

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 65 (1939)
Heft: 7

Artikel: Evolution de la construction des ponts en béton armé
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49988>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 12 francs

Etranger : 14 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 10 francs

Etranger : 12 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. —

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président: R. NEESER, ingénieur, à Genève; Vice-président: M. IMER, à Genève; secrétaire: J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres: *Fribourg*: MM. L. HERTLING, architecte; A. ROSSIER, ingénieur; *Vaud*: MM. F. CHENAUX, ingénieur; E. ELSKES, ingénieur; EPITAUX, architecte; E. JOST, architecte; A. PARIS, ingénieur; CH. THÉVENAZ, architecte; *Genève*: MM. L. ARCHINARD, ingénieur; E. ODIER, architecte; CH. WEIBEL, architecte; *Neuchâtel*: MM. J. BÉGUIN, architecte; R. GUYE, ingénieur; A. MÉAN, ingénieur cantonal; *Valais*: MM. J. COUCHEPIN, ingénieur, à Martigny; J. DUBUIS, ingénieur, à Sion.

RÉDACTION: H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, LA TOUR-DE-PEILZ.

ANNONCES

Le millimètre sur 1 colonne,
largeur 47 mm :
20 centimes.

Rabais pour annonces
répétées.

Tarif spécial
pour fractions de pages.

Régie des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. DOMMER, ingénieur, président; G. EPITAUX, architecte; M. IMER; A. STUCKY, ingénieur.

SOMMAIRE: *Evolution de la construction des ponts en béton armé.* — *Composition granulométrique d'un grès et d'une marne de la molasse aquitanienne du plateau genevois*, par E. JOKOWSKI, ingénieur-géologue, à Genève. — *Amélioration de la plasticité et des résistances du béton.* — *Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne et Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.* — **BIBLIOGRAPHIE.** — **SERVICE DE PLACEMENT.** — **CARNET DES CONCOURS.**

Evolution de la construction des ponts en béton armé.

Le *Royal Institute of British Architects* a nommé membres d'honneur — à titre exceptionnel puisque c'est la première fois que cette dignité est conférée à des ingénieurs étrangers — le Français Eugène Freyssinet et le Suisse Robert Maillart. Cette association, dans le même hommage, n'est peut-être pas tout à fait fortuite puisque M. Freyssinet s'est inspiré des vues de M. Maillart dans la conception de certains des magnifiques ouvrages qui lui ont valu une réputation universelle.

L'occasion de cette distinction honorifique nous paraît opportune pour retracer la filiation des idées qui ont amené M. Maillart à révolutionner la construction des ponts en béton armé. L'œuvre de M. Maillart est, tout entière, marquée par la volonté de dépouiller les ouvrages en cause d'artifices inutiles et coûteux, par le souci d'analyser rigoureusement les conditions statiques et dynamiques en jeu et de conformer strictement la construction aux résultats de cette analyse, par le souci d'économie aussi car, dans bien des cas, l'observation des anciens errements aurait exclu la possibilité d'érection du pont désiré: or, l'économie découlait automatiquement de la rationalisation dont M. Maillart fut l'actif artisan.

Cette rationalisation si, en principe, elle lui fut inspirée par d'heureuses intuitions, M. Maillart n'a cessé d'en poursuivre l'élucidation à l'aide de l'outil mathématique, d'expériences nombreuses et de grande envergure, pour finir, et non sans peine, par triompher d'une routine tenace et des canons tout gratuits d'une tradition enracinée.

Le « Bulletin Technique » a eu l'honneur de publier des mémoires de M. Maillart qui attestent la profondeur de sa faculté d'analyse. Aujourd'hui, nous nous bornerons à un

aperçu, « par l'image », de l'évolution de ses conceptions: il en a, lui-même, exposé les principes directeurs dans une note du « Génie Civil » (16 mars 1935) que nous reproduisons ci-dessous et que nous faisons suivre d'extraits d'un article de l'architecte S. Giédion paru dans les « Cahiers d'art » (Paris, 1934).

De M. Maillart :

Si l'on veut tirer le meilleur parti du béton armé, pour la construction de ponts en arc, on arrive à des formes souvent très différentes de celles des voûtes en maçonnerie, formes auxquelles nous sommes habitués et que, pour cette raison, nous sommes tentés d'imiter. La difficulté de faire accepter ces formes nouvelles, inusitées, a donc poussé les ingénieurs, et surtout les architectes appelés à collaborer avec eux, à chercher des compromis avec les formes habituelles. La question se pose de savoir si cette tendance est justifiée, ou s'il ne serait pas préférable de s'en tenir aux formes dictées par les considérations constructives.

Les ponts articulés en caissons, ou « cloisonnés », permettent une forte économie en utilisant pour la résistance générale de l'ouvrage, outre la voûte proprement dite, le tablier et les tympans longitudinaux: la voûte est donc ici constituée par le pont tout entier. On peut arriver, par ce système, à donner à la construction un aspect peu différent des conceptions habituelles, comme le montre la vue du pont sur la Thur, à Billwill (2 arches de 35 m d'ouverture), construit en 1903 (Fig. 1). On y remarque, comme seule particularité frappante, un arc extrêmement mince. Mais, en conservant pour l'arc une forme sensiblement parabolique et en admettant des tympans pleins, on constate des inconvénients d'ordre constructif, qui s'accroissent quand la portée augmente. La courbe moyenne des pressions, centrée près de la clé, devient de plus en plus excentrique dès qu'on s'en éloigne, puisqu'elle suit de très près l'intrados. Il n'existe donc plus, dans ces parties, de

(Suite à la page 88.)

