

Le pont sur l'Esla en Espagne

Autor(en): **Villalba Granda, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-3075>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

IVb 14

Le pont sur l'Esla en Espagne.

Die Brücke über den Esla in Spanien.

The Bridge over the Esla in Spain.

C. Villalba Granda,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Madrid.

Le pont de Plougastel et le pont de Traneberg, construit 5 ans plus tard, sont de magnifiques réalisations dans le domaine des ponts en arc de grande portée. Le pont sur l'Esla, que l'on construit actuellement en Espagne, aura une ouverture qui dépassera celle des ponts que nous venons de citer. L'Esla forme, à l'emplacement du pont, un lac artificiel d'une profondeur de plus de 40 m. Ce pont est destiné au Chemin de fer de Zamora à la Corogne à double voie normale (fig. 1). A la suite d'un avant-projet de l'ingénieur M. Gil, j'ai établi un projet définitif de cette construction.

Nous allons donner une comparaison des dimensions principales des trois ponts dont nous venons de parler.

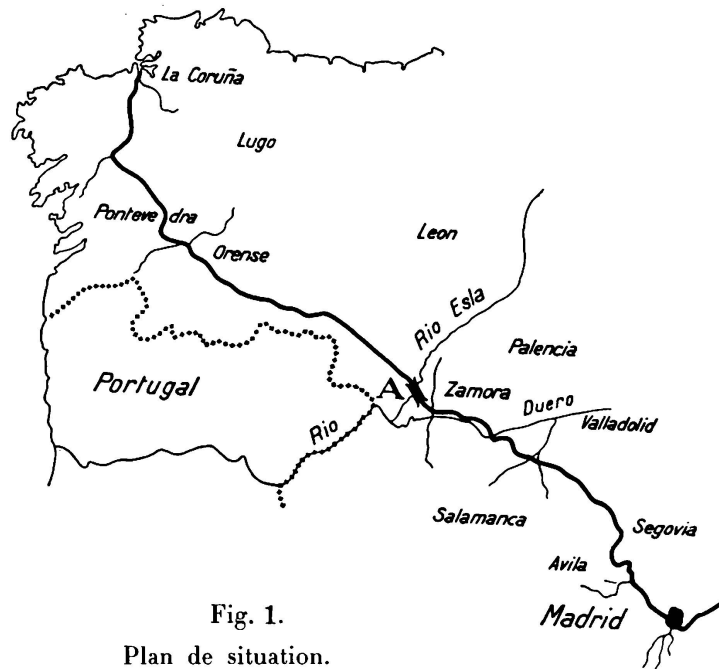


Fig. 1.

Plan de situation.

	Plougastel	Traneberg	Esla
Ouverture	172,60 m	178,50 m	192,40 m
Portée théorique	186,40 m	181,00 m	172,00 m
Flèche	35,30 m	27,00 m	38,80 m
Taux de travail du béton	75,0 kg/cm ²	98,5 kg/cm ²	86,0 kg/cm ²

Le pont se compose d'un grand arc central et d'une série d'arcs latéraux, qui constituent, sur les deux rives, les viaducs d'accès (fig. 2 et 3).

L'arc central est creux, il est constitué par trois cellules longitudinales et ses faces latérales ont un talus de 1,5 %, commun à tous les éléments de la partie

centrale; à la clef il a une largeur de 7,90 m et une épaisseur de 4,52 m et aux naissances une largeur de 9,063 m et une épaisseur de 5,50 m. Le tablier repose sur l'arc par l'intermédiaire de colonnes. Les viaducs d'accès ont 5 arcs de 22 m de portée du côté de Zamora et 3 arcs de même portée du côté de la Corogne.

1° — Description de l'ouvrage.

