

# Application de l'acier dans la construction des ponts: généralités et détails

Autor(en): **Schaper, G.**

Objektyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2987>

## **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.

## VII a 7

Application de l'acier dans la construction des ponts;  
généralités et détails.

Anwendung des Stahles im Brückenbau.  
Allgemeines und Einzelheiten.

Use of Steel in Bridge Building. In General and in Detail.

Geheimrat Dr. Ing. G. Schaper,  
Reichsbahndirektor, Hauptverwaltung Berlin.

### Introduction.

C'est un fait connu que l'emploi de l'acier dans la construction de ponts peut concourir avec d'autres matériaux tels que le bois, la pierre, le béton et le béton armé lorsque la hauteur de construction dont on dispose est réduite ou lorsqu'un sol mauvais ou d'autres conditions obligent à choisir de grandes ouvertures. Avant tout ceci peut-être, on fit en sorte autrefois d'exécuter les ouvrages en accord harmonieux avec les environs. Lorsque l'on exige que l'Ingénieur attache la plus grande attention à la conformation artistique du tout aussi bien que des détails, l'Ingénieur demandera le conseil de l'Architecte lorsqu'il s'agit d'ouvrages importants. Il faut en outre exiger de ce dernier qu'il tienne compte de la transmission des forces et de la question du coût. Ce n'est que par une collaboration étroite que l'on pourra construire des ouvrages aptes à supporter la critique de la postérité. Pour décider du mode de construction à adopter on se servira avec avantages de modèles réduits ou de photographies des lieux sur lesquels on reportera l'ouvrage projeté. En Allemagne on exécuta dernièrement, surtout pour la construction des nouvelles autostrades du Reich un grand nombre de ponts, les uns rivés et les autres soudés. Nous décrirons dans la suite quelques-uns de ces nombreux ouvrages.

### I. — Cadres.

#### 1<sup>er</sup> Exemple.

La fig. 1 représente un cadre à deux articulations, à âme pleine, soudé avec axe polygonal, agréable à voir. La distance des articulations est de 21,2 m. Comme la membrure inférieure est horizontale au-dessus de la chaussée de la route, la hauteur du gabarit est constante sur la route et pour les trottoirs la hauteur est encore tout-à-fait suffisante. Au-dessus des parties obliques, le tablier est supporté par des colonnes posées sur les poutres-maîtresses. Les joints des âmes se trouvent à peu près à l'endroit où les moments sont nuls. Quant aux semelles, elles sont continues sur toute la longueur, sans joint.

Aucune prescription spéciale ne fut nécessaire pour la conformation des angles. Les extrémités du cadre sont renforcées ainsi qu'il était nécessaire. La disposition du tablier est visible dans la section.

Toute la superstructure fut complètement soudée à l'atelier et transportée par chemin de fer sur le chantier.

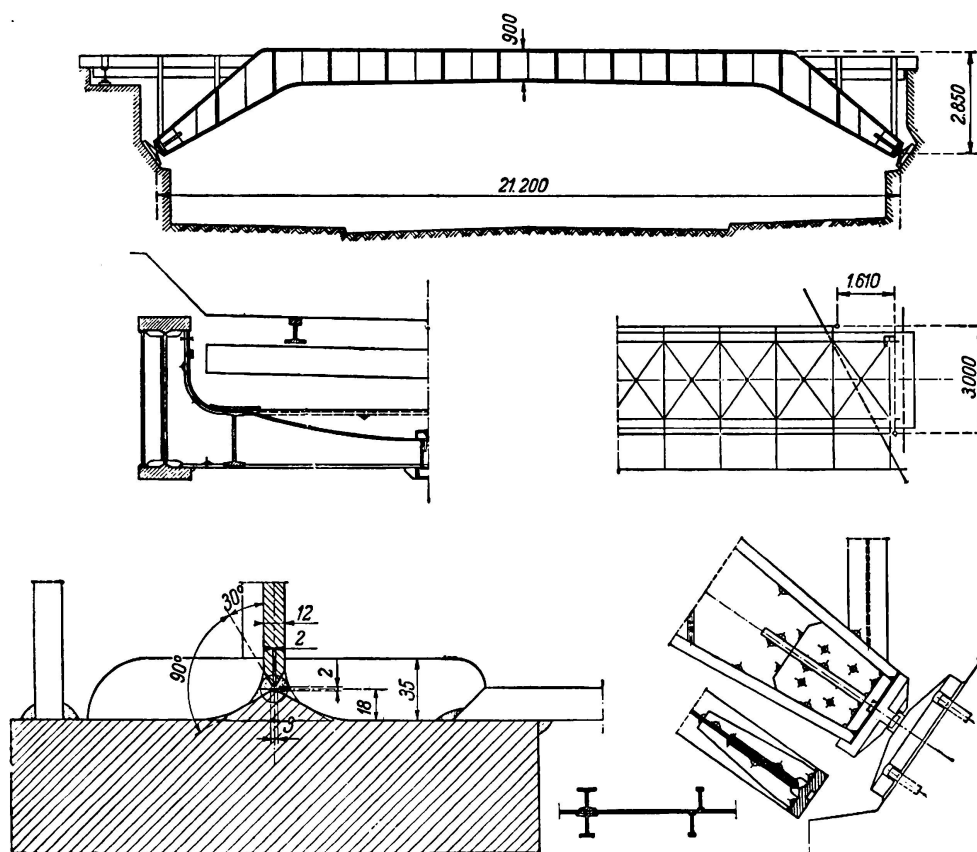


Fig. 1.

### 2<sup>e</sup> Exemple.

La fig. 2 représente des cadres à deux articulations servant au passage d'une route nationale, à droite au-dessus d'une ligne de chemin de fer et à gauche au-dessus d'une autostrade du Reich. Lors de l'exécution de cet ouvrage, comme d'ailleurs de tous les ouvrages des autostrades du Reich, on attachait une grande importance à l'aspect extérieur. Par l'exécution des murs, la disposition des remblais et la continuation des corniches, ainsi que par les lignes tendues des constructions métalliques avec trottoirs en encorbellement, produisant d'heureux effets d'ombre, on a réalisé un ouvrage très harmonieux qui s'accorde très bien avec le paysage. La distance des articulations est de 33 m dans les cadres franchissant l'autostrade.

### 3<sup>e</sup> Exemple.

La fig. 3 représente un cadre à deux articulations à âme simple, la fig. 3a, en construction rivée et la fig. 3b en construction soudée. Dans le cadre rivé (3a), la membrure inférieure est amenée en position verticale par une

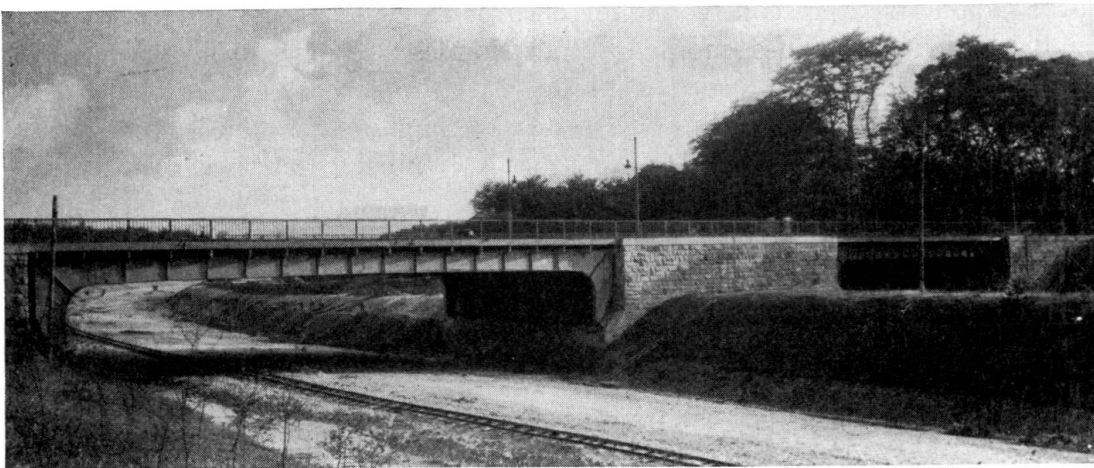


Fig. 2.