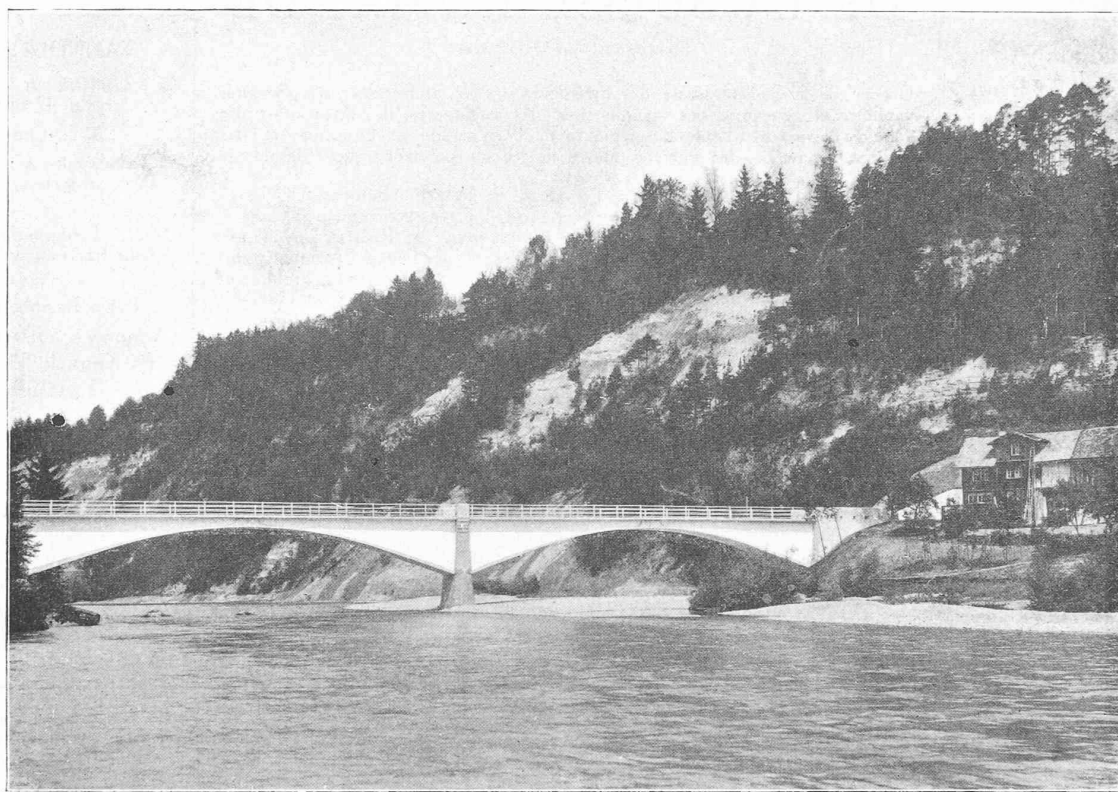


Fig. 1. — Pont sur la Thur, à Billwil. Construit en 1903. — Entreprise Maillart & Cie.

Un des premiers ponts « à caisson », tympans encore pleins.

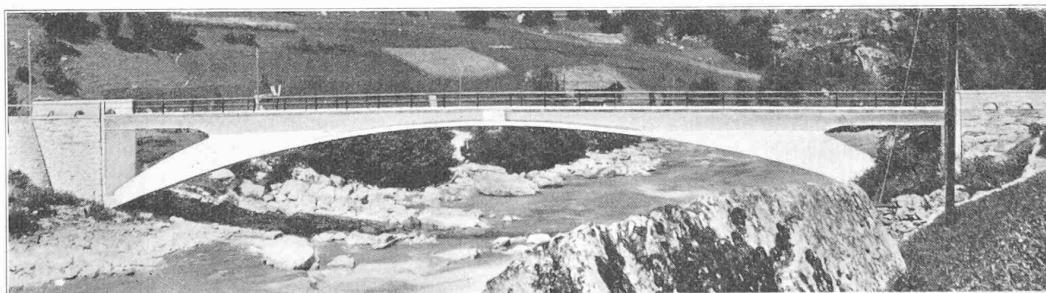


Fig. 2. — Pont sur le Rhin, à Tavasana. — Portée 52 m. — Construit en 1905. — Tympans évidés.

Entreprise Maillart & Cie.

Dans le pont de Tavasana, dit M. S. Giédion, Maillart, dans son effort pour donner au tablier une rigidité spéciale et pour le fondre avec l'arc du pont mieux qu'on ne l'avait fait jusque là, a abouti à un résultat tout nouveau au

point de vue de la forme elle-même. Les matériaux sont réduits au minimum. On voit, comme dans une membrane éclatée, les parties ajourées au-dessus de l'arche, à droite et à gauche.