Viaducs d'accès. — Les arcs des viaducs d'accès sont en plein cintre avec intrados circulaire de 11 m de rayon. Ils ont 1,10 m d'épaisseur à la clef et sont armés de profilés laminés et d'aciers ronds (fig. 4). Les poutres-longerons sont rigidement unies aux montants de 9,50 m de hauteur, situés à la verticale des piles; elles s'appuyent sur les reins de l'arc par l'intermédiaire de montants articulés de 2,10 m de hauteur et sur l'extrados de l'arc à la clef par l'intermédiaire de plaques de glissement. Les piles de ces viaducs sont creuses, elles ont des parois longitudinales de 0,90 m d'épaisseur au couronnement et des redents de 0,10 m. Les parois transversales ont 1,50 m d'épaisseur et des redents de 0,25 m. La hauteur de ces piles varie entre 9,70 m et 38,70 m, depuis l'arrasement des fondations jusqu'à la naissance des arcs; les fondations ont une profondeur qui varie de 1,22 m à 6,77 m, elles descendent jusqu'à la roche parfaitement saine et compacte.

Arc principal. — Passons à la description de l'arc principal. Nous avons déjà donné plus haut ses dimensions principales; ajoutons que sa section est constituée par deux têtes d'égale épaisseur, variant de 0,70 m à la clef à 1,05 m aux naissances, reliées par 4 cloisons d'épaisseur constante égale à 0,40 m (fig. 5). Les armatures de l'arc sont uniquement prévues pour résister aux efforts secondaires. La fibre moyenne correspond à l'équation

$$y = 206,7 (x - 2x^2 + 2x^3 - x^4)$$

où y est exprimé en valeur absolue et où x est le rapport de l'abscisse du point considéré à la portée, l'origine étant à l'une des naissances. Cette fibre neutre est sensiblement le funiculaire des charges fixes et la section totale de l'arc, ainsi que son moment d'inertie, obéissent à la condition que leur projection verticale reste constante.

Les tympans de l'arc principal comprennent trois

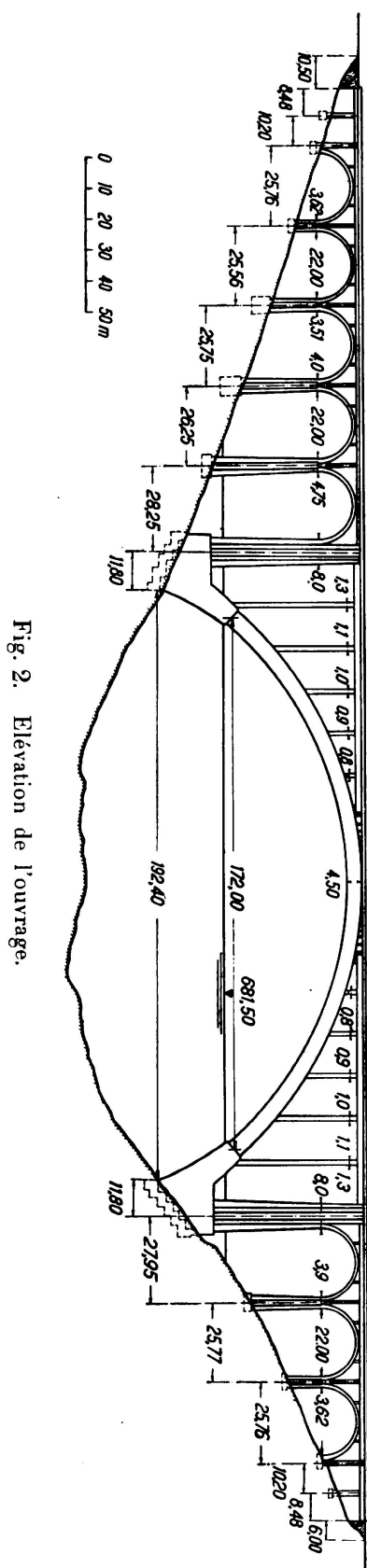


Fig. 2. Elevation de l'ouvrage.

parties distinctes. Une partie centrale de 20 m de longueur comprend des petits murs longitudinaux servant à contenir le remplissage de pierres. Dans la zone intermédiaire de 12 m de longueur, le tablier, en dalle continue sur 5 ouvertures, repose sur des cloisons transversales, articulées à leur base et encastrées dans



Fig. 3.