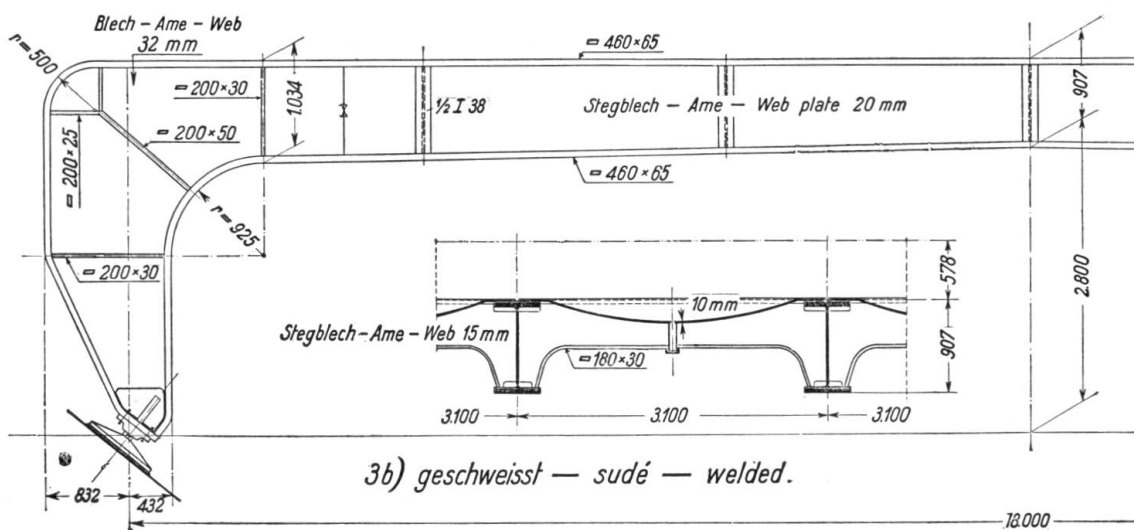
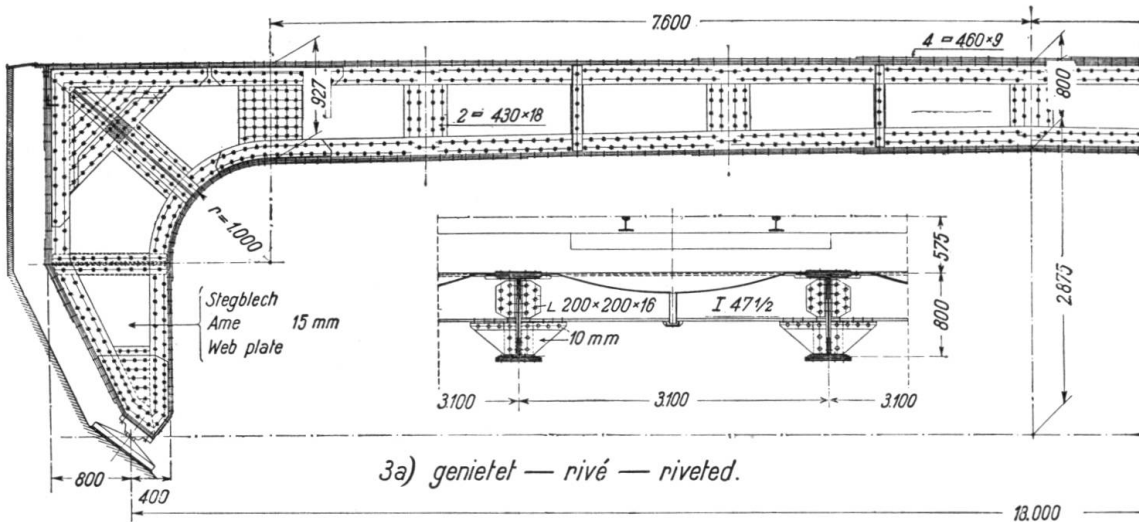


Fig. 3.

Cadre à deux articulations, à âme pleine.



courbe adoucie. Par contre la membrure supérieure de la traverse et la membrure extérieure des montants sont jointes à angle droit. Les cornières des membrures se raccordent suivant la bissectrice. Les semelles de la traverse, dont l'une des supérieures a été maintenue plus large pour la fixation des tôles embouties, ainsi que la semelle extérieure du montant, se terminent à l'angle. Comme les forces qui agissent dans ces semelles et dans les cornières ne peuvent, sans excès de contrainte, être transmises par cette dernière seulement, on a relié les ailes des cornières de ces deux membrures par des couvre-joints de 30 mm appliqués de chaque côté, qui sont aussi assemblés à l'âme d'angle par l'introduction de tôles de fourrure. La tôle d'angle s'étend sur toute la hauteur des montants jusqu'aux appuis. L'âme de la traverse a un joint au début de la courbure. Le joint est recouvert des deux côtés par des couvre-joints. Suivant la bissectrice de l'angle on a disposé de forts raidisseurs. La paroi du pied du cadre est renforcée par des tôles appliquées des deux côtés. Les cornières et la semelle de la membrure inférieure vont d'un appui à l'autre sans aucun joint.

La fig. 3b montre combien plus simple et, au point de vue esthétique, combien plus satisfaisant est un cadre à deux articulations exécuté en construction soudée. Les deux poutres-maitresses appartiennent au même ouvrage, ont les mêmes dimensions et sont toutes deux exécutées en acier St 37. Les poutres principales rivées pèsent 19,4 t par pièce et les soudées 14,3 t. La construction des poutres soudées est simple. La membrure supérieure constituée d'un profilé à bourrelet *Dörnen*<sup>1</sup> 460 · 65 passe sans aucun joint dans les montants et va par conséquent en une pièce d'un appui à l'autre sur toute la superstructure de 18 m de portée. La membrure inférieure constituée de même est aussi d'une seule pièce. Les deux profilés sont reliés ensemble à leurs extrémités par une soudure en forme de V. L'âme est renforcée près des appuis par des tôles de 10 mm appliquées des deux côtés, assemblées en haut à l'âme par des soudures d'angle et usinées des autres côtés en même temps que l'âme, afin de pouvoir les assembler par soudure aux semelles (les prescriptions actuelles pour le calcul permettraient encore une simplification en employant au lieu d'une âme avec application de tôles de 10 mm *une seule* âme d'épaisseur correspondante aux appuis, contre laquelle serait soudée en bout l'âme proprement dite plus mince). Afin d'éviter un effet d'ondulation produit par les grosses forces de compression, on a relié les tôles appliquées et l'âme par des rivets (ce travail de rivetage serait naturellement supprimé, lors de l'emploi d'une âme plus épaisse). Les raidisseurs sont encore soudés aux membrures. Aujourd'hui on introduirait dans les parties des membrures soumises à la traction des petites plaques d'égalisation pour autant que l'exigent les contraintes de flexion d'après les prescriptions.

## II. — Arcs non rigides.

### 1<sup>er</sup> Exemple.

Au cours de ces dernières années on a souvent fait usage en Allemagne des poutres du type *Langer* (ingénieur autrichien qui découvrit ce système) avec

<sup>1</sup> cf. fig. 5 du rapport III d, Kommerell.

poutre raidisseuse à âme pleine. Ainsi que le montre la fig. 4 on obtient ainsi des ponts assis et beaux qui s'harmonisent très bien avec le paysage. L'ouverture principale franchit le cours d'eau en *un seul* arc qui se termine par des travées

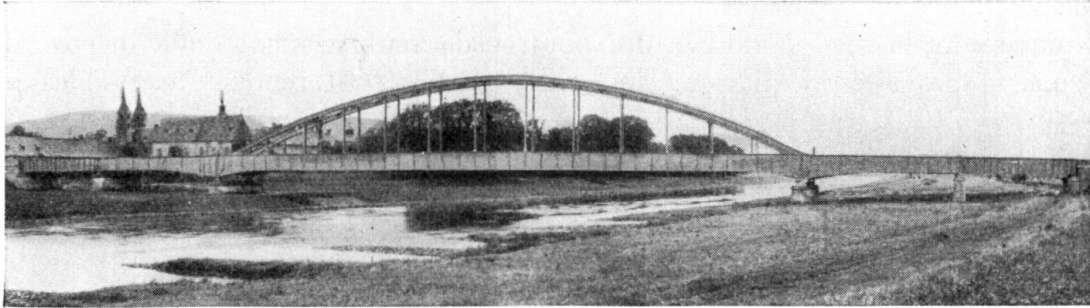


Fig. 4.

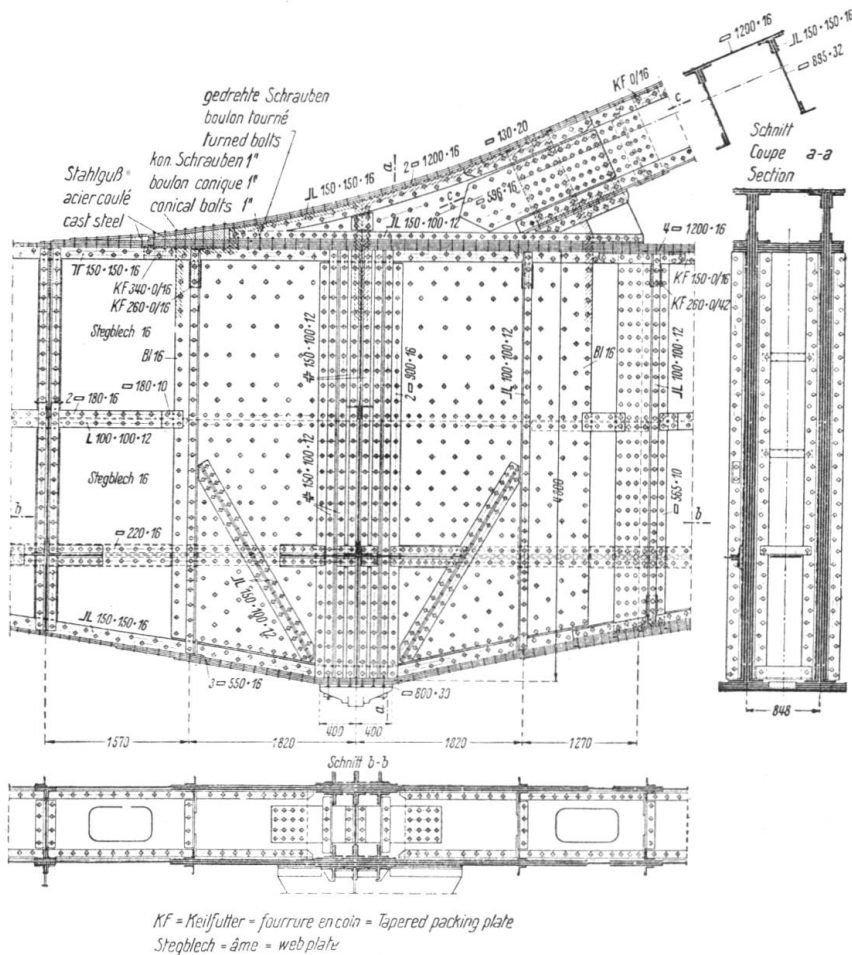


Fig. 5.