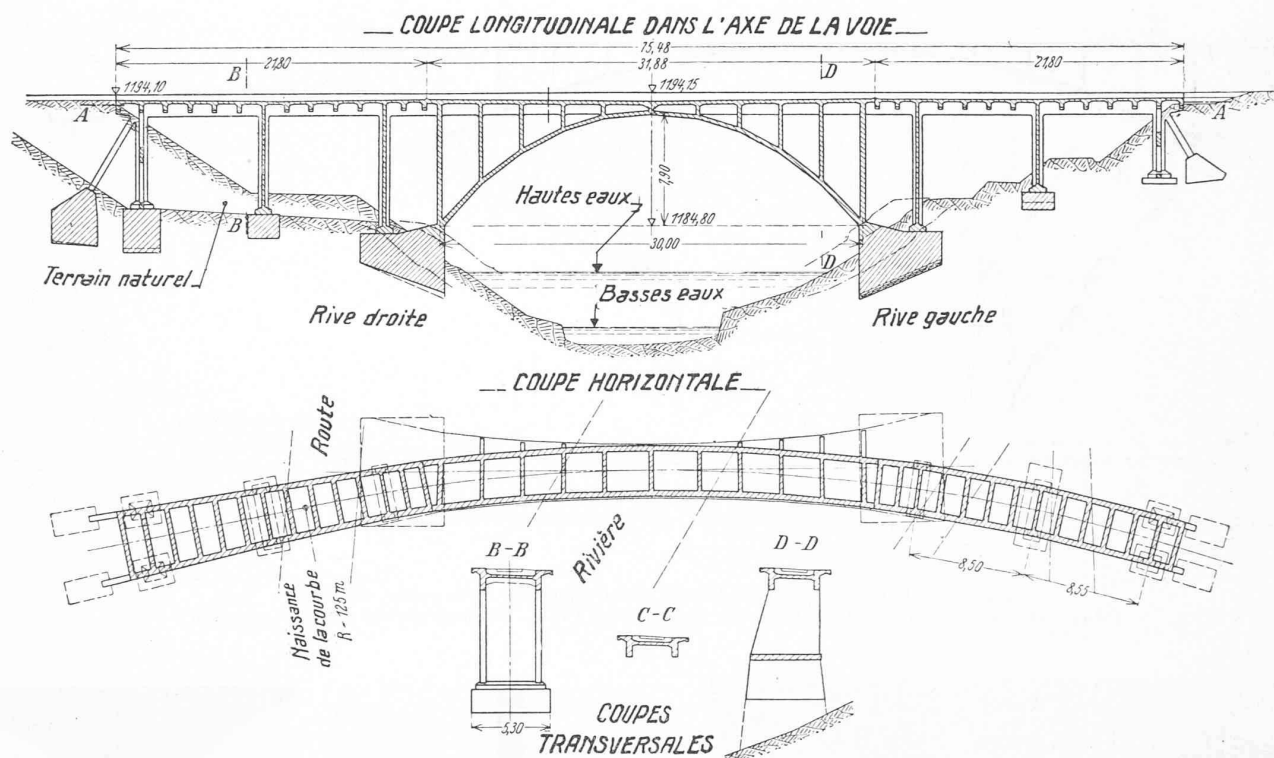
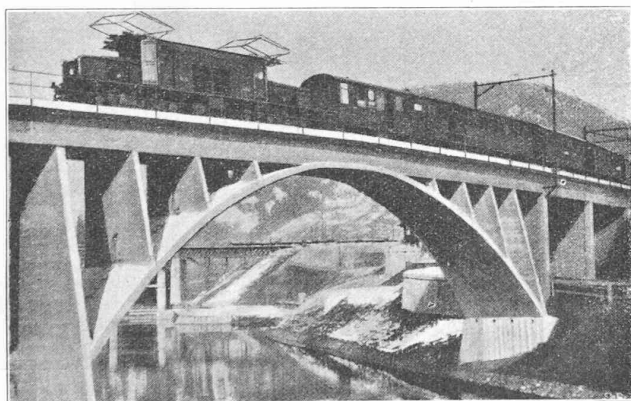


Fig. 5. — Pont-rail sur la Landquart, à Klosters. — Construit en 1930. — Projet Maillart. — Exécution Prader & Cie.



Pont à « arc raidi ».

collaboration utile du tablier ; sa participation devient même défavorable, puisque, près des appuis, le calcul y révèle des tractions : on est donc loin de l'idéal d'une utilisation complète du matériau.

Cette constatation que le tympan formant liaison entre l'arc et le tablier, n'est avantageux que dans la partie médiane du pont, et que, près des appuis, il est inutile, onéreux et même préjudiciable, a conduit à y ménager une découpe triangulaire. La partie correspondante du tablier étant mise hors de cause, la construction gagne en clarté, tout en économisant le béton de la partie éliminée des tympans. Cette solution a été appliquée au pont sur le Rhin, à Tavasana (fig. 2), en 1905 ; si cet exemple n'a pas été suivi, malgré l'économie évidente du système, cela s'explique par l'aspect un peu étrange de l'ouvrage. Ce n'est qu'en 1930 qu'une construction du même genre, mais de dimensions plus importantes a été menée à

bien (fig. 4). Ce pont sur la Salgina a été très bien accueilli par le public, et l'appréciation des milieux techniques fut bien plus favorable qu'en 1905.

D'ailleurs, ces formes elles-mêmes ne peuvent prétendre à une sincérité complète : en effet, en considérant les charges fixes et mobiles, les courbes extrêmes des pressions forment deux surfaces lenticulaires dont les contours inférieurs se rencontrent à angle vif. La voûte la plus logique, puisqu'elle réalisera la plus grande constance des fatigues, devra donc épouser un contour lenticulaire semblable, ce qui conduit nécessairement à une forme ogivale de l'intrados, alors qu'au pont de la Salgina, pour respecter la tradition, l'intrados est arrondi près de la clé.

Dans le pont plus récent, sur la Thur, à Felsegg (Fig. 7), la forme logique a été réalisée. Comme il s'agissait d'un ouvrage destiné à une route de grand trafic, supportant de lourdes surcharges, on avait tout intérêt à tirer le plus grand avantage possible du système en se laissant guider par des considérations purement constructives et à user, par conséquent, de la forme ogivale. Certains la trouveront peut-être peu agréable à l'œil ; cependant, le constructeur peut rappeler que l'art gothique a usé de l'ogive dans un but purement esthétique, contrairement aux exigences de la statique.