Vue d'ensemble.

le tablier. La partie extrême est constituée par des travées de 12,50 m de portée reposant sur l'arc par l'intermédiaire de colonnes. Le tablier se compose d'une dalle de 0,20 m d'épaisseur, soutenue par 4 poutres de $1,80 \times 0,60$ m. La hauteur maxima des colonnes atteint 38,72 m.

Les grandes piles-culées (fig. 6 et 7) ont un talus transversal de 2%. L'armature des culées massives est constituée de profilés laminés et d'aciers ronds. Les premiers sont entourés d'armatures circulaires. Aux naissances, les culées ont 10,41 m de largeur et 6,70 m de hauteur.

En ce qui concerne les fondations, les ardoises et quartzites constituant le terrain sont à nu; il a donc suffi d'atteindre la partie saine de la roche.

Matériaux: Viaducs d'accès: culées extrêmes en moëllons, fondations en béton cyclopéen à 150 kg, parois des piles en blocs de béton à 250 kg, remplissage en béton à 200 kg, arcs et poutres en béton à 350 kg. Ouverture principale: fondations en béton cyclopéen à 200 kg, culées en béton à 325 kg, arc en béton à 400 kg et superstructure en béton à 350 kg. Le tout au ciment portland artificiel.

Le coût total de l'ouvrage a été estimé à 6,5 millions de pesetas.

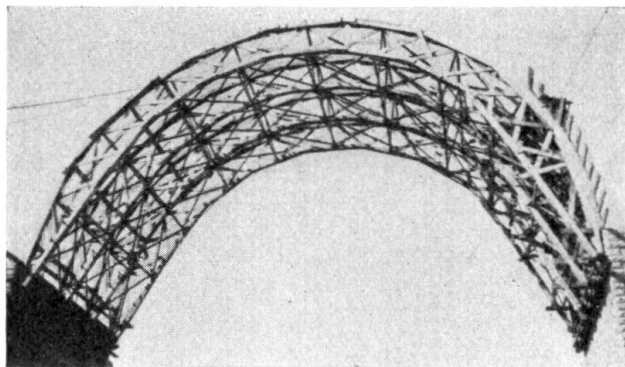


Fig. 4.

Cintre d'un arc de 22 m.

II° — Calculs statiques.

a) Viaducs d'accès. Les arcs circulaires ont un diamètre théorique de 23,40 m. Ils ont été étudiés en tenant compte d'une variation de température de $\pm 20^{\circ}$, y compris le retrait. Les efforts maxima, compte tenu des forces de freinage

