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

Band: 2 (1936)

Artikel: Rapport général

Autor: Klöppel, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3104

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: 12.07.2025

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

VIIa

Rapport Général.

Generalreferat.

General Report.

Dr. Ing. K. Klöppel,
Leiter der technisch-wissenschaftlichen Abteilung des Deutschen Stahlbau-Verbandes, Berlin.

Parallèlement au désir d'augmenter toujours l'économie d'un mode de construction, ce sont les efforts faits au cours de ces dernières années pour améliorer la beauté de nos ponts qui ont encouragé d'une manière décisive le développement et l'application de la construction métallique. Un pont est une oeuvre qui caractérise une époque et il n'est pas rare aujourd'hui de voir adopter le projet offrant le plus de satisfaction au point de vue esthétique, même s'il ne représente pas la solution la plus économique du problème. Nous ne voulons naturellement pas dire par là que nos prédécesseurs n'ont pas attaché une attention suffisante au côté esthétique des ponts. Nous devons en effet à ces constructeurs, tout à la fois ingénieurs et architectes et jouissant d'une liberté de choix absolue, des ponts dont la beauté est au-dessus de toute critique et de toute question de mode. Mais nous admirons aussi l'audace des ingénieurs qui, vers le milieu du siècle passé, ont construit des ponts de grande portée tels que le pont Britannia ou le pont de la Vistule, en Allemagne orientale. Tout en appréciant le côté esthétique des ponts, nous ne voulons cependant pas mépriser les ingénieurs qui, entraînés par le magnifique développement de la statique, avant et vers 1900, se sont appliqués à choisir des systèmes statiquement très compliqués et à utiliser le moins de matériau possible. Le développement de la statique appliquée aux constructions métalliques est actuellement si complet que l'on oublie aisément les difficultés que devait surmonter l'ingénieur de ce temps là; ces difficultés devaient nécessairement conduire à une distinction entre ingénieurs et architectes. C'est pourquoi nous ne devons pas mépriser les anciens ponts en treillis qui, comme le pont cantilever du type Gerber qui franchit le Main près de Hassfurt, sont évidemment surannés dans leur forme purement «mathématique» mais qui représentent cependant un chapitre très intéressant et très précieux dans l'histoire de la construction des ponts. Aujourd'hui, cependant, la sidérurgie, la construction métallique et la statique ont atteint un niveau si élevé qu'il est possible de subordonner la solution des difficultés techniques aux problèmes de conformation. — Citons par exemple la disposition des raidisseurs d'âme à intervalles réguliers du côté extérieur des ponts à âme pleine alors que les raidisseurs verticaux supplémentaires et les raidisseurs horizontaux, très efficaces dans les hautes poutres soumises à une

forte flexion, sont placés du côté intérieur de l'âme. — On en revient donc à la beauté purement formelle et la collaboration de l'ingénieur et de l'architecte est de nouveau nécessaire. Toutefois, l'architecte ne se borne plus à ajouter des motifs décoratifs, il tire au contraire parti de certains *éléments* de construction, comme par exemple de l'encorbellement des trottoirs. Cela représente un progrès très important, peut-être même un tournant décisif dans l'histoire de la construction des ponts. Pour le bien de la construction métallique, le temps semble révolu, où l'acier était pour l'architecte un matériau étranger dont il ne se servait pas, ou à contre-coeur seulement. Ce progrès, réalisé au cours de ces dernières années, exige des architectes une connaissance approfondie des principes statiques et constructifs qui sont à la base de l'art de l'ingénieur.

A part les points de vue subjectifs concernant la valeur esthétique d'un pont, les lois fondamentales de la nature: eurythmie et symétrie, gardent toujours leur validité. On y satisfait en se conformant aux principes de la nature, c'est-à-dire en donnant au système portant la forme la plus simple. Les grands constructeurs ont appliqué ces principes et ils se sont assuré la reconnaissance de leur postérité. Il ne faut pas chercher à résoudre le problème posé avec le minimum de matériau mais il faut rendre compréhensible à tous la fonction du système porteur: beaucoup d'ingénieurs n'attachent pas une importance suffisante à ce dernier point. L'état actuel de la technique permet de réaliser économiquement des ponts en forme de poutre, à tablier supérieur, même pour des portées qui, autrefois, étaient réservées aux ponts en arc ou aux systèmes combinés; on comprendra donc que la poutre, système porteur le plus simple, domine dans le réseau des autoroutes. En Allemagne, on a construit de magnifiques ponts de ce type, par ex. le pont de Mangfall près de Darching (voir fig. 10, p. 1382 de la Publication Préliminaire). Au viaduc de Siebenlehn (fig. 1), construit plus récemment, on a appliqué un revêtement de pierres naturelles aux minces piles de béton armé. Par l'ordonnance de sa disposition et la richesse de ses couleurs ce revêtement fait un contraste très heureux avec la surface tranquille du pont métallique. Dernièrement on a aussi adopté les portiques simples à âme pleine pour les piles métal-

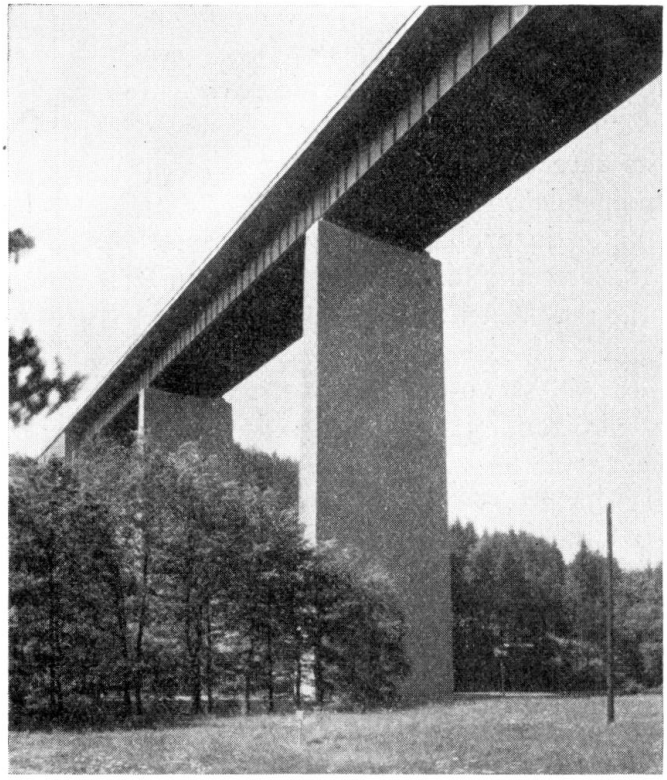


Fig. 1.
Pont d'autoroute de Siebenlehn.

liques des ponts (voir fig. 17, p. 1388 de la Publication Préliminaire). Ces hautes piles métalliques sont d'une audace et d'une finesse imposantes et leur légèreté semble donner corps au jeu des forces et à la résistance, partiellement utilisée seulement, de l'acier.