Ajoutons, à propos du pont sur la Thur, à Felsegg, que la robustesse de l'arche principale aurait fait paraître mesquins, pour les accès, des supports composés, comme on le fait couramment, d'une série de colonnes verticales entretoisées : des chevalets à deux pieds inclinés et renforcés dans leur partie supérieure ont été jugés préférables, d'autant plus qu'ils assurent une bonne stabilité latérale et réduisent le nombre des massifs de fondation.

De M. Giédion :

Dans le monde du béton armé, l'ingénieur Maillart joue un rôle prépondérant. Sa personnalité est si bien marquée

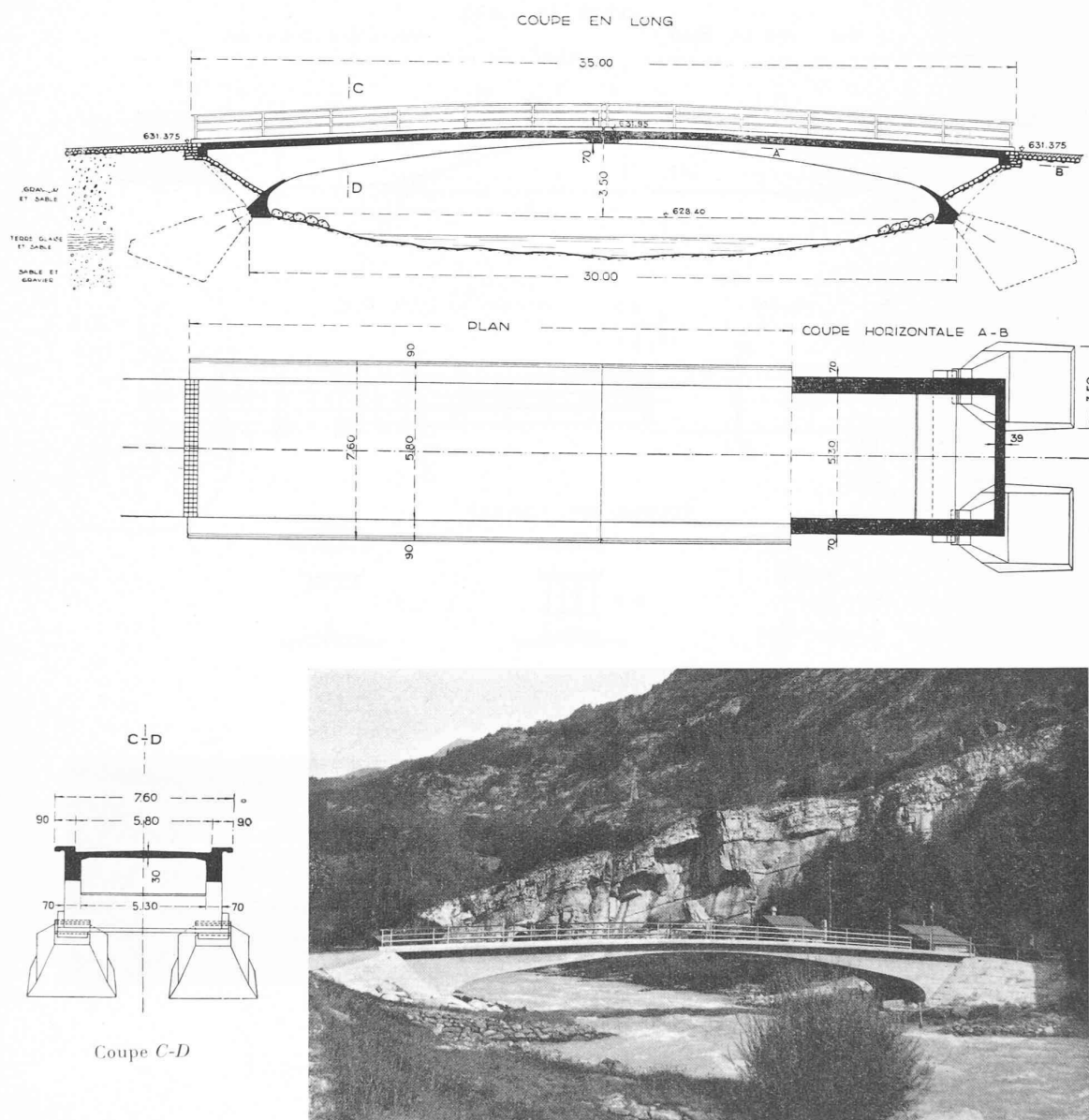


Fig. 6. — Pont à Innertkirchen. — Construit en 1934. — Projet Maillart. — Exécution Vifian et Zuccotti.

Pont « à tympan », avec ligne de pression excentrique.

que, du premier coup d'œil, on distingue un pont de Maillart des ponts construits par d'autres ingénieurs.

Le développement de Maillart, pendant ses trente années de recherches, s'est fait très organiquement, par l'impulsion de la force innée, qui fait dépasser à tout grand artiste ou savant ses connaissances de métier par la vision que lui donne l'intuition. Il suffit de parler avec Maillart pour se rendre compte qu'en effet le point de départ de son œuvre est dans la source profonde de l'imagination. Le simple calcul du spécialiste lui aurait été un guide trop indécis pour le mener à des solutions où l'invention, dans l'acception la plus complète du mot, tient une part supérieure au calcul, destiné surtout à vérifier les résultats de la vision. C'est pourquoi toutes les fois qu'on se trouve en face d'un pont de Maillart, l'esprit est satisfait par l'équilibre qui s'y fait jour et l'âme par le sentiment poétique qui s'en dégage.