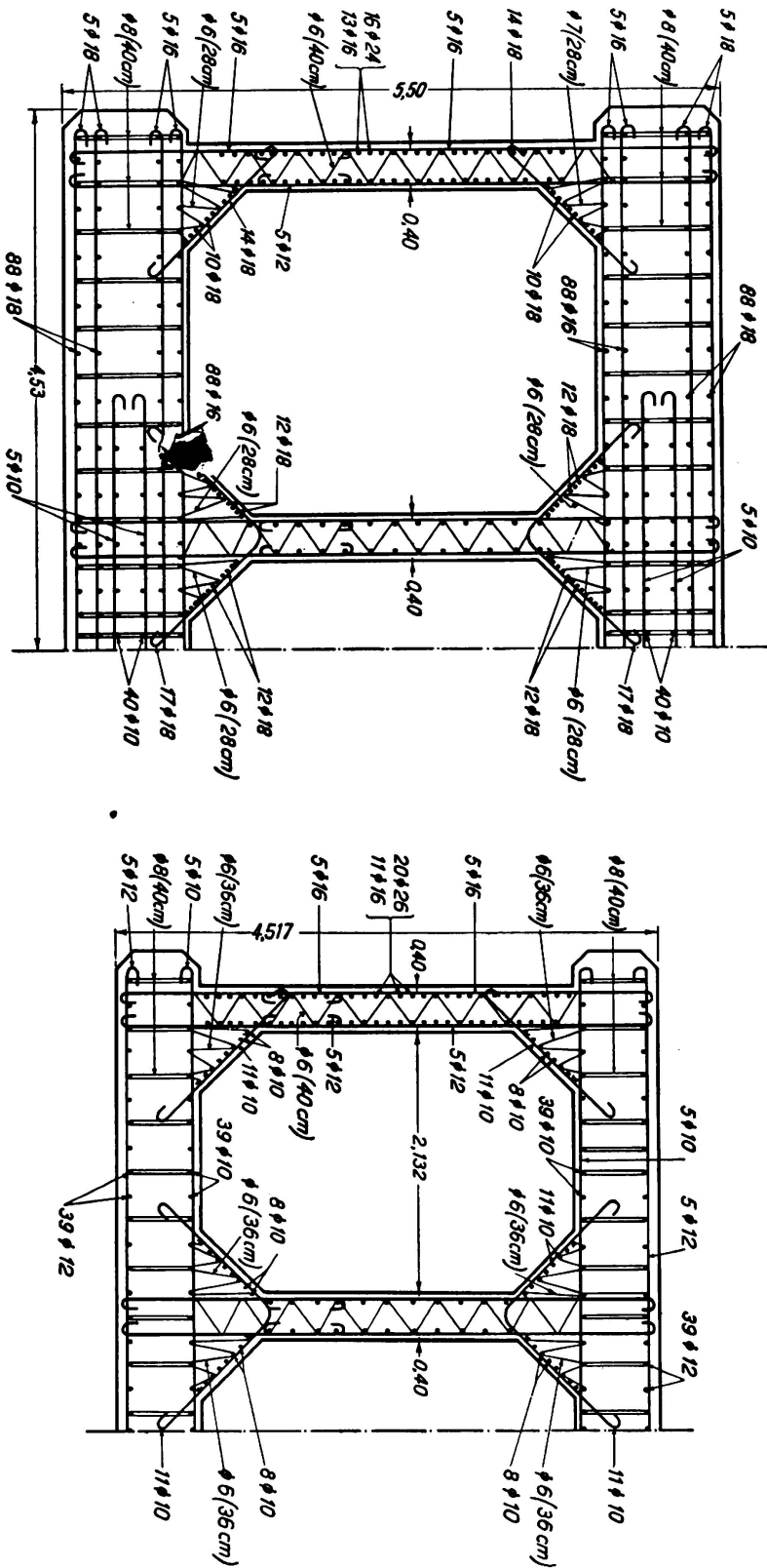


Fig. 5.
Sections aux naissances et à la clef.

et du vent, se montent dans les naissances à $46,5 \text{ kg/cm}^2$ pour la compression du béton et à 1010 kg/cm^2 pour la traction de l'acier. Les contraintes de cisaillement engendrées par les moments de torsion atteignent dans l'arc la valeur de 5 kg/cm^2 . Dans le calcul des arcs on a tenu compte également de la flexion des piles et de la déformation des arcs adjacents.

Les portiques qui constituent les tympans ont été calculés d'une façon très approfondie, en tenant compte de toutes les influences.

b) *Arc principal.* L'axe de la voûte est une parabole du quatrième degré qui s'adapte aussi bien que possible au funiculaire du poids mort. La surcharge introduite dans le calcul est constituée des deux trains-type des prescriptions