Lorsque la conformation organique du pont permet d'augmenter suffisamment la hauteur des poutres principales et lorsque les dimensions du profil ne s'y opposent pas, il faudrait adopter la poutre réticulée, non pas pour des raisons d'économie de matériau mais parce que cette poutre est d'un aspect très esthétique, en tout cas pas inférieur à l'aspect des poutres à âme pleine (fig. 2). On croit en général que les architectes sont des ennemis déclarés de la poutre en treillis alors qu'en réalité ils en estiment les aspects très variés et admirent la façon dont ces poutres résistent au jeu des forces. Précisément dans le choix

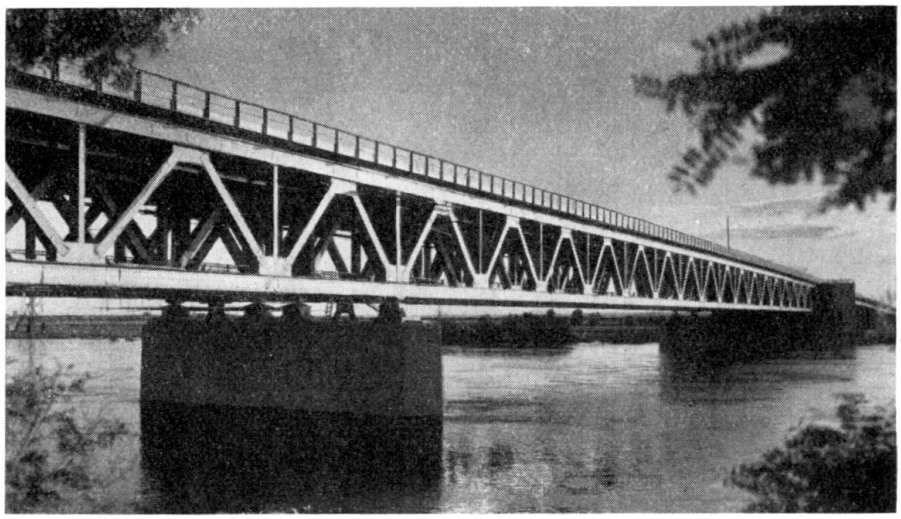


Fig. 2.
Pont d'autoroute de la Hohenwarthe.

de la structure de la poutre réticulée (autrefois on n'a trop souvent ignoré les exigences dictées par le paysage environnant), la collaboration de l'architecte et de l'ingénieur pourrait avoir de bons résultats. Il est même possible qu'en un endroit approprié on ait un jour recours au treillis à mailles fines. Les objections vis-à-vis de ce système, qui s'adapte avec une grande discrétion aux vallées boisées, ont perdu toute leur validité à l'heure actuelle. Il serait inadmissible que les ingénieurs ne cherchent pas à développer la poutre en treillis qui est le système porteur le plus original et le plus simple à calculer de la construction métallique. Pour les grandes portées, où les poutres principales doivent se trouver au-dessus du tablier et où il est absolument nécessaire d'adopter la poutre en treillis, la construction des poutres en treillis est parfaitement connue (voir fig. 22, p. 1391 de la Publication Préliminaire).

Parmi les autres types de ponts métalliques, l'arc en treillis avec tablier suspendu a été utilisé avec succès au cours de ces dix dernières années pour de très grandes portées (500 m environ) (par ex. le pont de Sidney). Comme autrefois pour les ponts de 100 m de portée, l'admiration de la hardiesse de

l'ouvrage l'emporte sur le jugement purement objectif. Pour des portées de 300 m environ, l'arc *à âme pleine* élancé est très satisfaisant au point de vue esthétique. L'arc avec tablier suspendu convient très bien, même aux portées de moins de 100 m, lorsque la hauteur de construction restreinte et la limitation du dépassement des poutres principales au-dessus du tablier (visibilité) excluent même les ponts en poutres à plus de deux poutres maîtresses. Au cours de ces derniers temps on a construit de nombreuses poutres du type Langer, probablement à cause du mauvais terrain de fondation.

Le pont sur le lac Mälar en Suède, en partie soudé, (on se souvient certainement encore de l'intéressant concours international dont il avait fait l'objet) a fourni l'occasion, malheureusement trop rare, de construire un arc métallique avec tablier surélevé pour franchir une large masse d'eau (voir fig. 1, p. 1359

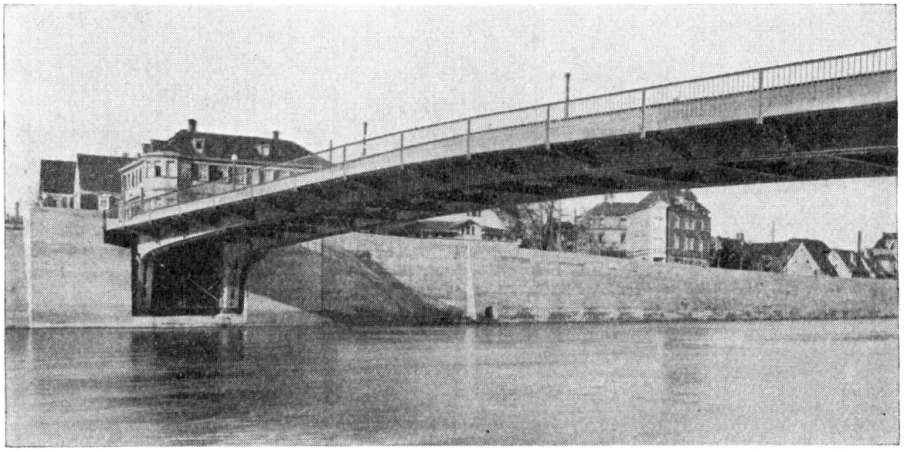


Fig. 3.