Maillart poursuit ses recherches depuis le début de ce siècle et ses réalisations deviennent, avec l'expérience, plus hardies et plus parfaites dans les trois domaines : de l'emploi judicieux du calcul du matériel, des modes de construction et de la forme plastique qui résulte de la maîtrise de Maillart dans ces trois domaines.

Cette hardiesse se fait sentir dans les *planchers à champignon* dont le but est de répartir la charge non pas sur des supports isolés, mais régulièrement sur tout le plancher. Maillart a fait de la dalle un élément de construction qui porte les charges sans poutres.

Cette même hardiesse se fait sentir dans ses ponts. Pour leur construction, Maillart part du même principe que pour les planchers-champignons. Il se sert du tablier comme élément de construction, tout en répartissant la charge sur tout le système. L'arche, à dimensions restreintes, forme avec le

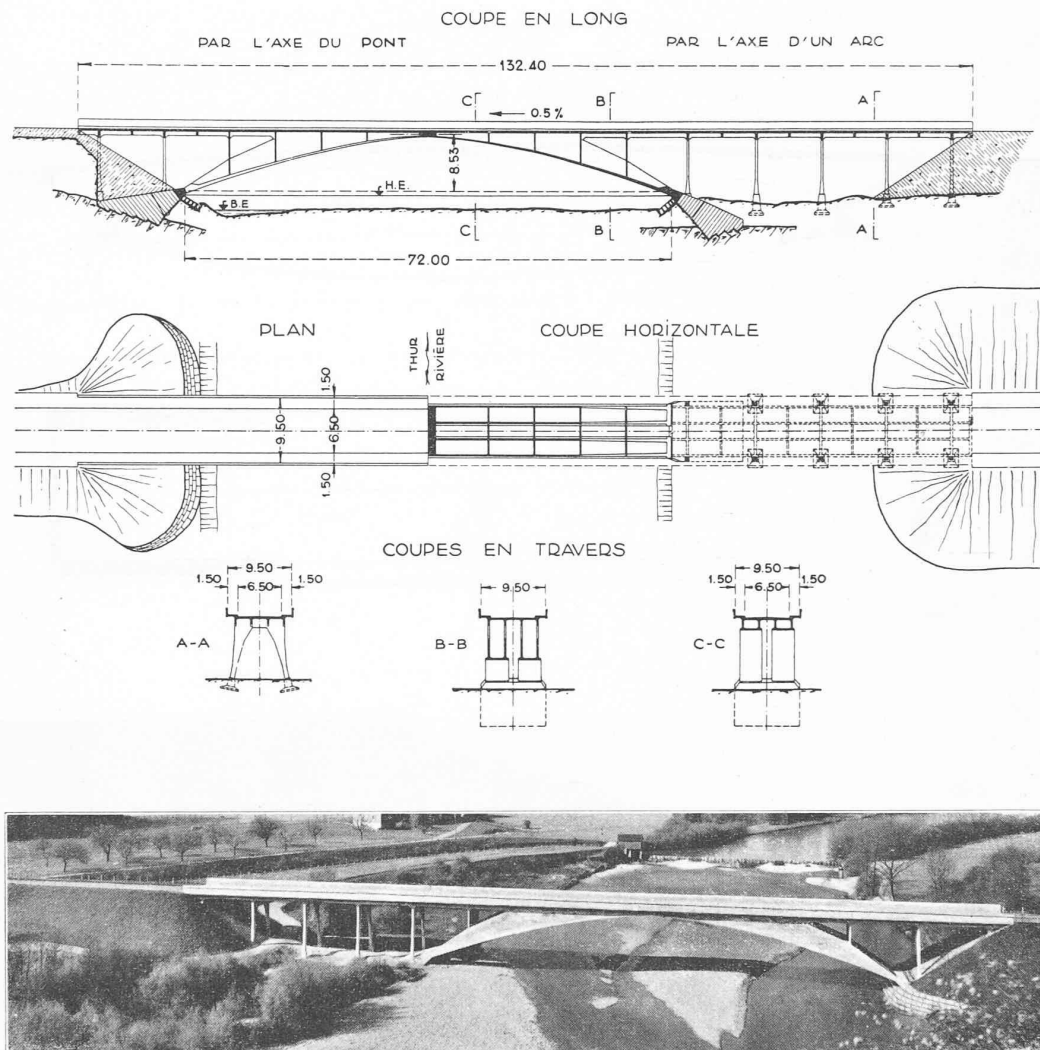


Fig. 7. — Pont sur la Thur, à Henau, 1933.

Projet Maillart. — Exécution Th. Bertschinger S. A. et K. Bendel.

tablier un tout constructif sur lequel se répartit régulièrement la poussée.

...Dans la construction habituelle des ponts, on calcule séparément l'arche et le tablier. Il s'ensuit une très grande dépense de matériel, pratique financièrement onéreuse et esthétiquement décevante par la lourdeur d'aspect qui en résulte. Maillart part, pour ses ponts, comme pour ses planchers-champignons, d'un point diamétralement opposé. Au lieu de séparer le pont en deux éléments distincts, il en fait une unité organique, d'où économie considérable de matériaux et aspect élégant et svelte.

La réussite la plus récente de Maillart, dans cette direction, c'est le pont du « Schwandbach » dont le tablier est doté d'une courbure très accentuée. (Fig. 9.)

Les deux ponts du « Schwandbach » (1933) et de la « Töss » (1933) représentent le système que Maillart a inauguré, dès 1925, avec le pont de « Valschiel » (fig. 3). L'arc ne supporte que des efforts centrés et devient très mince par ce fait. Les flexions dues aux charges unilatérales sont supportées par les fortes *poutres de raidissement* qui peuvent former le parapet (pont de Valschiel et, en partie, pont de la Töss) ou être placées sous la chaussée (pont de Schwandbach).