de rives nettement plus petites, en poutres à âme pleine de même hauteur que la poutre de renforcement de l'ouverture principale et forment avec cette dernière une poutre continue. L'ouverture principale est appuyée d'une manière naturelle et agréable par la troisième membrure — l'arc — de la poutre du type *Langer*. L'ouverture centrale a une portée d'environ 120 m, les ouvertures adjacentes en porte-à-faux une portée de 33,4 m et les ouvertures finales aux



2<sup>e</sup> Exemple.

Un autre exemple de poutre de 103 m de portée du type *Langer* complètement soudée est représenté à la fig. 9. Les nœuds de l'arc non rigide sont tracés sur une parabole. Les différentes barres ont une courbure continue. La poutre raidisseuse a une âme simple mais l'arc non rigide est exécuté à âme double. La poutre raidisseuse est suspendue à l'arc non rigide par des barres de suspension, constituées par des fers ronds. A côté de la superstructure terminée on voit des parties de la superstructure voisine en construction, parties qui sont disposées entre des dispositifs rotatifs tels que l'on puisse exécuter les cordons de soudure en position horizontale.

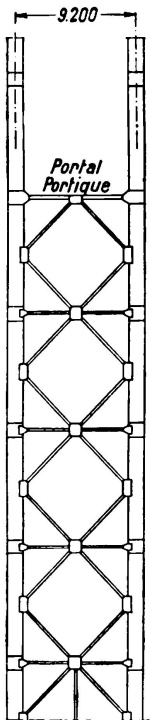


Fig. 7.

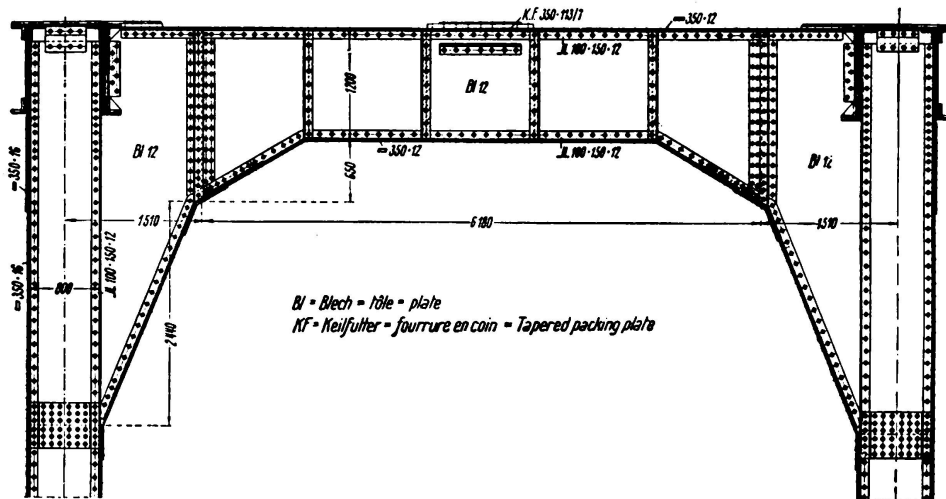


Fig. 8.

III. — Poutres à âme pleine.

Le tracé de l'axe des autostrades rend souvent nécessaire la construction de grands ponts dans les régions montagneuses et vallonnées.

1<sup>er</sup> Exemple.

Cet exemple montre une poutre à âme pleine continue sur trois travées avec portées de 90, 108 et 90 m (fig. 10). Outre le point de vue esthétique, les conditions du sol donnaient l'avantage à cette solution. Les deux piles se composent chacune de deux tours de béton armé reposant sur une fondation commune. Elles sont reliées entre elles, au haut, par une traverse massive (fig. 11). L'intérieur des tours est maintenu accessible. Ce pont supporte deux chaussées juxtaposées de 7,5 m chacune, situées à 68 m au-dessus du fond de la vallée. Le tablier, composé de deux dalles distinctes de béton armé (fig. 12) repose sur des longrines continues en I 50 reliées aux entretoises distantes de 6 m par des sabots et des appuis latéraux. Malgré la grande rigidité de la

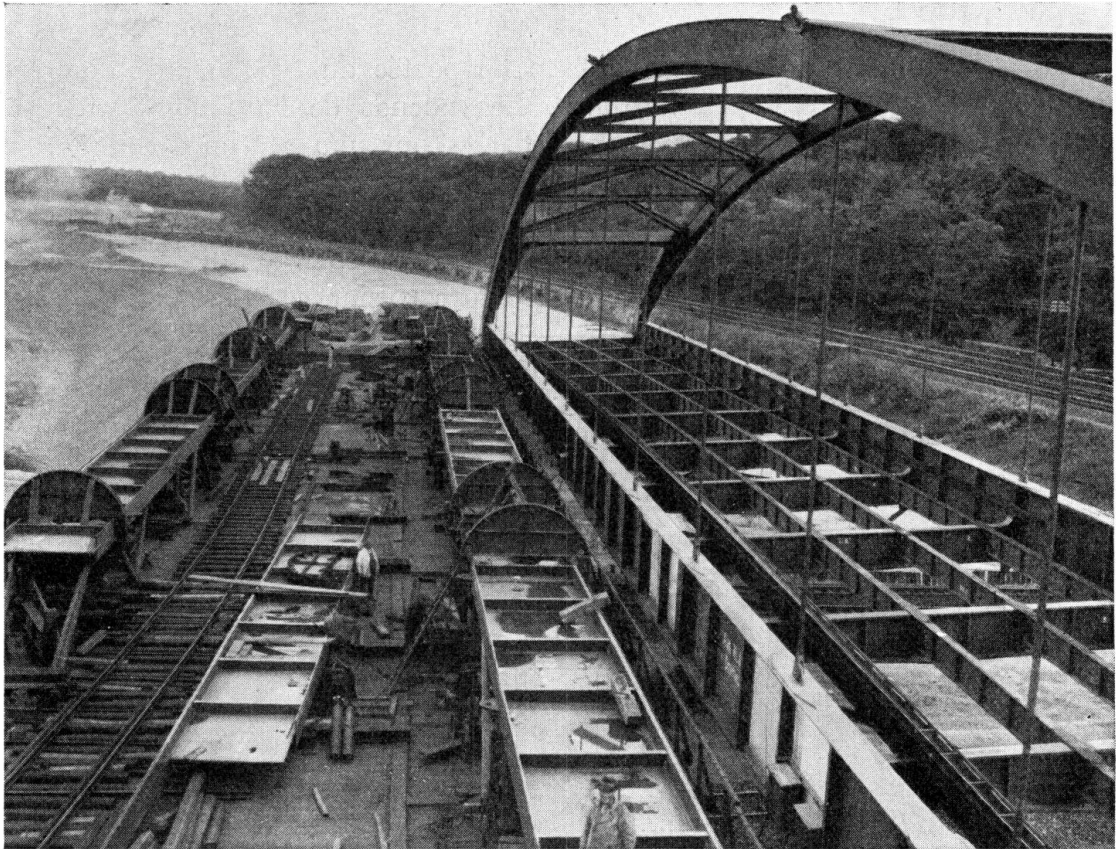


Fig. 9.