Pont Wilhelm sur le Neckar à Cannstatt.

de la Publication Préliminaire). On trouve plaisir à contempler l'heureuse disposition des détails (voir fig. 4, p. 1361 de la Publication Préliminaire) parmi lesquels les montants tubulaires, réalisés grâce à la soudure, attirent tout spécialement l'attention. Le tube pourra peut-être, grâce à la soudure, acquérir de nouveau une importance plus grande dans la construction des ponts.

On remplace souvent l'arc par la *poutre à béquilles* (fig. 3) lorsque les portées ne sont pas trop grandes et lorsque le gabarit de navigation doit être aussi rectangulaire que possible. Bien des problèmes compliqués n'ont pu être résolus que grâce à de tels ponts métalliques n'occupant qu'un espace très réduit.

Pour terminer, disons quelques mots des *ponts suspendus*. L'Amérique, pays des magnifiques ponts suspendus de grande portée, émerveille actuellement le monde des ingénieurs en construisant le plus grand pont du monde, un pont suspendu à câbles qui franchit la baie de San Francisco avec la portée fantastique de 1280 m (fig. 4). La popularité des ponts suspendus auprès du public en général et auprès des staticiens en particulier explique les essais faits au cours de ces dernières années pour réduire le coût de ces ponts et

les rendre capables d'entrer en concurrence pour les portées de moindre importance, telles qu'elles se présentent sur le continent européen. On a approfondi, complété et simplifié l'application de la « deflection theory »[1] qui tient compte du fait que les déformations élastiques déchargent la poutre raidisseuse et réduisent sa flèche; cela permet de réaliser des économies appréciables même pour les ponts suspendus de 200 m de portée, ancrés dans le sol (projet initial pour le Reichsbrücke de Vienne, voir fig. 2, p. 1308 de la Publication Préliminaire). On sait que ce calcul très exact entraîne au contraire un plus grand emploi de matériau — pourtant faible par rapport aux ponts suspendus — pour les ponts en arc de grande portée; par rapport au calcul approximatif, il conduit à une réduction de plus de 30 % des moments dans la poutre raidisseuse et même de 50 % des flèches dans les ponts suspendus d'une portée de 350 m seulement. On peut réaliser d'autres économies

Fig. 4.
Pont de la Porte d'Or.

encore en adoptant des tabliers d'un type léger (réduction du rapport poids utile — poids propre), ce qui fait entrevoir une application beaucoup plus fréquente des ponts suspendus de faible portée, tout spécialement lorsque l'on réussira à réduire le coût des câbles.

Nous arrivons ainsi aux questions de l'économie et du développement de la construction métallique. *L'acier à haute résistance*, auquel nous devons de nombreux ponts en poutre d'une élégante légèreté, la *soudure* et la *construction* légère jouent ici le rôle le plus important.

Les essais d'endurance exécutés au cours de ces derniers temps[2] prouvent que les valeurs fournies par les essais statiques ne donnent aucune mesure de l'endurance des différentes sortes d'acier et des différents éléments de la construction métallique. Dans le cas d'une charge répétée (variant entre 0

[1] *H. Bleich:* Berechnung verankerter Hängebrücken, Edition Springer 1935. — *F. Stüssi:* Mémoires de l'A.I.P.C., 4e vol. 1936. — *W. Blick:* VDI-Zeitschrift 1933, 77e vol. N°. 34, p. 921.

[2] Entre autres *Klöppel:* Gemeinschaftsversuche zur Bestimmung der Schwellzugfestigkeit voller, gelochter und genieteter Stäbe aus St. 37 und St. 52; Stahlbau 1936, fasc. 13/14, p. 97.

et une limite déterminée) l'amplitude que pourra supporter l'acier 52 ne sera guère plus grande que celle supportée par l'acier 37. Il est démontré d'autre part que l'acier 52 est apte à résister à la fatigue même s'il est soumis à une contrainte de base qui dépasse la limite d'écoulement de l'acier 37. C'est pourquoi le principal domaine d'application de l'acier 52 est celui des éléments avec forte contrainte de base (résultant du poids mort par exemple), ce qui est indiqué dans les règlements allemands concernant les ponts-rails par la courbe de ses contraintes admissibles en fonction du rapport de la contrainte maxima à la contrainte minima (fig. 5). C'est d'ailleurs pour les besoins de la construction des grands ponts qu'a été créé, en son temps, l'acier 52. Il y aurait autant de raisons pour relever la contrainte admissible de l'acier 52 pour les contraintes de base (évidemment en tenant compte des questions de stabilité) que pour rabaisser le taux de travail de cet acier dans les ponts-rails soumis à des sollicitations alternées et ondulées. Ces prescriptions auraient également leur utilité pour les ponts-route et les charpentes.

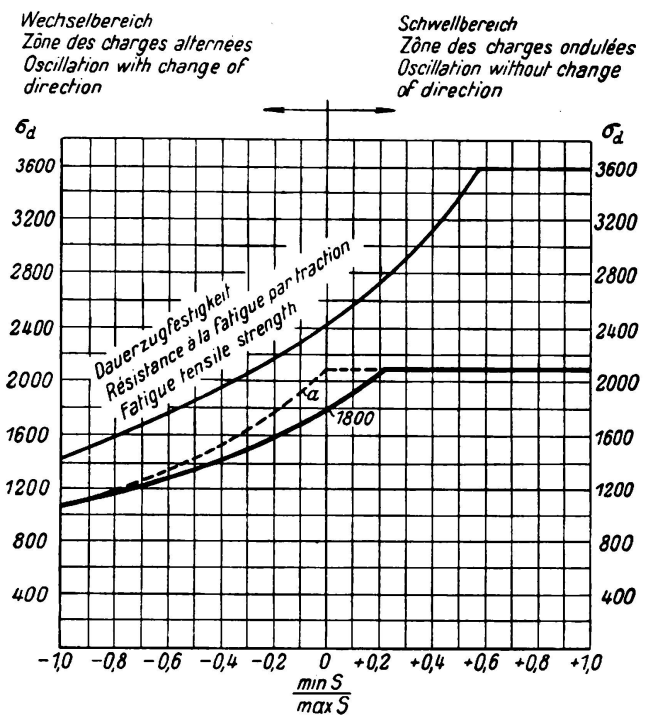


Fig. 5.