La particularité du pont de Schwandbach est la forte courbure du tablier. Il s'agit d'un chemin de montagne avec un lacet nécessairement très accentué, en raison de l'étroitesse du ravin. Un pont droit exigerait des travaux de terrassement formidables et un pont à tablier incurvé s'imposait. Jusqu'à présent, la réalisation d'un tel pont consistait à multiplier les appuis intermédiaires, afin que les portées ainsi réduites puissent être franchies par des poutres ou des arcs rectilignes. Mais, pour bien adapter le polygone ainsi obtenu à la courbure désirée, on a recours à un grand nombre de piliers hauts et onéreux. Pour éviter ce grave inconvénient, Maillart a donné au tablier, bordé de deux *poutres de raidissement*, une forme circulaire ou elliptique. Cette solution est fortement discutée du point de vue technique et esthétique. Ce que nous pouvons ajouter, c'est que, de ce dernier point de vue, la solution de Maillart mène à un résultat supérieur à tout ce qui a été fait jusqu'à présent. De plus, elle est infiniment moins coûteuse que la solution employée par le système courant.

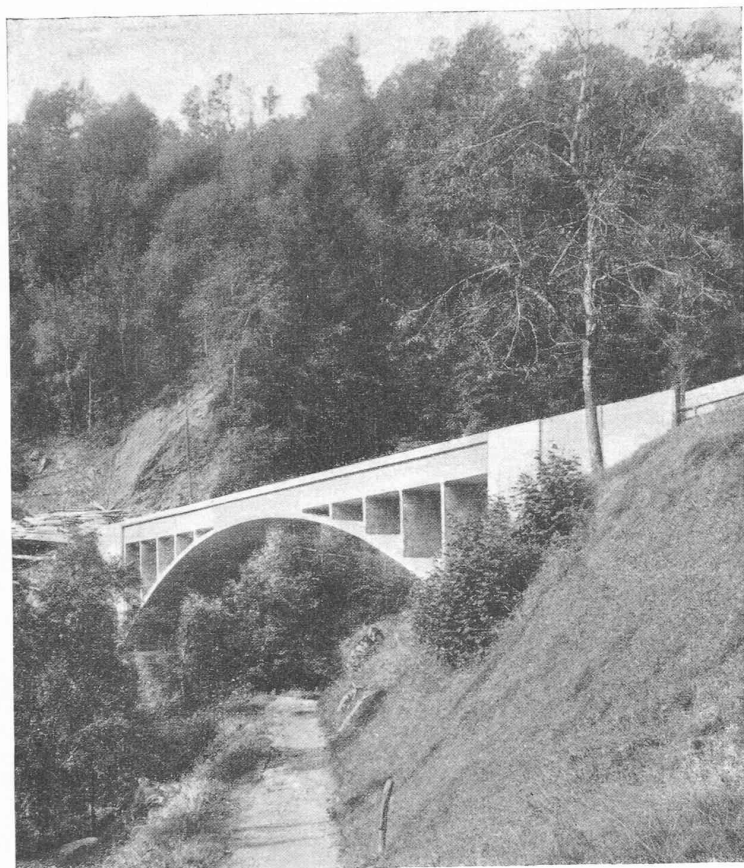


Fig. 8. — Pont sur le Traubach.
1932.

Projet Maillart.

Exécution Vifian et Zuccotti.

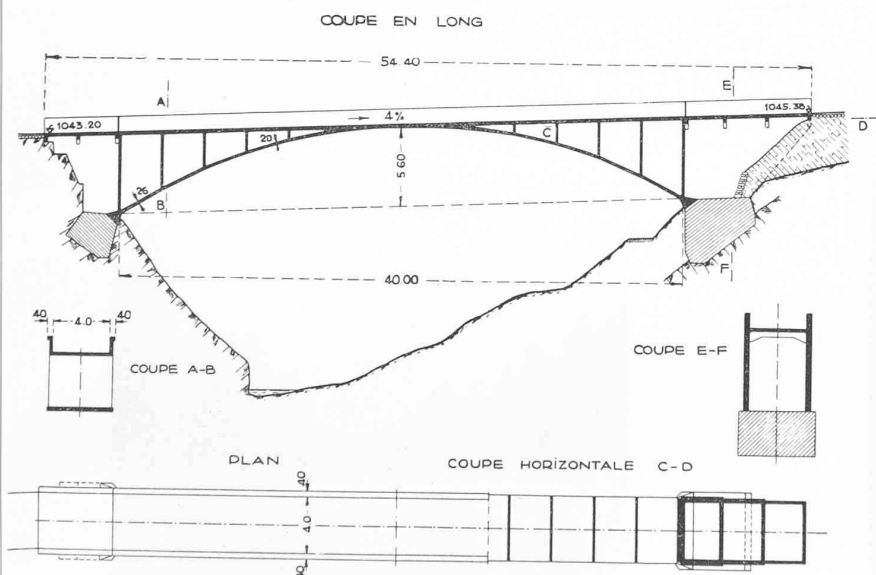
appartenant à la mollasse d'eau douce, l'une gréseuse, l'autre marneuse. Il a semblé opportun d'établir une corrélation entre le comportement technique des deux matières soumises à l'expérience et leur composition granulométrique et chimique.

La mollasse du plateau genevois se compose de roches très variées quant à la composition minéralogique, la résistance et la couleur. Les *roches gréseuses*, parfois, mais rarement, dures à la façon des grès proprement dits, plus souvent tendres à la taille, sont généralement de couleur gris vert. Il existe des variétés colorées en rouge ou tachetées. Ces grès tendres sont gélifs, grâce à une assez forte teneur en éléments très fins de l'ordre de $1\ \mu$ et surtout parce que les éléments constitutifs ne sont jamais liés par un ciment cristallin formé postérieurement au dépôt. Autrefois assez largement utilisés comme pierre de taille, aujourd'hui, précisément à cause de leur gélivité, ils sont complètement abandonnés au profit d'autres matériaux.