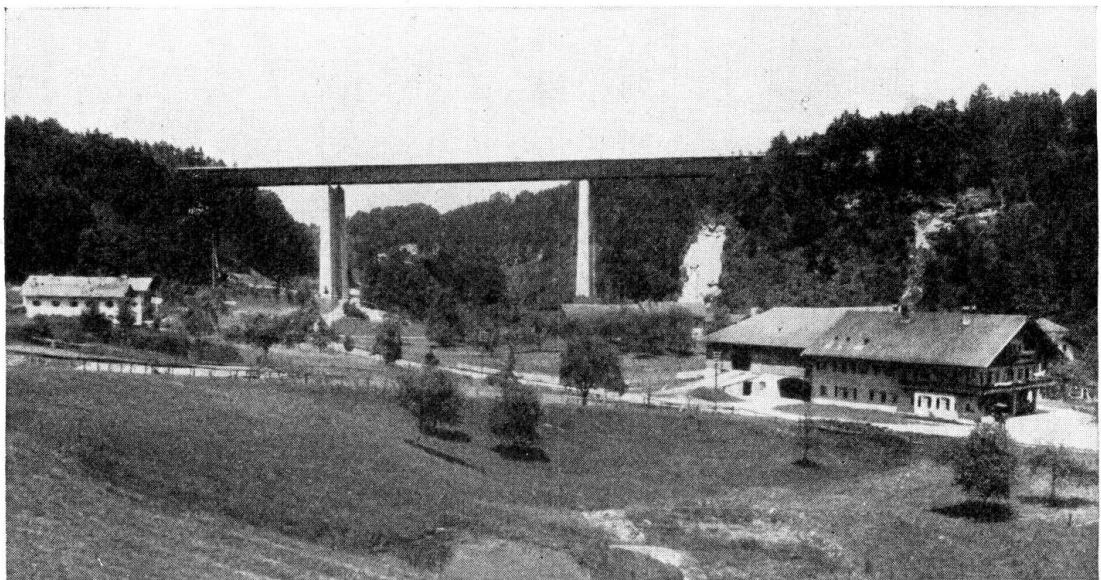


Fig. 10.

dalle du tablier on a prévu à la hauteur de la membrure inférieure des entretoises un contreventement en K, qui était nécessaire aussi comme liaison de montage. Les entretoises sont en demi-cadres (fig. 13) afin de renforcer latéralement la membrure inférieure des poutres principales. L'âme des entretoises



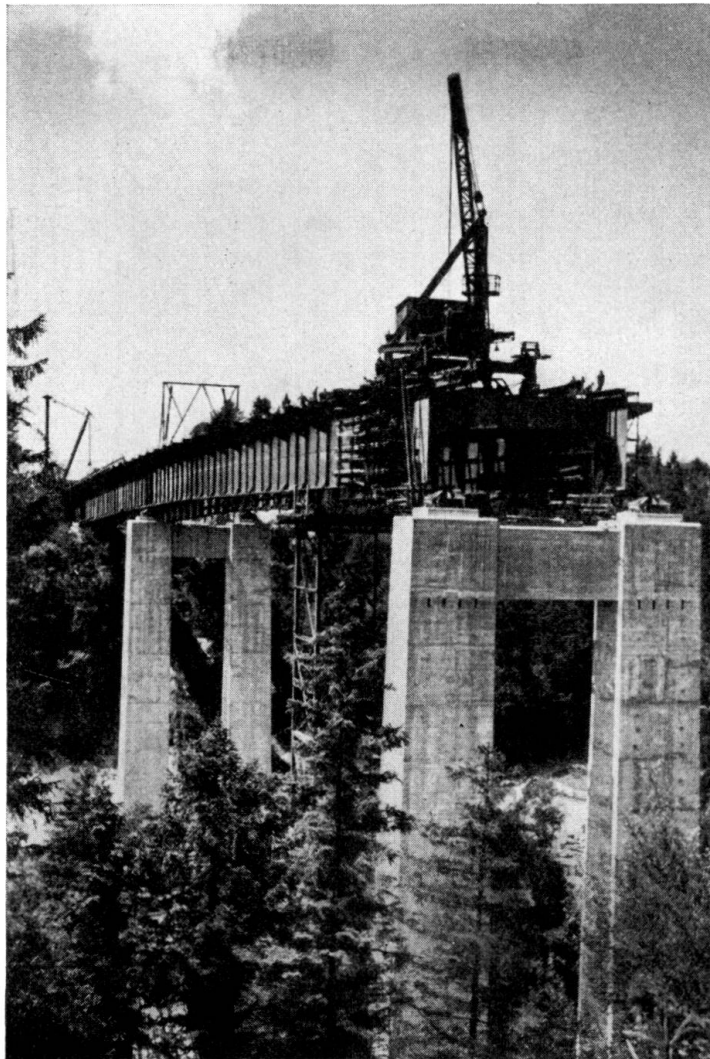


Fig. 11.

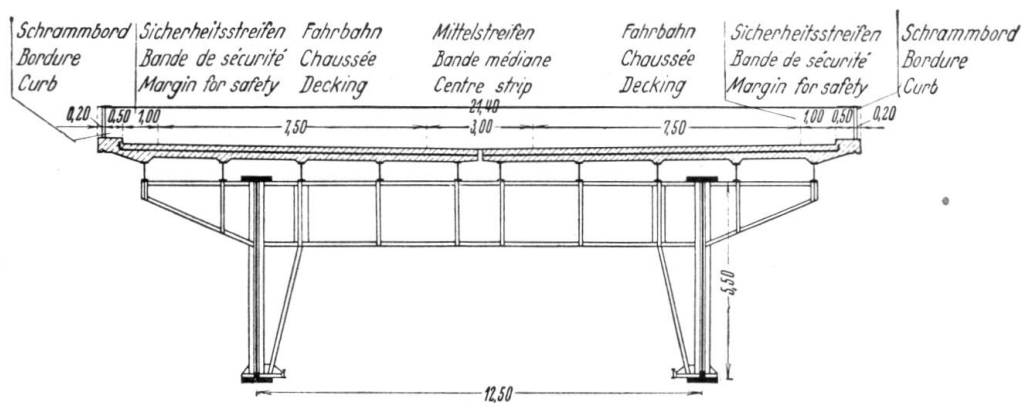


Fig. 12.

a une hauteur de 1,8 m. L'âme des encorbellements, comme d'ailleurs celle des entretoises, est jointe de bout contre la poutre-maîtresse. Une transmission directe des forces de traction des encorbellements aux entretoises n'est pas possible car l'âme de la poutre principale ne peut pas être fendue. Les forces



trouvent à quelques exceptions près distants de 12 m. Pour des raisons d'esthétique on a placé les raidisseurs horizontaux constitués de 3 Z — 18 du côté intérieur des poutres principales. De l'extérieur on ne voit que les raidisseurs verticaux. Les membrures des poutres principales (fig. 14) se composent de deux cornières 200 · 200 · 20 et de semelles 850 · 20 dont le nombre est adapté à l'allure des courbes des moments de flexion.

A chaque point d'appui on a disposé des renforcements spéciaux et des encorbellements afin de permettre la mise en place de vérins hydrauliques.

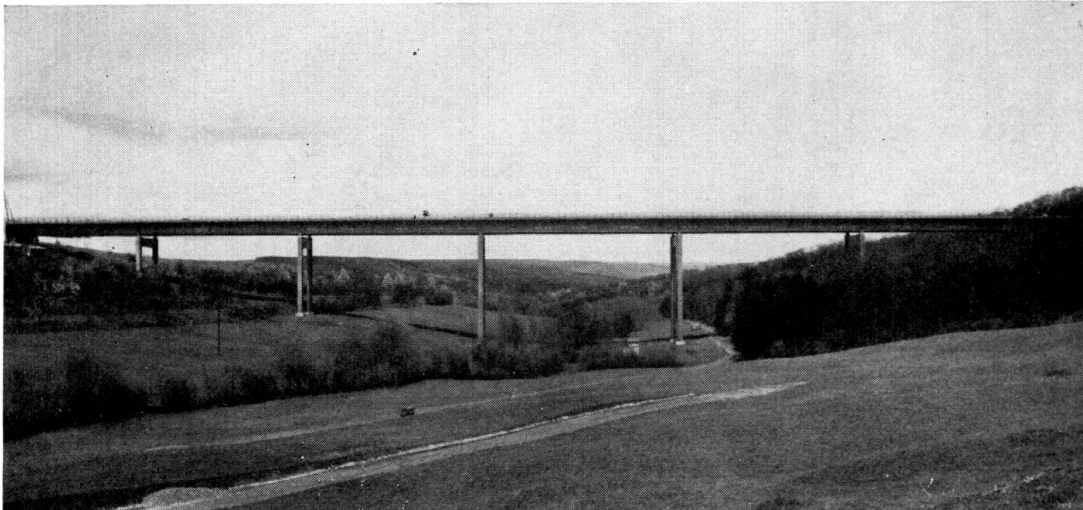


Fig. 15.

Afin de rendre accessible dans l'avenir aussi, les parties de la superstructure situées sous le tablier à une grande hauteur au-dessus de la vallée, on a construit entre les poutres-maîtresses un chariot d'inspection qui peut se déplacer sur toute la longueur de l'ouvrage.

On utilisa comme matériau l'acier St 52 pour les poutres-maîtresses et les entretoises et l'acier St 37 pour toutes les autres parties de l'ouvrage.

Vu la grande hauteur entre la chaussée et le fond de la vallée, on a exécuté cette construction (cf. fig. 11) sans échafaudages.

## 2<sup>e</sup> Exemple.

Pour une longueur totale de 365,4 m et une hauteur de 43 m au-dessus du fond de la vallée il fut possible d'adopter des portées moins grandes. La vallée fut traversée en 7 ouvertures. La plus grande portée est de 63,8 m dans l'ouverture du milieu et diminue de chaque côté jusqu'à 40,6 m (fig. 15).