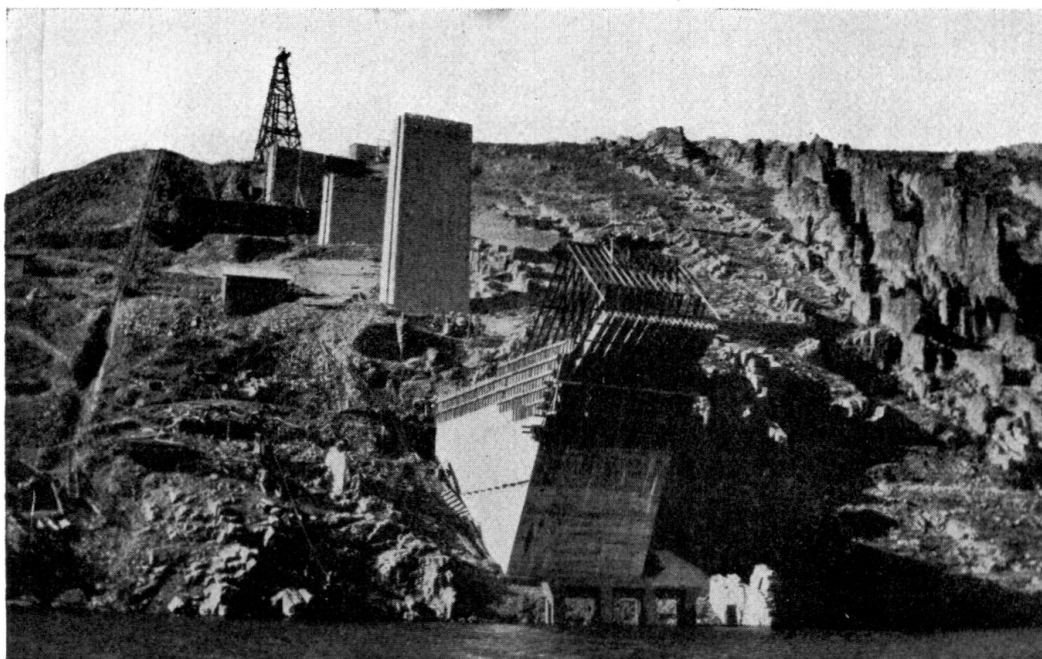


Fig. 6.

Culée (côté Zamora) avec ses armatures; à l'arrièreplan un pylône de la grue aérienne.

espagnoles, ce qui permet d'obtenir des efforts inférieurs à la moitié de ceux qui résultent des charges fixes.

Les efforts secondaires atteignent une importance extraordinaire dans ces types d'arcs de grande portée. Pour le calcul, on a tenu compte des variations de température, de la collaboration de l'arc et du tablier ainsi que du flambement de l'arc. L'ouvrage étant très étendu, on a admis que le vent pouvait agir sur une partie du pont seulement.

La méthode de calcul du moment d'inertie polaire des sections rectangulaires massives et creuses (une alvéole) a été donnée par *Mesnager* et *Föppl*. *Lorenz* et *Pigeaud* ont étudié la section de forme quelconque mais n'ont obtenu que des résultats approximatifs.

Dans le cas d'une section à plusieurs alvéoles, comme celle qui nous intéresse, on peut choisir différentes méthodes:

1° Supposer que la section est massive, étudier la répartition des efforts dans cette section et reporter dans les têtes et les montants les tensions qui devraient être supportées par les parties creuses. Cette solution est sûre et simple mais fournit des tensions trop élevées.

2° Supposer les montants centraux articulés et considérer la section comme n'ayant qu'une seule alvéole. De cette façon on néglige une bonne partie de la rigidité de la section.

3° Supposer que le moment de torsion se répartit entre les trois alvéoles en admettant que les trois sections auxiliaires aient le même angle de giration. C'est cette dernière méthode que l'on a adoptée.

On a déterminé les lignes d'influence de toutes les réactions hyperstatiques par la méthode des charges virtuelles et de la superposition des efforts.