Les *marines*, généralement d'une extrême finesse, très compactes à l'état sec, présentent des variations encore plus fortes que les grès, en ce qui concerne la couleur. Les *marines* bariolées, rouges violacées, ou gris verdâtre, sont les types dominants. Les passages d'un type à l'autre sont fréquents, et l'on peut en dire autant entre les grès et les *marines*, qui présentent souvent une allure lenticulaire, avec des zones de contacts très irrégulières et peu nettes. Il n'est pas rare de trouver des nodules de marne dans des grès, ou de grès dans des *marines*. Le peu de restes organiques qu'ils ont livrés permet de classer tout cet ensemble parmi les formations continentales d'eau douce ou saumâtre, mais il est difficile de préciser le régime de la sédimentation qui leur a donné naissance. Tout le groupe ap-

partient à l'oligocène supérieur, du moins en ce qui concerne les affleurements visibles sur le territoire genevois.

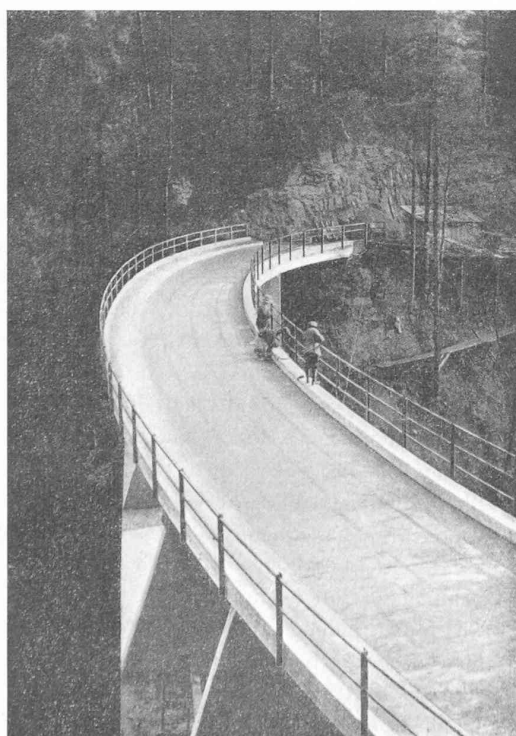
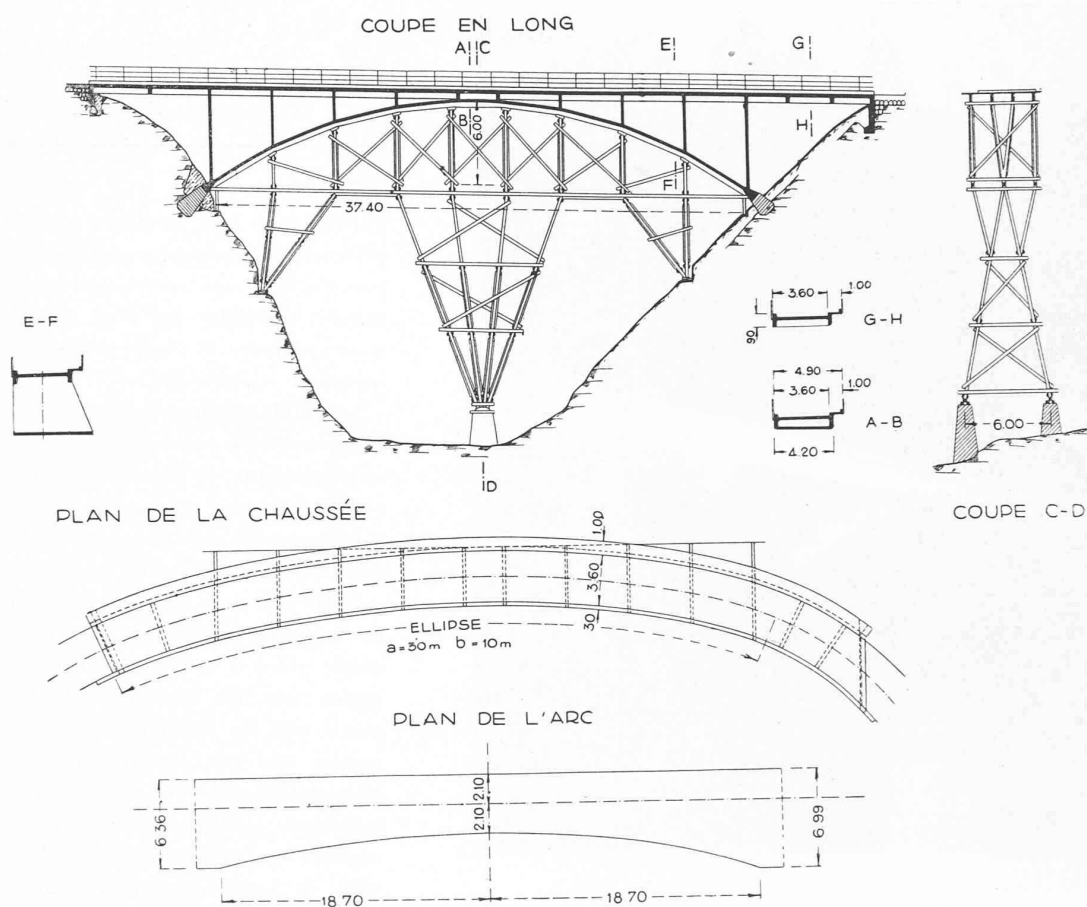
Une propriété caractéristique des *marines*, aussi bien que des *marines* faiblement gréseuses, est la suivante : un fragment séché, lorsqu'on le plonge dans l'eau, se désagrège d'autant plus rapidement que la proportion de sable est plus faible. Le comportement est peu différent de celui des divers silicates rentrant dans le groupe des argiles, et en particulier de la *montmorillonite*.