Sollicitations admissibles suivant les «Prescriptions pour le calcul des ponts-rails métalliques» (fort trafic) et résistance à la traction pulsatoire des barres rivées en acier St. 52/44. La courbe a est valable lorsque S max est une compression.

La transposition des résultats acquis avec de petites éprouvettes sur la machine pulsatoire aux constructions et à leurs sollicitations est problématique. Même si nous savons que la fréquence ne joue aucun rôle dans les domaines qui nous intéressent, ainsi que peut-être les repos en cours de service, bien des questions sont encore à mettre au point. Le manque de place nous empêche d'approfondir cette question qui, en fin de compte, influencera fortement le développement de nos règlements. Disons seulement que l'expérience acquise dans l'évaluation des résultats d'essais prouve que l'on se trouve toujours du côté sûr lorsque l'on applique les règles de dimensionnement.

Les caractéristiques actuelles: limite d'écoulement, limite de rupture, allongement à la rupture et striction ne permettent pas d'expliquer ni les différences dans le comportement à la fatigue de nos aciers ni une série de faits qui déterminent la qualité d'une construction, tel par exemple le fait que l'influence des pointes de tension augmente lorsque la grandeur de l'éprouvette augmente tout en restant géométriquement semblable et en transmettant les forces d'une manière uniforme. On ne peut résoudre ces problèmes

fondamentaux de la construction métallique qu'à l'aide de la *mécanique des matériaux*. Si l'on veut se baser sur cette science pour juger de la sécurité d'une construction, il faut d'une part la posséder à fond dans le sens de la théorie mathématique de l'élasticité et d'autre part connaître les principes généraux de la statique, de la construction et du montage concernant le domaine d'application considéré. Seul l'ingénieur spécialisé dans la construction métallique peut donc appliquer avec profit la mécanique des matériaux à son domaine d'activité. Lui seul est capable de déterminer quels résultats acquis permettront de combler les lacunes qui existent encore dans les principes de la constructions métalliques. Il doit se familiariser avec le fait que la mécanique des matériaux est basée sur des données de structure physique qui influencent l'effet des pointes de tension purement conditionnées par la forme des entailles en fonction du mécanisme de déformation; ce dernier distingue entre la résistance par cohésion et la résistance au glissement. Pour suivre le développement de plus en plus poussé de nos méthodes de calcul, nous devons approfondir nos connaissances sur la résistance réelle du matériau. A ce point de vue, la ductilité, qui fait l'objet du thème I de ce Congrès, revêt une importance immédiate.

L'économie que permet de réaliser l'emploi de la *soudure* dans la construction métallique est caractérisée par une économie de poids réjouissante. Et cependant nous ne sommes qu'au début du développement qui révolutionnera de plus en plus la construction métallique car on ne se contentera pas, comme jusqu'à présent, de remplacer simplement les rivures par des soudures. Là où c'est avantageux, la soudure transformera la construction métallique et la rendra monolithique, ainsi que le font entrevoir les exemples de construction légère. Une voie très difficile conduit vers ce but mais on est encouragé par les succès remportés et par le développement extraordinairement rapide de cette technique, développement caractérisé par l'emploi de joints entièrement soudés et exécutés sur le chantier dans les ponts-rails à âme pleine (Rügendamm) et par l'emploi exclusif des soudures bout à bout dans les poutres principales des grands ponts d'autoroutes (par ex. Rüdersdorf). L'augmentation de la sécurité des soudures bout à bout laisse entrevoir que les pièces soudées bout à bout soumises à la traction et à la flexion pourront être soumises à des sollicitations dynamiques spécifiquement plus élevées que les pièces rivées, car les contraintes admissibles de ces dernières tiennent compte de l'important effet d'entailles des trous de rivets alors que les soudures bout à bout bien exécutées et proprement usinées sont pour ainsi dire sans entailles. Seuls les profilés laminés qui ne sont pas percés aux endroits fortement sollicités peuvent être considérés comme entièrement dépourvus d'entailles.

Dans presque tous les domaines de la construction métallique, le développement constructif s'oriente vers la « *construction légère* » qui a apporté de profondes modifications. Il ne faudrait pas croire que cette méthode de construction est un « ersatz », c'est bien au contraire un degré perfectionné d'utilisation des matériaux, résultant d'une conformation des constructions adoptée aux propriétés des matériaux. Ces constructions peuvent être plus légères et en plus de cela plus résistantes et plus rigides que celles exécutées jusqu'à présent pour la même destination. Une économie de matériau entraîne donc ici une augmentation de la qualité. Il ne faut pas négliger ce fait dans une étude approfondie des appli-

cations de l'acier, d'autant moins qu'avec le développement de certains éléments de la construction métallique, nous nous approchons du but visé, c'est-à-dire de la construction légère. Les principaux éléments de cette dernière seront les tôles, les fers plats, les tubes et les cordons de soudure. Aussi longtemps que l'on ne pourra pas introduire des tableaux de résistance, obtenus expérimentalement, la détermination mathématique de la résistance effective, conditionnée entre autres par le caractère monolithique et spatial des ouvrages, exigera la simplification des méthodes compliquées de calcul et le contrôle de l'admissibilité de ces méthodes approximatives. Les bons résultats acquis dans la construction aéronautique avec les sections en caisson résistant à la torsion ainsi qu'avec les poteaux et les surfaces portantes en tôle ondulée par exemple, incitent, malgré les exigences différentes des constructions métalliques qui nous intéressent, à étudier de nouvelles formes, plus économiques mais non moins résistantes, à adopter dans nos ouvrages. Il est évident que l'on ne peut pas porter un jugement définitif, basé sur notre expérience actuelle, au sujet d'un tel développement car l'utilisation économique de la « construction légère » exige une transformation profonde des ateliers de construction. Actuellement apparaissent déjà les grandes machines à plier. Le travail à froid des tôles (ce qui d'ailleurs diminuera l'importance des profilés laminés) attire l'attention sur l'acier résistant au vieillissement. Il faut de même attacher une grande importance à la résistance à l'oxydation des tôles minces. Le fait que la construction métallique trouvera, grâce à la « construction légère », de nouveaux domaines d'application devrait encourager le monde des ingénieurs à surmonter les difficultés rencontrées durant le stade de transition.