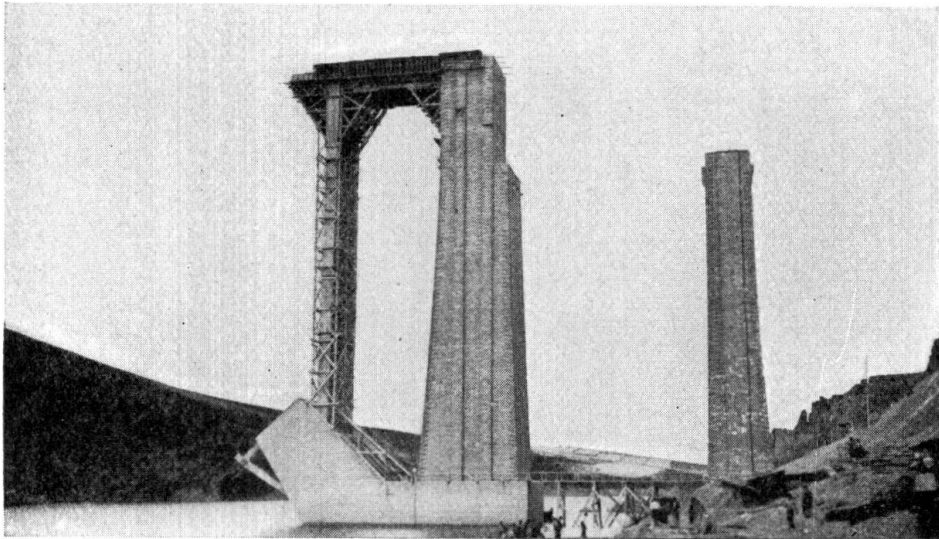


Fig. 7.

Pile-culée et partie de la superstructure destinée au montage du cintre de l'arc principal.

Nous avons admis une variation de température de $\pm 15^{\circ}$ C.

Dans le calcul des colonnes nous avons tenu compte des effets de freinage et de démarrage, de l'influence de la déformation de l'arc, de la déformation des colonnes, etc.

Les grands arcs doivent avoir des culées très résistantes pour assurer leur encastrement. Pour déterminer l'élasticité de ces culées on a calculé les lignes d'influence des déformations en assimilant l'arc à une poutre d'inertie variable rigidement encastree. Ces lignes d'influence ont été calculées par la méthode de Müller et l'on a trouvé 0,0044 mm pour le déplacement de la section extrême des culées, ce qui est très faible.

III° — Exécution.

Le cube de béton nécessaire à la construction de cet ouvrage se monte à 32000 m³, ce qui représente 28000 m³ de pierres concassées et 15000 m³

de sable. Les installations permettaient de produire en 8 heures 100 m³ de pierres et 30 m³ de sable. Le chantier était desservi par une grue aérienne sur

cable de 500 m de longueur, supporté par deux pylônes de bois de 28 m de hauteur. Les vitesses de déplacement du treuil sont 1 m/sec en élévation et 4 m/sec dans le sens horizontal. Un moteur de 46 CV actionne cette grue.

Le cintre projeté est un arc en bois. Il est constitué de fermes de 3,50 m de hauteur dont les membrures sont en madriers de 23 × 7,5 cm. Il prend naissance sur des plates-formes en encorbellement en béton armé. Sur ces encorbellements s'effectuera le réglage du cintre à l'aide de vérins hydrauliques.

Le montage du cintre se fera au moyen d'un pont suspendu constitué par trois groupes de câbles porteurs (fig. 8). L'ensemble est contreventé par un réseau de câbles qui en assure la stabilité (fig. 9). Les suspentes sont des câbles rigides de 8,1 mm de diamètre et les câbles porteurs, au nombre de 15, sont réunis en trois groupes de 5.

Le bois du cintre est au maximum sollicité à 78 kg/cm² car on a adopté un ordre de bétonnage spécial. Ce bétonnage comprend trois couronnes et le bétonnage de la première se subdivise en deux étapes, une de trois rouleaux et l'autre de deux.

