d'accès au temple aboutissent à l'est.

A l'intérieur de la nef, les dispositions générales sont rationnelles, notamment la répartition des bancs. Le parti adopté pour la galerie est également bien compris. Le jury note spécialement le bon agencement du secteur de la galerie devant

l'orgue, qui convient au mieux pour un chœur. Il est, par contre, regrettable que les issues de la galerie aboutissent aux sorties du rez-de-chaussée et les encombrent.

L'orgue, inspiré d'une réminiscence classique, a beaucoup de caractère, quoique un peu suranné, mais il ne saurait être réalisé sans créer un anachronisme fâcheux puisque son style, Louis XV, précède celui de l'édifice primitif de style empire.

Conclusions.

Le Jury,

envisageant qu'aucun des quatre projets retenus ne répond d'une façon satisfaisante aux exigences du problème de la reconstruction du Temple,

considérant que les mérites de ces projets ne rachètent pas les sérieuses imperfections qu'ils présentent,

constatant que les avantages et les défauts sont respectivement d'importance égale pour les quatre projets,

Pour ces motifs décide :

1° de ne pas décerner de premier prix ;

2° de placer les quatre projets sur un pied d'égalité et de leur attribuer à chacun le quart de la somme de 7500 francs mise à disposition ;

3° de suggérer au Conseil d'administration de la Fondation du Temple national l'ouverture d'un second concours restreint entre les quatre lauréats du premier concours, cette procédure devant permettre, non seulement de déterminer un classement définitif, mais encore d'épurer la situation en donnant d'une façon précise les directives qui devront présider à la reconstruction de l'édifice.

L'ouverture des plis cachetés révèle les auteurs dont les noms suivent :

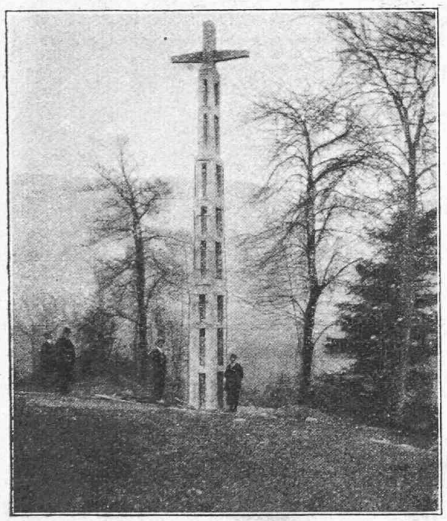


Fig. 5.

UNE TRAVERSÉE DE 400 MÈTRES DE PORTÉE

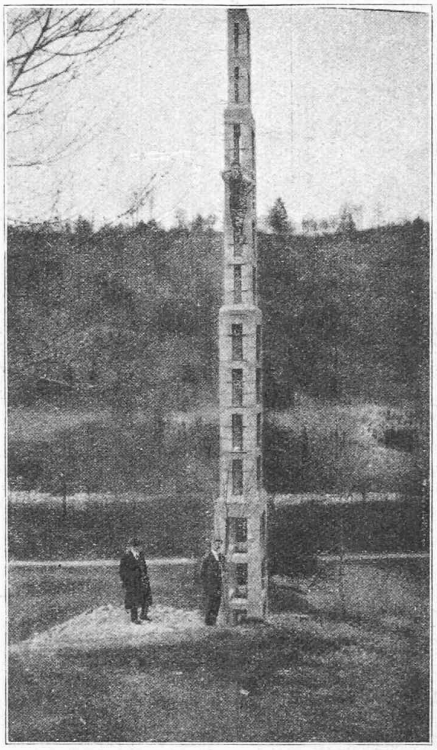


Fig. 4.

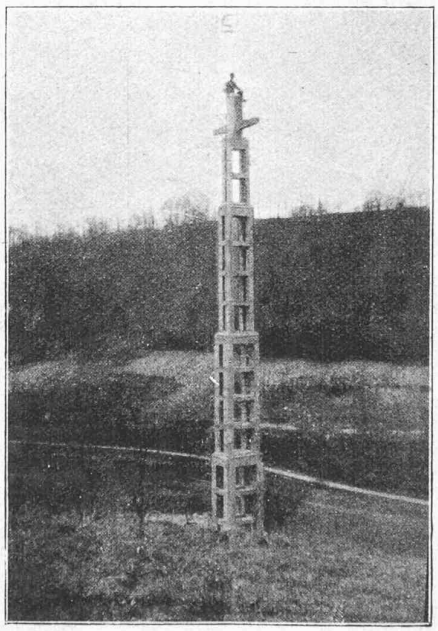


Fig. 5 *b*.

N° 2, « Calvin ». — MM. *Prince* et *Béguin*, architectes à Neuchâtel.

N° 3, « Grand-axe ». — M. *René Chapallaz*, architecte et M. *Jean Emery*, à la Chaux-de-Fonds.

N° 10, « Farel ». — M. *von Senger-Zuberbühler*, architecte, à Surzach.

N° 12, « Pro Deo ». — M. *Karl Indermühle*, architecte, à Berne.

Le grossissement du «grain» des métaux recuits après écrouissage

Coupons, suivant un plan passant par l'axe, une éprouvette d'acier très doux, en forme de tronc de cône, « recuite »

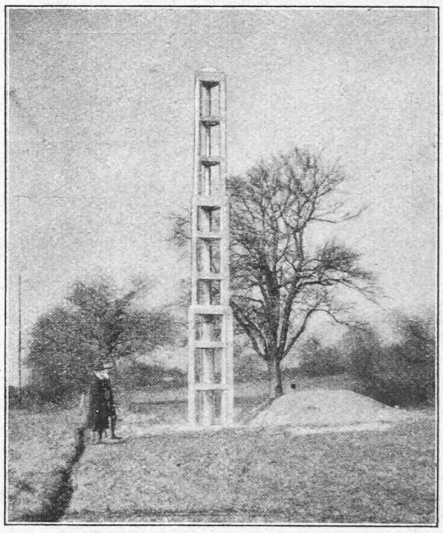


Fig. 6.

après avoir subi, à froid, un effort de traction qui a sollicité le métal à des tensions d'autant plus grandes que les sections auxquelles elles se rapportent sont plus proches de la petite base du tronc de cône. Cette coupe par l'axe montrera, sous le microscope, après polissage et attaque, si la température de recuit a été choisie convenablement, deux zones de cristaux menus dans le voisinage des bases du tronc de cône et entre ces deux zones, mais dans la région déformée plastiquement, une zone «critique», plus ou moins étendue, constituée par de gros cristaux qui manifestent une hétérogénéité cristalline préjudiciable naturellement à la qualité du métal. Ce « grossissement » du grain, produit par un réchauffage consécutif à un écrouissage, particulièrement redoutable dans certains processus industriels tel le tréfilage des fils d'acier dont les passes alternent avec des recuits, a suscité diverses explications, d'où, entre métallographes, une controverse à laquelle, bien entendu, nous nous garderons de nous mêler autrement que pour signaler les recherches très ingénieusement exécutées