Dans la construction des ponts-route, le développement des *tabliers légers* est des plus intéressants. Il faut citer en tout premier lieu l'emploi des ossatures à mailles fines, agissant statiquement comme des plaques et que l'introduction de la soudure a rendu réalisables. Il est vrai que nous possédons la tôle suspendue (emboutie et cintrée) qui pourrait remplacer la plaque mais la tôle suspendue présente quelques défauts qui s'opposent précisément à la réduction du poids des tabliers: il s'agit d'une part du poids du béton et d'autre part du danger de corrosion qui existerait si l'on construisait des tôles suspendues de dimensions plus grandes que jusqu'à présent. On tend à augmenter les dimensions des tôles suspendues car on peut ainsi réduire les poutres de l'ossature du tablier sans que l'agrandissement des tôles offre des difficultés d'ordre statique puisqu'en général on n'exige pas de contrôle mathématique. Il est cependant à craindre que, sous l'action de charges défavorables, la tôle subisse de grandes déformations (ceci est spécialement valable pour les tôles bombées); le béton se décollerait alors de la tôle et l'eau pourrait s'infiltrer entre deux. Nous reviendrons encore sur ce point.

En vue de réduire le poids mort du béton de remplissage on pourrait adopter des tôles plates, agissant comme membranes, ainsi qu'on l'a souvent fait autrefois pour les ponts mobiles. Ce système exige un écartement très faible des longerons. Les tôles à ossature soudée, souvent appelées « tabliers cellulaires en acier » (fig. 6), conviennent très bien ici. Leur résistance et leur rigidité, déterminées sur des modèles du genre indiqué à la fig. 6, sont excellentes, mais

leur construction est malheureusement très coûteuse, ainsi que le grand nombre de soudures permet de le prévoir. On a déjà employé avec succès de tels tabliers en tôles plates dans la construction des ponts secondaires qui franchissent les autoroutes. La faible épaisseur des tabliers légers permet de réaliser une économie dans la construction des rampes d'accès et dans les travaux de terrassement, ce qui, dans la comparaison des prix donne souvent l'avantage à la construction métallique pour la construction des petits passages sur voies. Le modèle de la fig. 6 (110 kg/m²) sert tout d'abord à l'établissement d'une méthode de calcul simple des ossatures de ce genre. Le premier point est de déterminer l'action

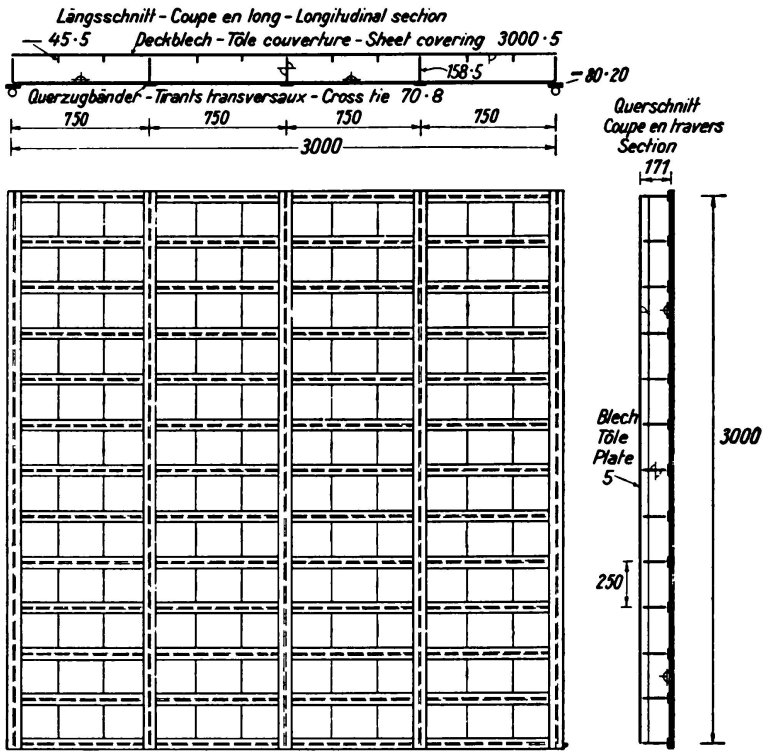


Fig. 6.
Essais d'ossatures de tabliers de ponts.

répartissante de l'élément plan en fonction de ses conditions d'appui et de ses caractéristiques constructives afin de trouver, pour l'introduire dans les règlements, une méthode de calcul simple et économique, tenant bien compte des conditions réelles du système et semblable au calcul des dalles de béton armé à armatures croisées. Les premiers essais, entrepris à Stuttgart, laissent entrevoir que l'application des formules approximatives pour dalles rigides, indiquées par les prescriptions allemandes concernant le béton armé, est justifiée, ces plaques pouvant être aisément obtenues par des attaches rigides et des raidisseurs placés dans les angles. Il est évident que de tels systèmes représentent un complément d'une grande importance pour la construction métallique en général et tout spécialement pour la construction des charpentes.