Le tablier est supporté par des tôles bombées et on y a soudé des plats en liaison avec des fers obliques; on a ainsi obtenu une bonne collaboration avec le béton de remplissage (Schaechterle, directeur aux chemins de fer du Reich, Bautechnik 1934, p. 564: „Neue Fahrbahnkonstruktionen“). Les tôles embouties reposent sur des longrines I 45 distantes entre elles de 2,37 m. Le treillis nécessaire pour le montage sans échafaudages se trouve dans le plan des membrures inférieures des entretoises. Les entretoises, distantes de 5,8 m, sont prolongées en dehors des poutres-maîtresses par des encorbellements qui supportent une partie du tablier (fig. 16). Les efforts de traction des encorbellements



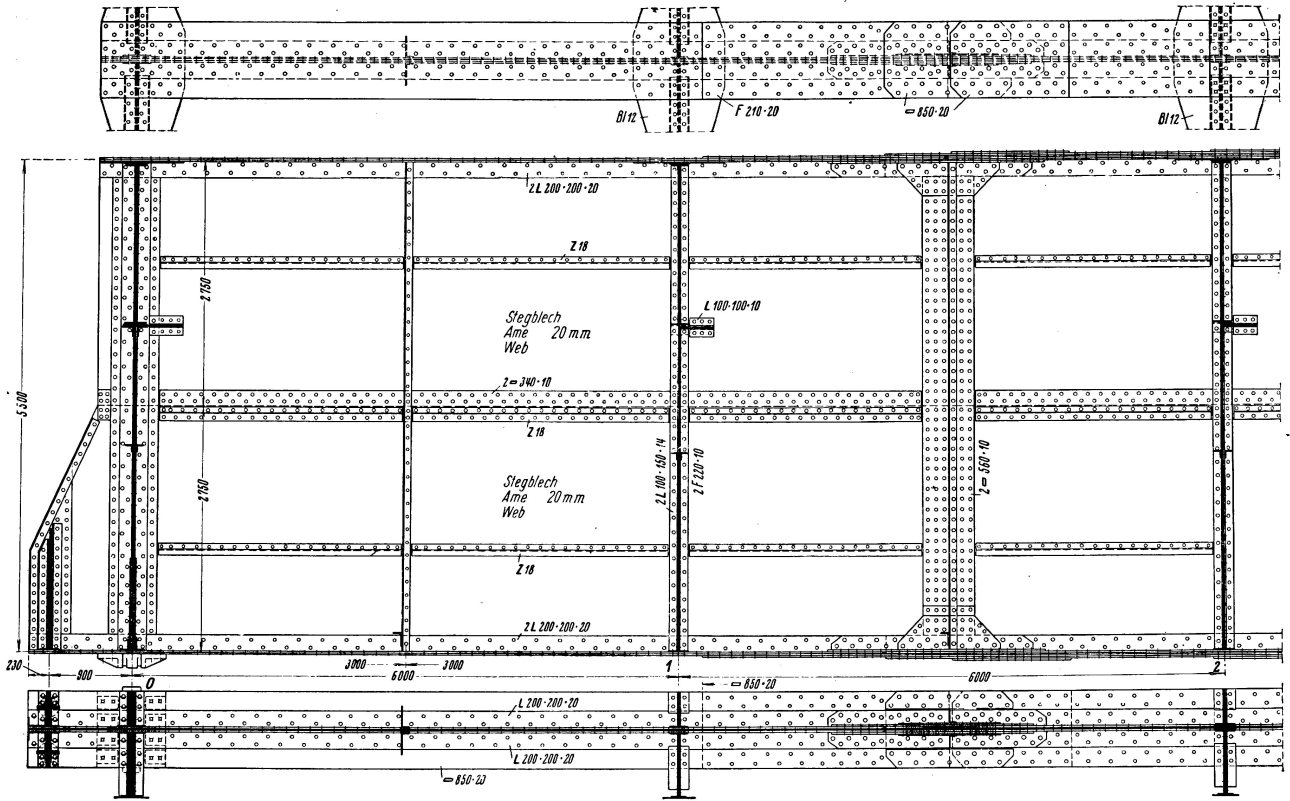


Fig. 14.  
Poutre principale entre les entretoises 0 et 2, vue intérieure.

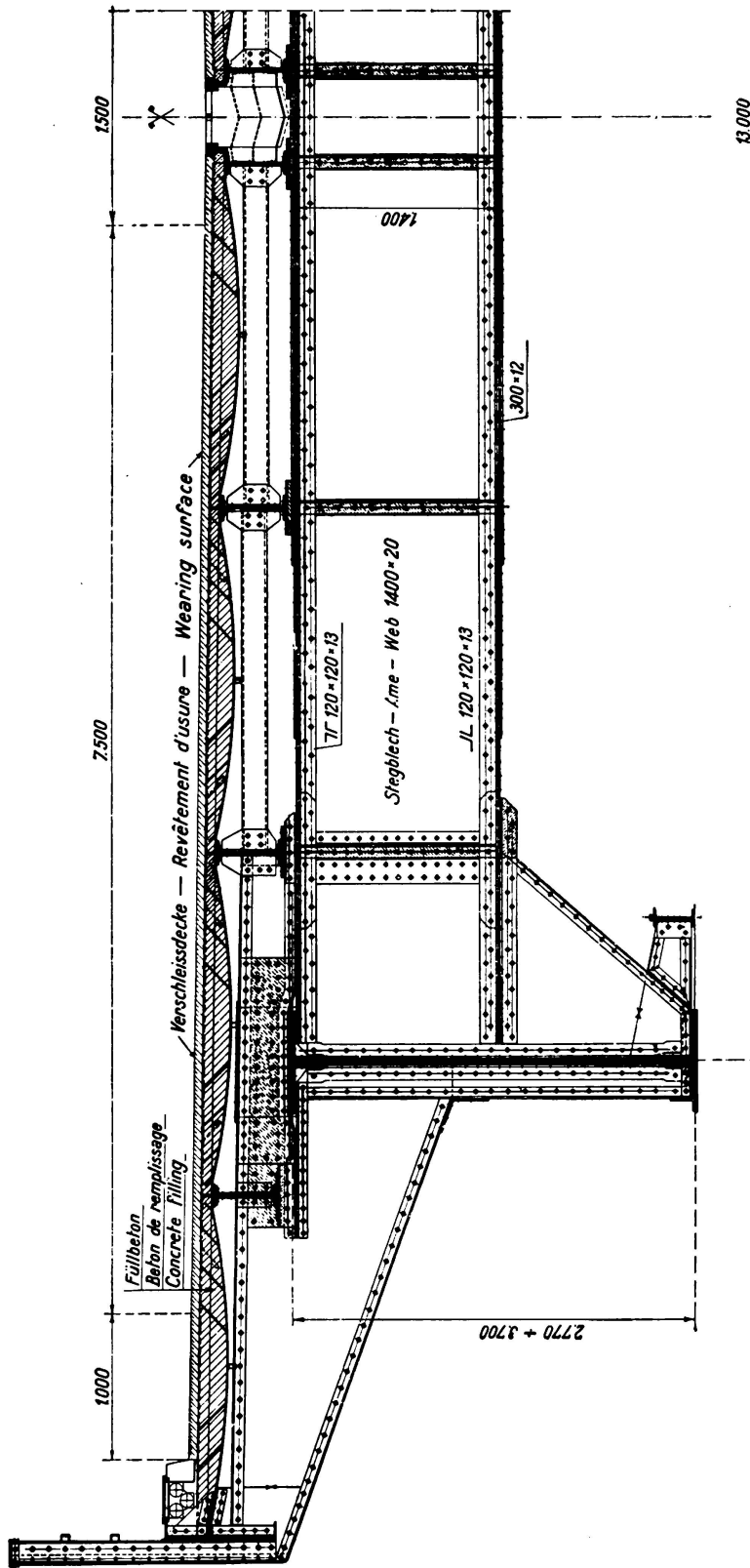
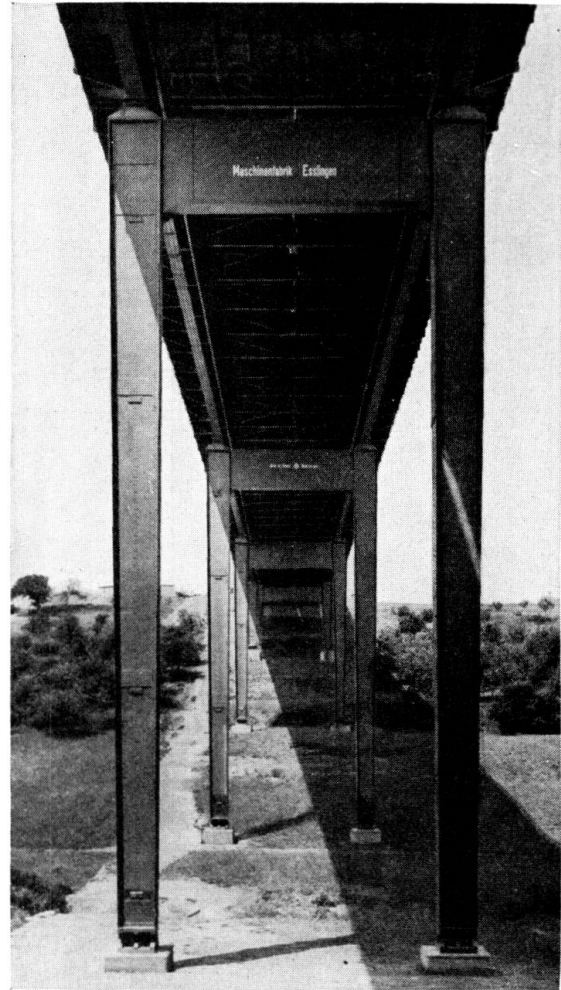
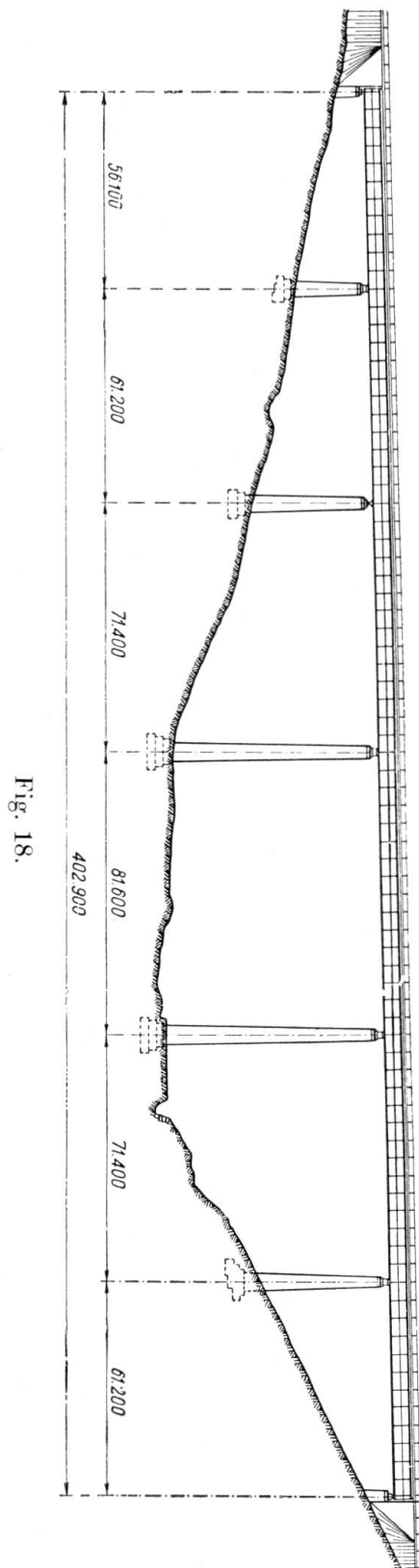