Composition granulométrique d'un grès et d'une marne de la mollasse aquitanienne du plateau genevois,

par E. JOUKOWSKY, ingénieur-géologue, à Genève.

A l'occasion de l'étude des fondations de l'usine hydro-électrique du Verbois, à Genève, des mesures de résistance à la compression ont été faites, en 1938, sur deux couches



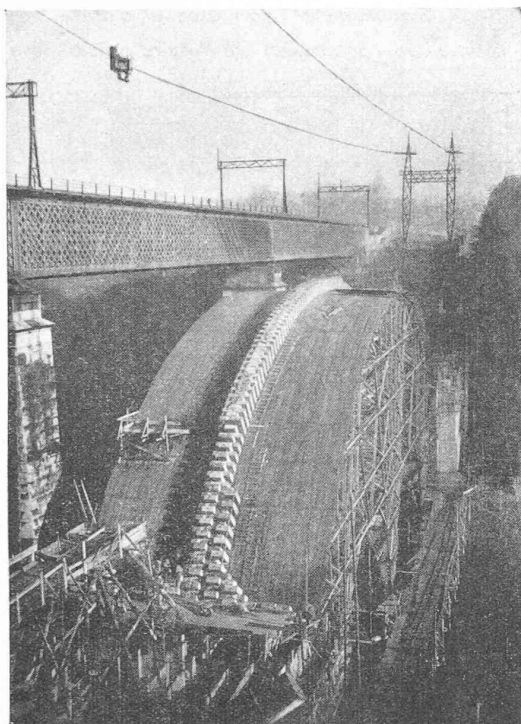
Pont sur
le Schwandbach.
1933.

Projet *Maillart*.

Exécution
*Losinger et
Binggeli*.

Fig. 9.





Première étape.

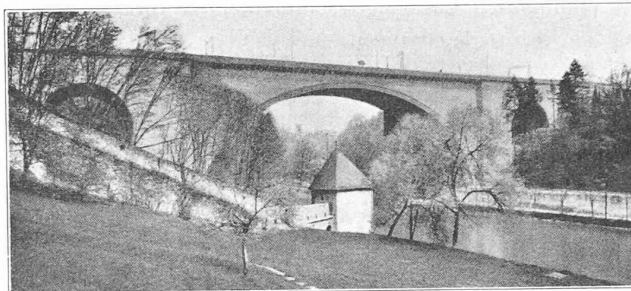
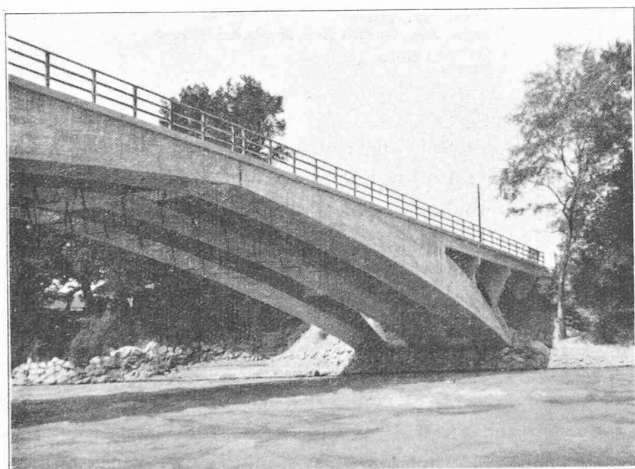


Fig. 10. — Pont de la Lorraine, à Berne.

Projet Maillart. — Architectes, MM. Klauser et Streit.

Exécution Losinger & Cie.

Fig. 11. — Pont sur l'Arve, à Vessy.

1936.

Projet Maillart. — Exécution Ed. Favre.

Profil ogival, rationnel, des arches.

ÉVOLUTION DE LA CONSTRUCTION DES PONTS EN BÉTON ARMÉ

Composition minéralogique des grès. — Les grès contiennent deux éléments distincts, en proportion variable : d'une part la partie sableuse formée des plus gros minéraux, isolés pour la plus grande majorité, auxquels s'ajoutent de très rares fragments attribuables à des roches. Tous ces éléments sont ceux qui constituent les roches des Alpes, quartz, micas, chlorites, fragments de grès et de calcaires, pour ne citer que les principaux.

Une autre partie est constituée par les éléments fins, de l'ordre de $1\ \mu$. Ceux-ci ne sont plus déterminables au microscope polarisant. D'autre part, la séparation mécanique en vue d'une analyse chimique, serait aussi une opération fort compliquée. Les grains se présentent sous forme de lamelles très fines ayant une réaction nette en

lumière polarisée. Pour compléter la connaissance de ces particules, constituant principal des couches marneuses, je me suis borné à une analyse chimique du résidu de décantation, c'est-à-dire du trouble surnageant après deux heures de décantation sur 10 cm de hauteur de chute ; sous le microscope, ce trouble apparaît comme une poudre ultra-fine et très homogène, formée en majeure partie de lamelles de formes diverses. La composition est la suivante :

CaCO_3	—	9,20
SiO_2	—	48,30
Al_2O_3	—	18,50
Fe_2O_3	—	2,10
H_2O	—	21,20