Le pavage, le sable, le béton et la chape représentent un poids de 450 kg/m², c'est-à-dire la moitié du poids d'un tablier normal avec dalle de béton armé: on a donc étudié s'il était possible, dans le cas d'un tablier en tôles plates, de se

contenter d'un liant de 4 cm d'épaisseur en asphalte coulé avec revêtement de 3 cm en asphalte coulé additionné de splitt basaltique, de sable concassé et de sable de quartz. Cet essai a été exécuté grâce à l'appareil rotatif du Laboratoire d'essai de Stuttgart (fig. 7). Les tôles plates étaient plus ou moins encastrées de sorte que, sous l'effet d'une même charge, les fléchissements se montaient à 0,11 et 0,6 mm. Après une période d'essai correspondant environ à une circulation de 4 ans sur route à trafic intense, le revêtement ne s'était décollé nulle part (fig. 8) lorsqu'il était reliée aux tôles plates par du métal déployé soudé sur ces tôles. D'autre part, le revêtement ne s'est nullement ondulé même sur les tôles à grande élasticité. Les intempéries, imitées dans des conditions rigoureuses, ont montré l'étonnante résistance de ces revêtements. Il en résulte que l'on peut construire des tabliers de ponts d'une hauteur de 80 mm et d'un poids de 280 kg/m² (sans les longerons) (fig. 9). Il va de soi que ces constructions doivent être rugueuses, rigides et étanches. On examine actuellement une série d'autres projets intéressants concernant les tabliers légers. En Amérique, où l'on a déjà employé les grillages métalliques en guise de revêtement, on a déjà essayé d'utiliser les métaux légers pour la construction des tabliers de ponts. On peut se demander si ces constructions en métaux légers offrent une résistance suffisante à l'usure.

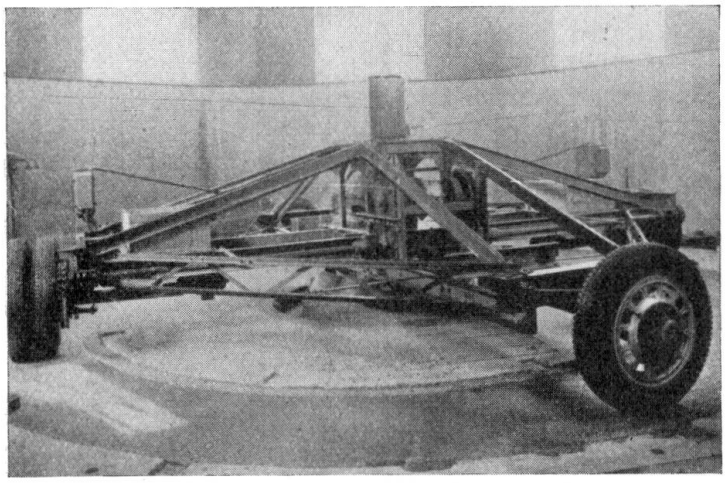


Fig. 7.
Appareil rotatif pour l'essai des revêtements appliqués sur des tôles.

Fig. 8.
Tôles avec métal déployé soudé.

Si l'on pense que le poids des tabliers, y compris les longerons, peut varier entre 1050 et 300 kg/m², on sera bien vite convaincu de la nécessité de nos recherches, même si le coût des tabliers légers est souvent beaucoup plus élevé que celui des tabliers employés jusqu'à présent. La question de l'économie de ces constructions n'est pas épuisée par la question de savoir si la réduction du coût des poutres-maîtresses, résultant de la réduction du poids du tablier, est en rapport avec le renchérissement du tablier, engendré par le choix d'une construction légère car nous avons vu que, dans bien des cas, le gain en hauteur de construction peut être décisif. Nous

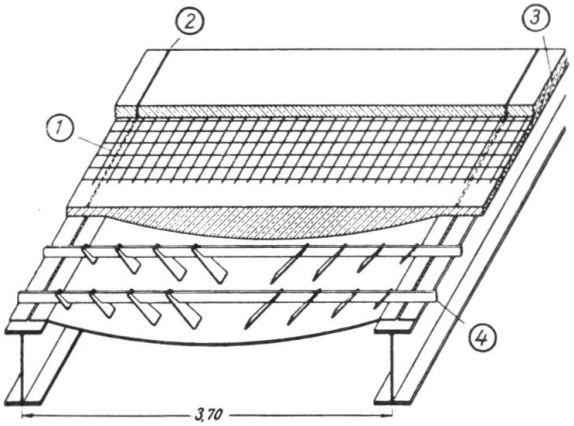
tenons à faire remarquer que l'économie de cette nouvelle méthode de construction présuppose une technique d'exécution qui n'est encore de loin pas au point actuellement. C'est pourquoi on attache de plus en plus d'importance dans la pratique à l'emploi des tôles cintrées et bombées de grande portée, dont nous parlions tout à l'heure. Pour réduire le poids du béton de remplissage on

Fig. 9.

Revêtement léger — Système Schaper.

s'efforce actuellement de donner à ces tôles une forme beaucoup plus aplatie qu'autrefois.

Pour éviter tout déplacement entre le béton et la tôle il faut raidir les tôles bombées vis-à-vis du cisaillement comme cela s'est fait par exemple pour les



(1) Armature croisée posée sur les fers plats.

(2) Joints longitudinaux situés sur les longerons.

(3) Béton à 300 kg/m³ coulé en une fois.

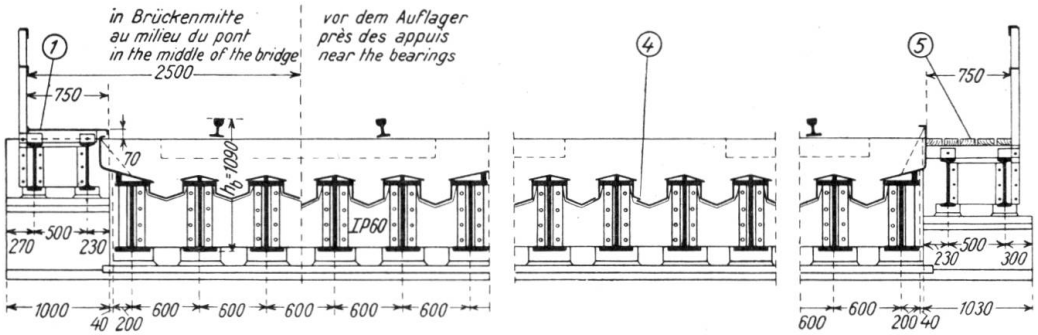
(4) Fers plats de 80,8 mm, distants de 45 cm.