Fig. 16.  
Entretoise normale.

ments sont transmis au-dessus de la membrure supérieure des poutres principales par l'intermédiaires de la membrure supérieure des entretoises.

Les membrures des poutres principales se composent de  $\text{JL } 200 \cdot 200 \cdot 16$  et de semelles  $700 \cdot 16$  qui se conforment à l'allure de la courbe des moments.



Pour rendre plus agréable la vue de cet ouvrage très élancé on a adopté des piles très élancées. Elles sont en forme de cadre (fig. 17) avec section en caissons creux. Les montants du cadre s'amincissent vers le bas. La traverse haute de 3,20 m est aussi creuse et elle a des trous qui permettent l'accès à l'intérieur des

piles à partir du chariot d'inspection. Où la hauteur est grande on a exécuté d'une façon tout-à-fait rigide les angles des cadres. Par suite de la tendance du sol à glisser, on a exécuté des fondations distinctes et cylindriques qui opposent la plus faible résistance à des glissements superficiels du terrain.

### 3<sup>e</sup> Exemple.

Dans le pont représenté à la fig. 18 qui repose sur 5 piles massives, la dalle de béton armé du tablier repose sur des longrines ayant des appuis mobiles sur les entretoises (fig. 19). Pour la transmission des forces de freinage on a disposé dans chaque ouverture des treillis spéciaux. Pour la transmission des forces latérales il existe une liaison horizontale située dans le tiers supérieur des entretoises.

Les entretoises en portique soutiennent les membrures inférieures des poutres principales.

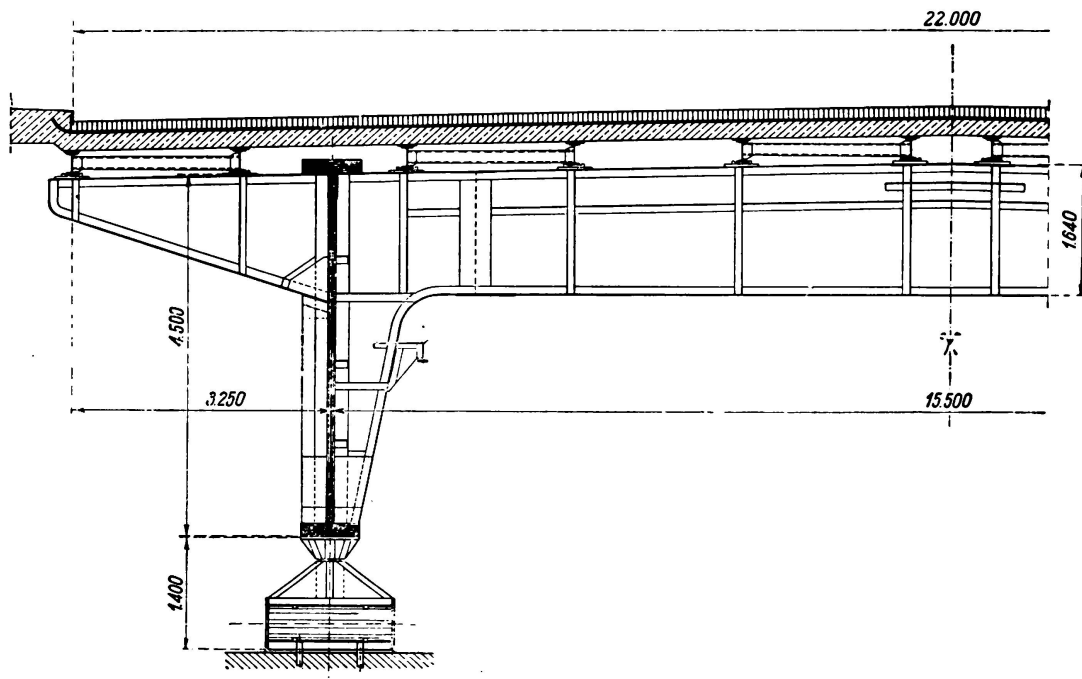


Fig. 19.

Entretoise au droit de l'appui.

## IV. — Ponts en treillis.

Outre les ouvrages à âme pleine dont nous venons de parler, il existe en Allemagne un grand nombre de ponts en treillis dont nous voulons montrer le plus intéressant.

### 1<sup>er</sup> Exemple.

La poutre continue sur deux ouvertures (fig. 20, en construction) avec longueur totale de 292 m et d'une hauteur de 16,5 m est un système avec diagonales seulement, sans montants. Cette disposition est tout-à-fait favorable pour les deux ponts juxtaposés (pont-route et pont-rails) et pour l'aspect des 4 poutres-maîtresses. Les poutres principales de chaque pont sont distantes de 10 m

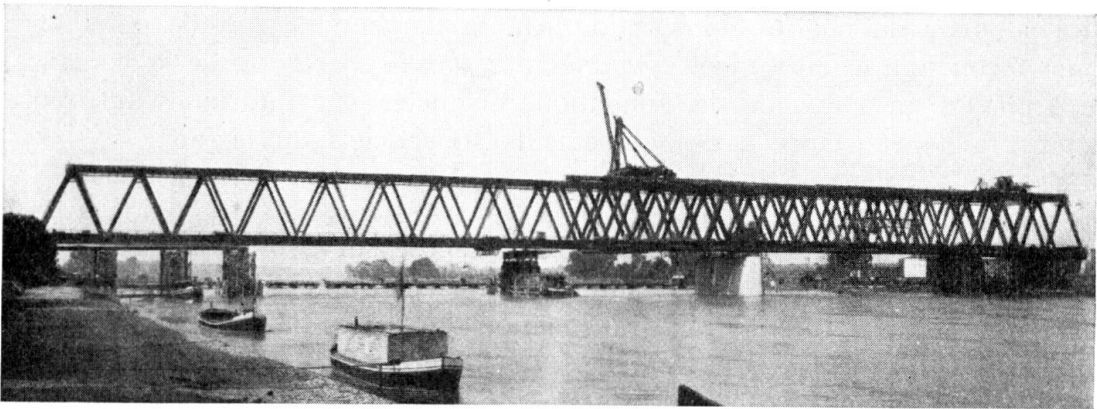


Fig. 20.