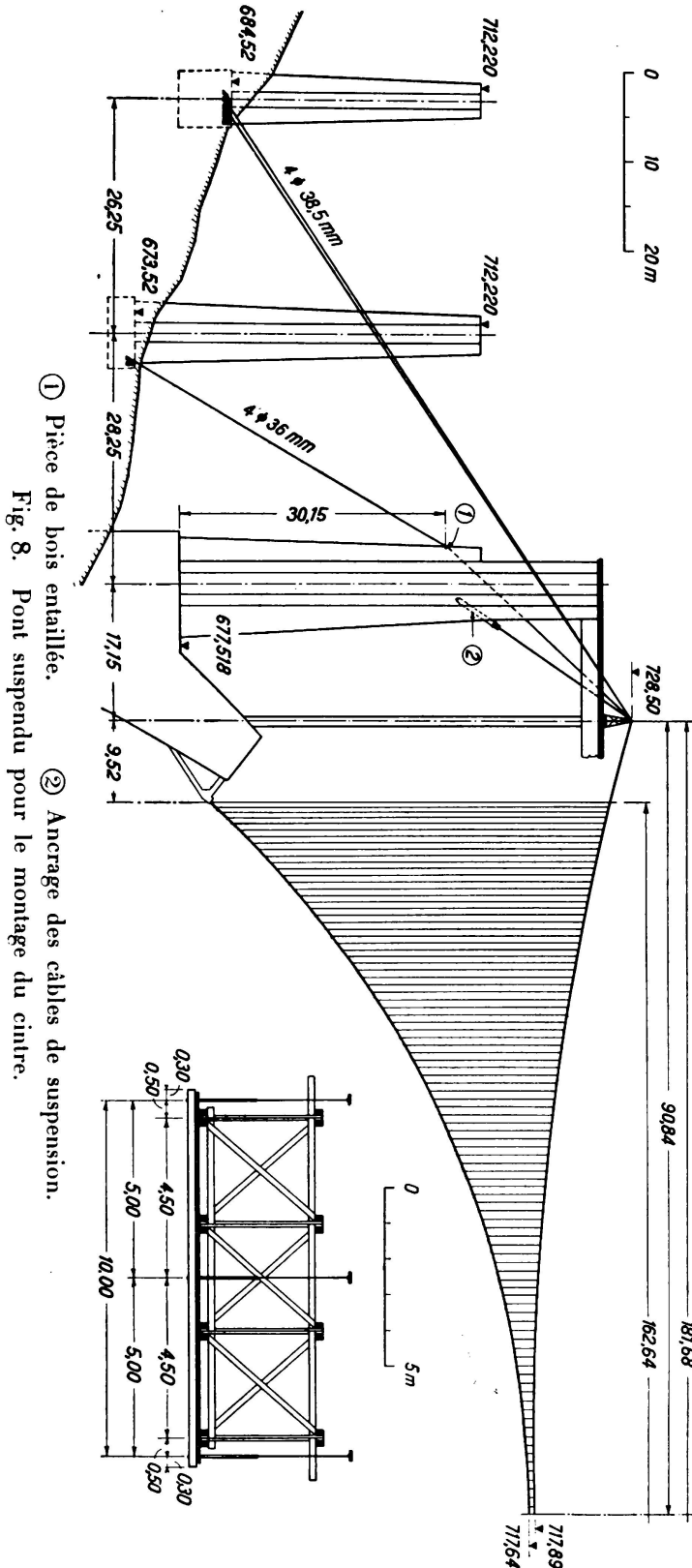


Fig. 8. Pont suspendu pour le montage du cintre. ① Pièce de bois entaillée. ② Ancrage des câbles de suspension.

Le décintrage et les corrections se feront à l'aide de 36 vérins hydrauliques placés à la clef.