Fig. 10.

Tôles cintrées avec raidisseurs.

tôles très aplaties, de 240 cm de portée et 8 mm d'épaisseur du pont de Sulzbachtal (fig. 10; voir aussi fig. 16, p. 1387 de la Publication Préliminaire). Des fers plats disposés horizontalement font que les appuis n'ont à supporter que des réactions verticales. Des essais ont démontré que ce système, calculé selon la

théorie du béton armé, présente pour les charges prescrites, une sécurité de 8 vis-à-vis de la rupture statique. Son poids, sans compter les longerons, atteint 470 kg/m². Ce faible poids résulte de l'abandon des couches d'isolation et de protection. Le revêtement est représenté par une seule couche de béton de 40 mm



(1) Trottoir en tôles gaufrées.
(4) Disposition des joints.
(5) Trottoir en bois.

Fig. 11.
Section de pont.

d'épaisseur, appliquée directement sur le béton de remplissage. Il faut attacher dans ce cas une grande importance à l'étanchéité du béton. Le tablier a un dévers de 1,5 % qui permet l'écoulement des eaux. De tels tabliers peuvent également jouer le rôle de contreventements et permettent en outre d'économiser le coffrage nécessaire à la construction des tabliers de béton armé.

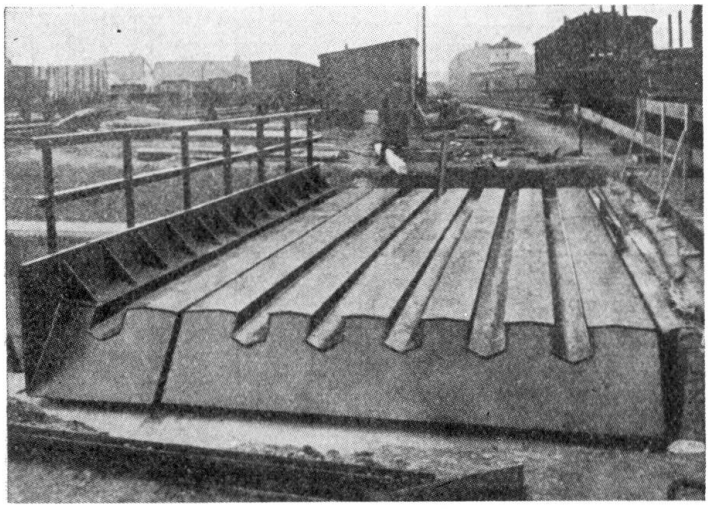
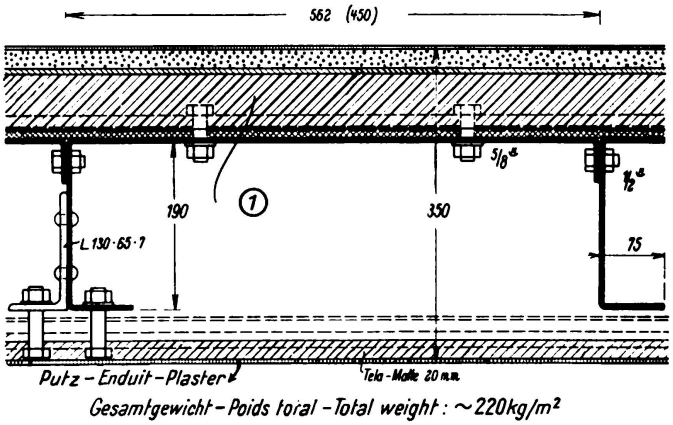


Fig. 12.
Tablier du système Schröder.

D'autres essais montreront s'il est nécessaire d'appliquer des fers plats raidisseurs aux tôles embouties de grande portée (3,5 × 5 m) lorsque l'on applique certains matériaux spéciaux directement sur les tôles — à l'aide de treillis parfois — et lorsque l'on choisit des méthodes spéciales de travail. Les essais ont déjà montré combien les rapports de tension, qui ne peuvent pas être déterminés par des méthodes de calcul élémentaires, sont favorables dans les tôles embouties. L'entretien de la mince couche continue de béton qui surmonte les poutres du tablier peut présenter de graves difficultés si l'on n'a pas recours à un joint.

Les tabliers métalliques des fig. 11 et 12, qui ont remplacé les *tabliers avec poutrelles enrobées de béton*, peuvent déjà être considérés comme un genre de tabliers légers. Les mesures de fléchissements effectuées sur ces tabliers, composés

de profilés IP sur lesquels on a soudé des tôles, ont montré que les poutres et les tôles se comportaient un peu comme les poutres en T de la construction de béton armé. On peut espérer qu'à l'avenir le contrôle des fléchissements, qui peut jouer un rôle prépondérant dans le dimensionnement de ces construc-



(1) 4 mm Linoleum,
21 mm Asphalte,
6 mm Asphalte Ezo,
60 mm Béton de pierre ponce,
10 mm Absorbophon-Ezo,
5 mm Tôle bridée (5,5).

Fig. 13.

Couverture métallique légère.

tions, se fera en introduisant dans le calcul une certaine largeur de la tôle participant à la transmission des forces ou en tolérant pour la poutre un plus grand fléchissement admissible, $^1/_{700}$ au lieu de $^1/_{900}$.

Dans la construction des charpentes on a déjà fait usage des *planchers métalliques légers* suivant les fig. 13 et 14 après que des épreuves de charge et des recherches d'ordre acoustique et thermique très complètes eurent montré les avantages de ces systèmes. Leur poids propre n'atteignait que 220 kg/m² environ pour une portée de 6,50 m, une hauteur de construction de 350 mm et une charge utile de 500 kg/m². En modifiant l'épaisseur des tôles et les autres dimensions de ces planchers, il est possible de les adapter économiquement aux charges et aux portées qui se présentent. Le faible poids de ces planchers permet la création de constructions nouvelles, partiellement soudées, telles que le poste d'aiguillage de la gare de Mayence (fig. 15) dont les cloisons forment en même temps l'élément portant de l'encorbellement .