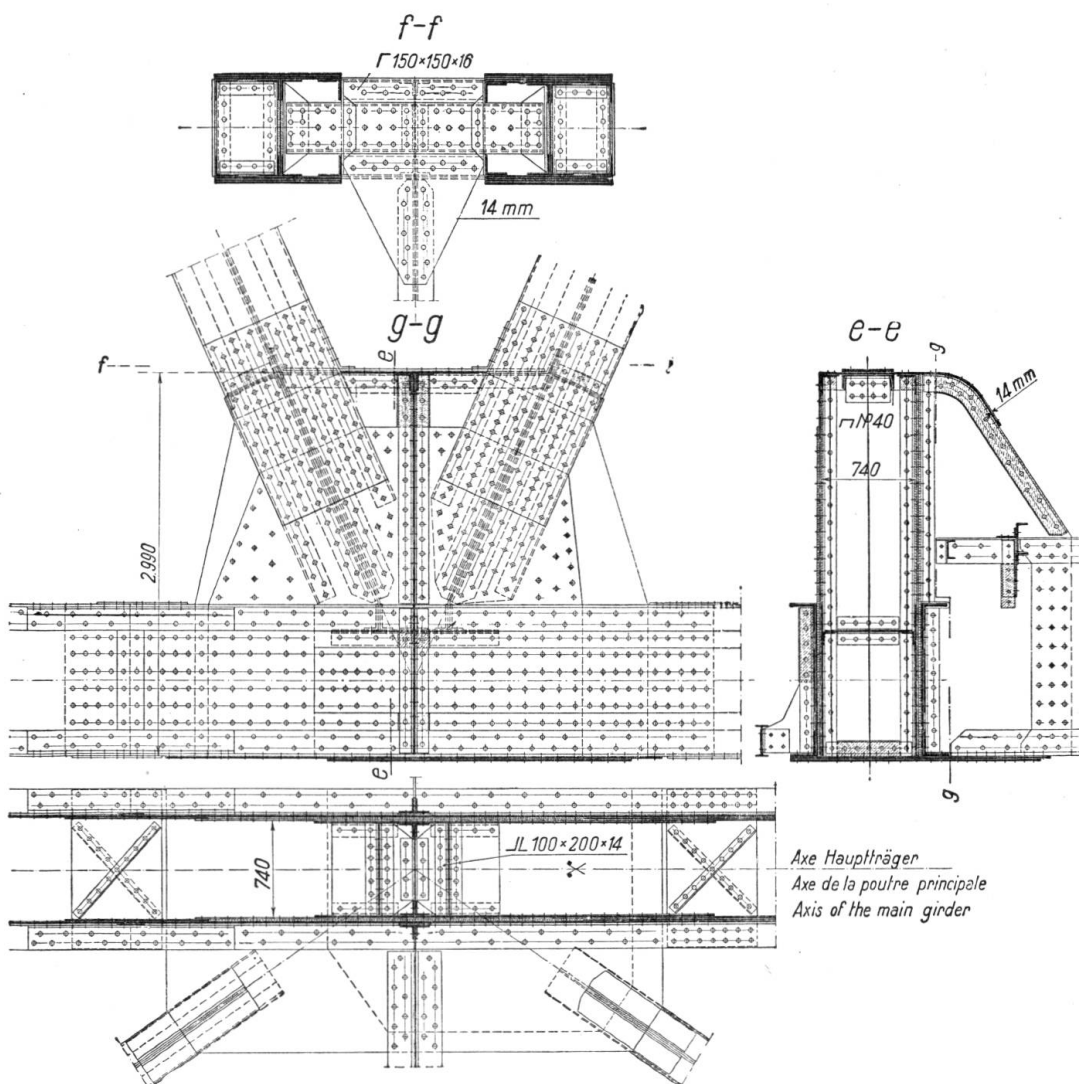


Fig. 21.

et les deux ponts sont éloignés de 4 m. Malgré les diagonales qui se croisent dans une vue oblique, l'ouvrage donne une impression de calme et d'équilibre, ce qui provient de l'absence des montants verticaux. Ce système présente une particularité vis-à-vis des autres exécutions; l'assemblage des entretoises est

spécialement à étudier au point de vue constructif et l'on doit en tenir compte dans l'exécution (fig. 21). Dans un système avec montants, le moment engendré par le fléchissement de l'entretoise est supporté par les montants. La transmission de ce moment devait être prise en considération dans les ponts-rails. Ce moment de flexion est transmis par un renforcement d'angle de 2,99 m de hauteur sur la forte cloison située entre les goussets qui, de son côté, le transmet de nouveau au gousset du contreventement inférieur et à la traverse à la hauteur du coin supérieur du renforcement. Cette traverse est assemblée aux âmes des deux diagonales. En ce point, les réactions d'appui de la traverse sont transmises aux diagonales qui les transmettent au contreventement supérieur et, par l'intermédiaire de la cloison horizontale entre la membrure inférieure à laquelle les âmes des diagonales sont liées, au contreventement inférieur.



Fig. 22.

### 2<sup>e</sup> Exemple.

La fig. 22 représente un ouvrage du même système qui, avec une longueur totale de 456,90 m, franchit la rivière en trois ouvertures de 212,2 m, 66 m et 178,7 m. Les deux piles médianes qui limitent l'ouverture de 66 m se trouvent sur une petite île au milieu de la rivière. Les poutres-mâîtresses ont 16 m de hauteur. Entre les deux poutres principales il y a une chaussée de 8,5 m de largeur et de chaque côté un trottoir de 2 m. On utilisa l'acier St 52 pour les poutres-mâîtresses et l'acier St 37 pour toutes les autres parties de la construction. La chaussée se compose d'une couche d'asphalte de 6 cm d'épaisseur sur des tôles embouties remplies de béton. Les réactions d'appui du contreventement supérieur constitué de barres croisées sont transmises aux piles par l'intermédiaire de portiques placés dans le plan des diagonales.

### 3<sup>e</sup> Exemple.

Citons encore un pont des autostrades du Reich, d'une longueur totale de 456 m et qui doit traverser le fleuve avec une portée de 130 m.

Avant de fixer le choix du système on fit de nombreuses recherches en vue d'adapter le mieux possible le pont avec le paysage. Le cadre de ce travail ne

nous permet pas de nous étendre plus longuement sur ces recherches; nous renvoyons à la littérature (ROR Weiss, Bautechnik 1935, p. 473).

Le projet exécuté (fig. 23) est une poutre en treillis, rivée, continue sur 5 ouvertures avec chaussée située en haut. La hauteur du système (5,2 m) est la même que dans l'ouverture centrale, afin d'avoir un aspect régulier. A ce pont s'ajoutent des travées de rive en poutres à âme pleine soudées. Les deux chaus-

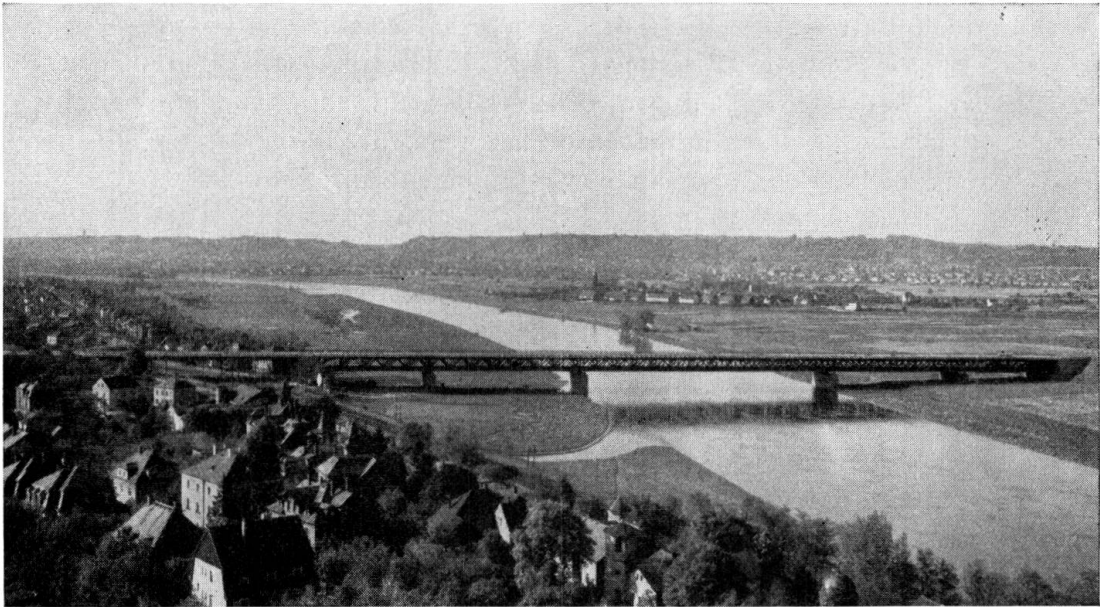


Fig. 23.