On a prévu 86 ausculteurs noyés dans la masse de béton. Cela permettra de contrôler en tout temps la plus ou moins grande exactitude des calculs et des

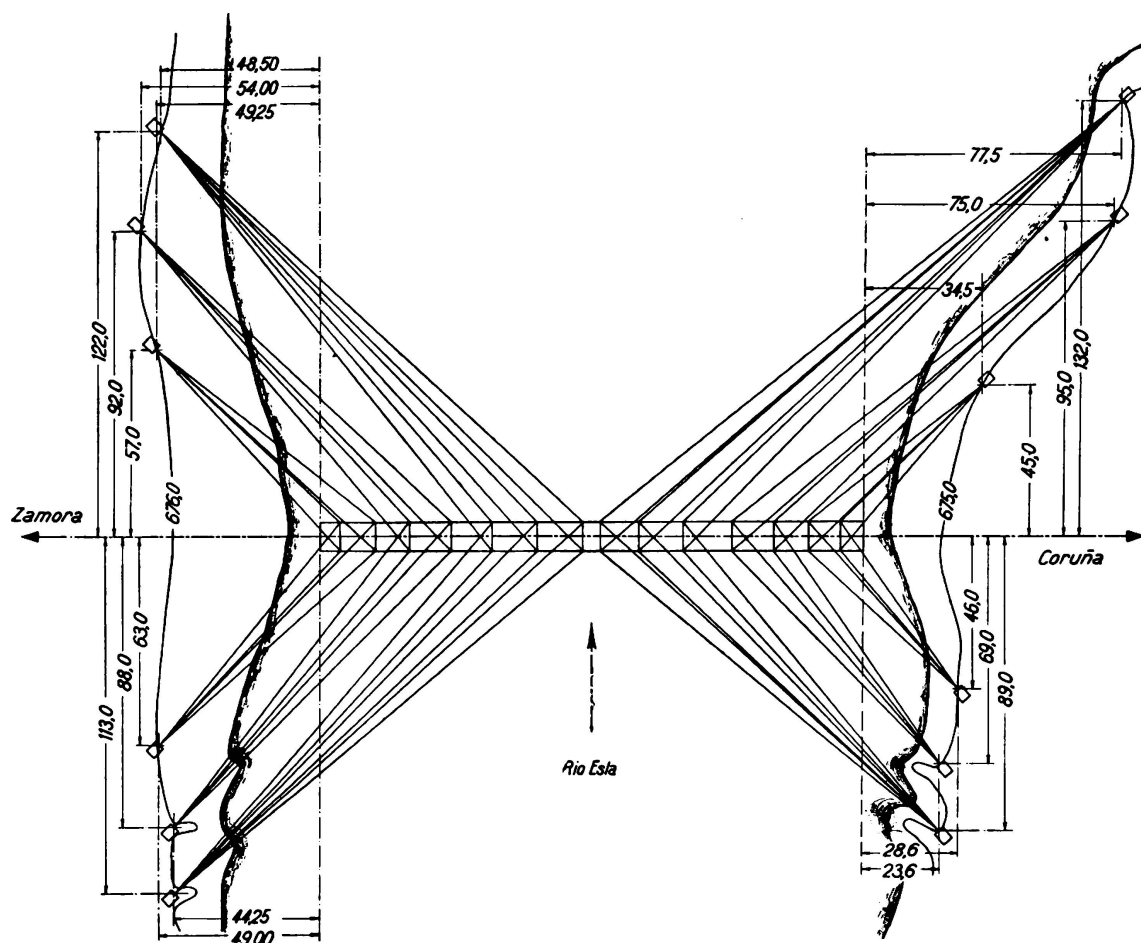


Fig. 9.

Réseau de câbles assurant la stabilité du cintre.

hypothèses. L'ouvrage est situé dans une région à climat rude et sec; les observations pourront fournir des résultats très intéressants sur le retrait et la déformation lente, surtout si on les compare avec les résultats obtenus aux deux ponts de Plougastel et de Traneberg, situés sur les côtes du Nord où le climat est humide et froid.