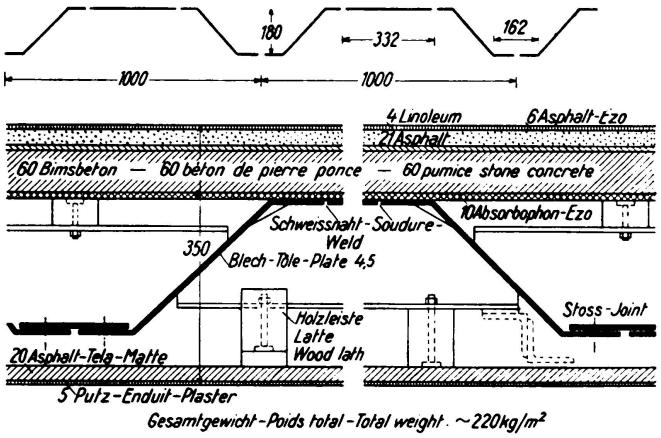


Fig. 14.

Couverture métallique légère à cornières doubles.

En ce qui concerne les hangars d'aviation nous renvoyons aux fig. 25, p. 1355 et 24, p. 1353 de la Publication Préliminaire. Les Américains viennent d'em-

ployer les tôles soudées pour la couverture d'une soute à charbon.[3] La fig. 16 montre un exemple du développement de la construction des hangars d'aviation en Allemagne. La toiture autoportante à tirants, constituée de cornières doubles forme en même temps la membrure supérieure des légères poutres réticulées destinées à transmettre les charges concentrées alors que les tirants en forment les membrures inférieures. Comparé aux avantages que peut présenter une toiture métallique, le poids de cette construction est très faible. Il convient de mentionner que ces systèmes autoportants — en voûte par exemple —, principalement soumis à des efforts de compression et cinématiquement très sensibles, nécessitent une étude spéciale de stabilité (théorie de IIe ordre) car de faibles écarts entre la forme prévue et la forme réelle peuvent avoir de graves répercussions sur le degré de sécurité. On constate avec plaisir qu'en construction métallique disparaissent certains phénomènes de déformation, conditionnés par le matériau lui-même.

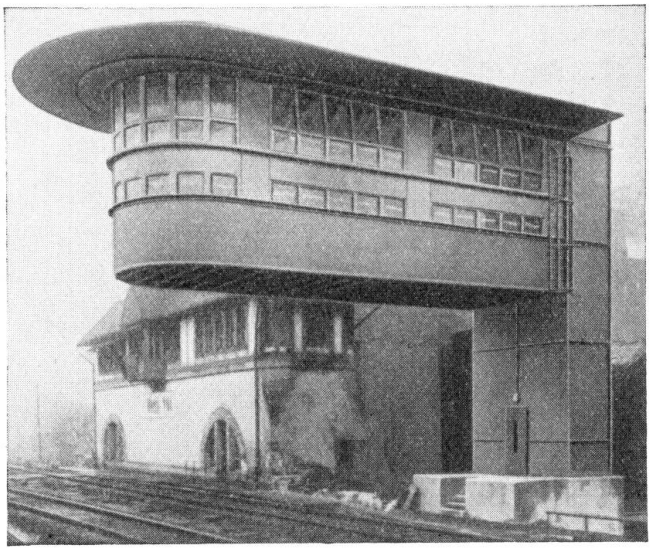


Fig. 15.

Post de signalisation de la gare de Mayence.

Aujourd'hui comme autrefois, la construction réticulée domine dans les grands hangars, ainsi que le montrent par exemple les hangars à dirigeables de Francfort s/Main et de Rio de Janeiro.

Fig. 16.

Couverture autoportante en cornières doubles.

La combinaison de la construction métallique et du béton s'est encore développée. En Suisse, dans les petits ponts-route (fig. 17), la membrure supérieure des poutres principales et les longerons sont noyés dans la dalle de béton armé. L'effet compound permet de réduire les dimensions des longerons et a une influence très favorable sur les oscillations propres du pont. Dans certains cas en outre (comme par ex. pour l'acier St. 52) où les règlements concernant les fléchissements exigeraient

[3] „Stahlbau" 1933, p. 152, fasc. 19.

l'utilisation d'une plus grande quantité d'acier, cet effet compound permet une économie d'acier. En Allemagne, les règlements concernant le béton armé ne permettent pas de tenir compte dans le calcul de la liaison entre les profilés et le béton — pour autant que les profilés ne se trouvent pas entièrement dans la zone tendue —. En outre, l'Administration des Chemins de fer exige l'accès libre à tous les rivets des membrures, ce qui d'ailleurs est à l'avantage de la construction soudée.

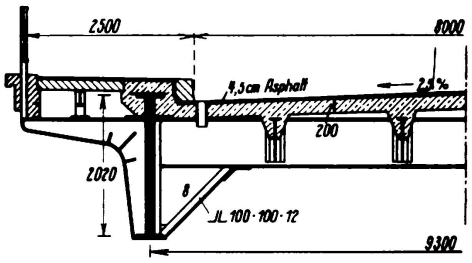


Fig. 17.
Pont sur la Limmat à Engstringen (Suisse).

La construction à ossature métallique est un procédé qui, au cours de ces dernières années, a été beaucoup employé en France et en Angleterre et qui est appliqué actuellement à Berlin à la construction du nouveau bâtiment de la Reichsbank. L'introduction dans le calcul des ouvrages de ce genre de la collaboration du béton et de l'acier dans les colonnes métalliques à noyau de béton[4] rendra ces constructions plus économiques encore. L'emploi des planchers légers peut être très avantageux dans certains cas. Finalement, de vastes essais de résistance au feu,[5] effectués sur des colonnes métalliques enrobées et chargées de grandeur nature ont fourni de précieux résultats et ont montré qu'avec des moyens réduits on pouvait réaliser des colonnes métalliques enrobées offrant une grande résistance au feu (DIN 4102, feuille 1).

---

[4] „Stahlbau" 1934, p. 49, fasc. 7 et 8; „Zentralblatt der Bauverwaltung" 1935, fasc. 23.

[5] Compte-rendu de la „XXIX Wissensch. Tagung des Reichsvereins Deutscher Feuerwehringenieure". Editions R.D.F., Berlin, N°. 15.