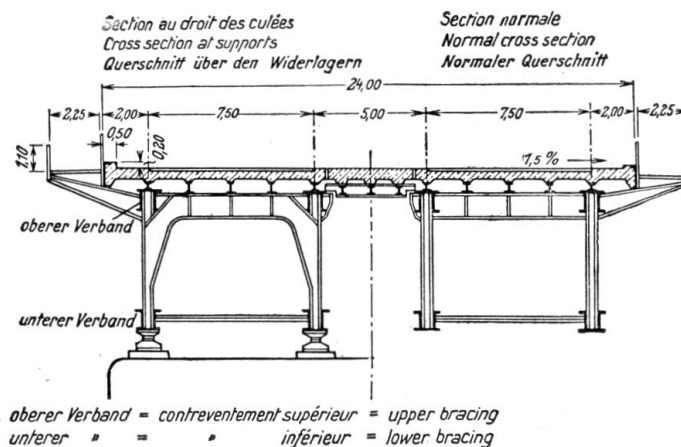


Fig. 24.

sées de l'autostrade sont distinctes sur le pont principal ainsi que le montre la section de la fig. 24. Le tablier, dalle de béton armé divisée par des joints, repose sur des longrines continues constituées de profilés normaux. Leurs appuis sont mobiles sur les entretoises et les encorbellements qui, outre l'autostrade proprement dite, supportent encore d'un côté un trottoir à piétons et de l'autre côté un trottoir à vélos. La distance des poutres-maîtresses, déterminante pour le dimensionnement des entretoises est de 7,5 m. Les encorbellements ont une longueur de 4,25 m et ils ont à leur assemblage aux entretoises la même hauteur



que ces dernières. L'espace compris entre les deux tabliers est fermé par une dalle de béton armé qui repose sur des poutres accouplées, posées sur de petits encorbellements. Les entretoises se trouvent avec leur bord supérieur exacte-

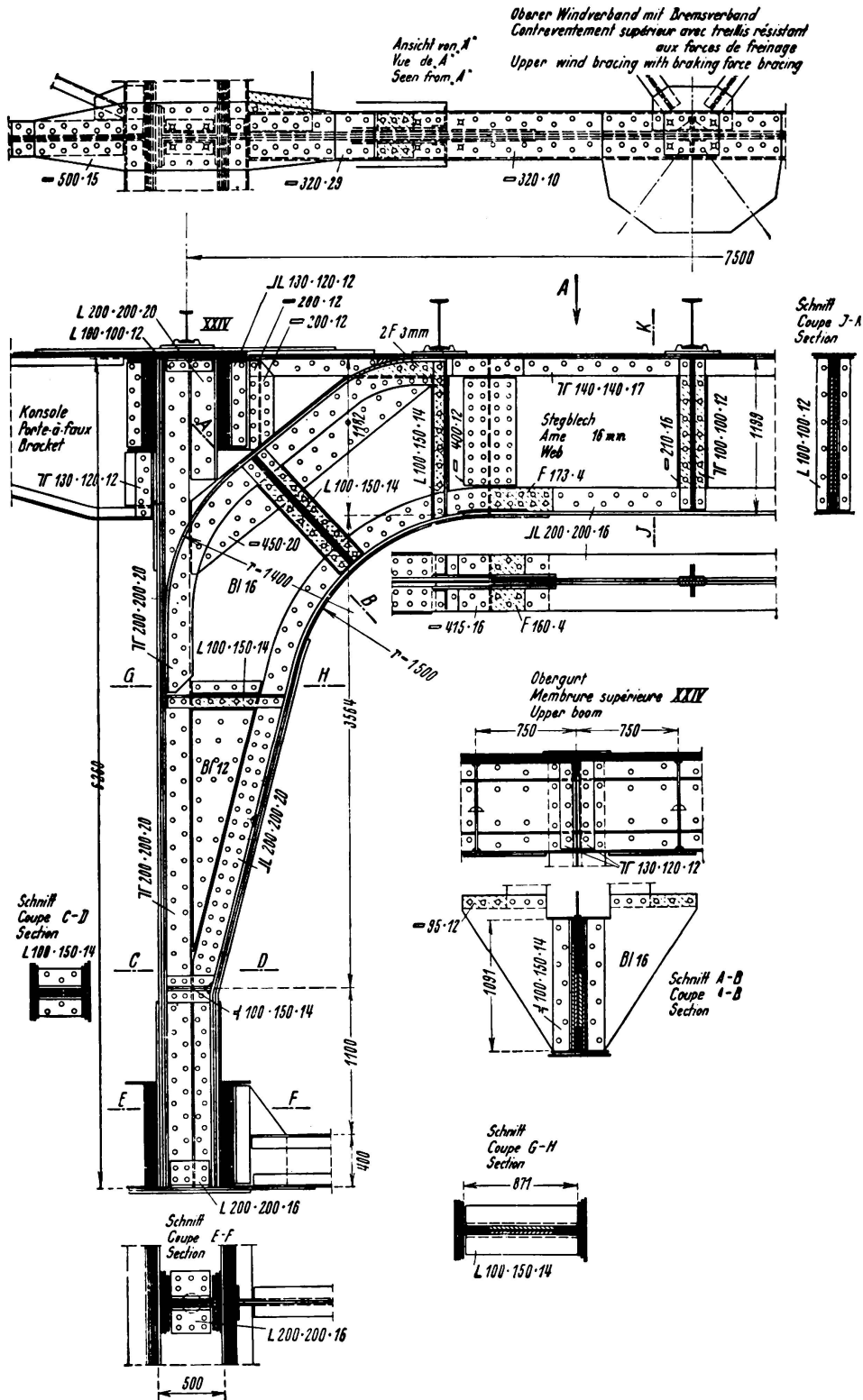


Fig. 25.

Vue du portique sur les piles II et III.





rhomboïdal) placés dans les plans des membrures supérieure et inférieure et qui reposent aussi sur 6 appuis. Le contreventement supérieur transmet ses réactions aux appuis au moyen de portiques très forts (fig. 25).



Fig. 27.

Dans les superstructures à âme pleine soudées des travées de rive (fig. 26), la distance des poutres principales est plus grande afin de réduire dans ces petites portées les forces additionnelles engendrées par les encorbellements, par réduction de la longueur de ces derniers.



Fig. 28.

#### 4<sup>e</sup> Exemple.

Un pont qui par ses dimensions dépasse de beaucoup ceux dont nous venons de parler est représenté à la fig. 27. La travée franchissant la rivière a une portée de 250 m. Les deux travées latérales ont une ouverture de 125 m. Ce pont est relié aux voies d'accès par 6 travées de rives en treillis de 45 m de portée chacune et un ouvrage d'accès de 87 m de longueur. La longueur totale du pont est de 857 m d'une culée à l'autre. Pour obtenir, à partir du pont, une vue sur la rivière et les rives on a été amené à choisir un pont cantilever. La

chaussée monte, sur les travées de rives, de 1 : 60 et sur les travées latérales de 1 : 125 afin d'atteindre dans l'ouverture centrale la hauteur prescrite au-dessus de l'eau de 9,1 m jusqu'au bord inférieure de la construction, ce qui rend la navigation possible même lors des hautes eaux. Les deux portiques ont une hauteur de 40 m au-dessus du niveau moyen des eaux. Pour une largeur de 19,5 m entre les garde-corps 11 m reviennent à la chaussée, 2 · 1 m aux trottoirs à vélos et 2 · 2,15 m aux trottoirs à piétons situés à l'extérieur des poutres-maitresses.

### 5<sup>e</sup> Exemple.

Pour terminer nous allons parler du pont en treillis à grande portée (fig. 28). La poutre continue sur deux ouvertures, en treillis rhomboïdal a dans l'ouverture principale une portée de 256 m et dans l'ouverture latérale une portée de 154 m. La hauteur du système est de 24 m. Si l'on ajoute les travées de rives, le pont a une longueur totale de 756 m. Entre les poutres principales se trouve une chaussée de 12 m de largeur et deux trottoirs à vélos de 1,5 m chacun. A l'extérieur des poutres principales il y a de chaque côté un trottoir de 2,75 m de largeur qui repose sur des poutres en porte-à-faux. Afin de réduire le poids du tablier on a disposé entre les noeuds principaux de la poutre en treillis rhomboïdal des montants qui transmettent leurs forces aux intersections des diagonales. Deux contreventements supportent les efforts horizontaux. Le contreventement supérieur transmet ses efforts aux appuis par l'intermédiaire des portiques extrêmes et du portique situé sur la pile médiane.

### Résumé.

On a construit au cours de ces dernières années un grand nombre de ponts métalliques. En opposition à l'ancienne conception de n'exécuter de tels ouvrages qu'en se basant sur le point de vue économique et technique, on admet aujourd'hui qu'il est nécessaire de disposer les ponts en harmonie avec les environs et d'utiliser toutes les possibilités d'accroître l'effet d'ensemble.

Dans la description des cadres nous démontrons l'heureuse exécution et l'agréable disposition du tout, aussi bien que la conformation appropriée des différentes parties.

Nous montrons trois exemples de viaducs construits pour les autostrades du Reich. A part quelques détails dans la disposition constructive, les superstructures de ces ponts, qui reposent tous sur des piles de béton ou d'acier, sont semblables.

D'autres exemples d'application de l'acier sont représentés par plusieurs poutres en treillis de différents systèmes.