

Béton armé: quelques faits nouveaux

Autor(en): **Elskes, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **27 (1901)**

Heft 16

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-22141>

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.

Bulletin Technique de la Suisse Romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES. — PARAISSANT DEUX FOIS PAR MOIS

Rédacteur en chef et Editeur responsable : E. IMER-SCHNEIDER, Ingénieur-Conseil, GENEVE, Boulevard James-Fazy, 8

SOMMAIRE : *Béton Armé*, quelques faits nouveaux, par M. E. Elskes, ingénieur. — *Exposition Cantonale Vaudoise à Vevey* (avec illustrations), par M. Ch. Panchaud, ingénieur. — *Rapport de M. C. Buttica* sur l'Exposition Universelle de Paris 1900 (suite, voir les articles précédents : pages 105 et 110). — *Concours du Musée de Genève* : Note de la rédaction et lettre de M. A. Brémont, architecte. — *Tunnel du Simplon* : Etat des travaux au mois de juillet 1901. — **SUPPLÉMENT.** *Concours* : Pont du Chaudron à Lausanne. — *Résultats de Concours* : Gares du chemin de fer Châtel-Bulle-Montbovon. — *Chronique* : Construction d'un nouvel Hôtel des monnaies, Berne. — *Planches hors texte* : Concours du Musée de Genève : Projet de M. Edmond Fatio, architecte, de Genève.

BÉTON ARMÉ

Quelques faits nouveaux

Communication faite à la Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes, le 10 novembre 1900, par E. Elskes, ingénieur des ponts J.-S.

Les notes qui suivent n'ont d'autre prétention que de renseigner brièvement sur l'état de la question ceux de nos confrères qui suivent avec intérêt, mais de loin, le développement remarquable des applications du béton armé.

Il est difficile de lire tout ce que des plumes autorisées ou intéressées déversent journellement, à propos de béton armé, dans les périodiques dont le flot nous envahit, et il peut être utile d'ailleurs de consigner dans nos modestes annales ce qu'on en devait penser à la fin du siècle, au moment où le béton armé, sorti de la période de la défiance et des timides essais, acquiert une vogue presque exagérée et paraît devenir au contraire — ô faiblesse humaine — l'objet d'un engouement aveugle et, craignons-le, le sujet d'expériences amères.

Nous avons assemblé ces notes à la hâte pour remplacer au pied levé un conférencier empêché et nous les offrons ici, comme alors, pour ce qu'elles sont, de simples pages de calepin mal ordonnées.

Et pour mieux marquer le peu de cas qu'elles ont dû faire de l'ordre chronologique, nous mettrons en avant la plus récente de toutes, si récente même qu'elle est postérieure en date à notre communication de cet hiver; mais elle y formera une introduction précieuse. D'ailleurs ce qui est tout nouveau est toujours d'un intérêt plus vif et les pédagogues d'aujourd'hui disent avec raison que l'histoire s'apprend mieux en remontant du temps présent aux lointaines origines qu'en commençant par celles-ci.

Nous commencerons donc par citer l'expérience d'un homme extrêmement compétent en matière de ponts, M. Rabut, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et ingénieur principal à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Cet ingénieur éminent a publié dans le *Génie civil*, du 7 juillet 1900, une description détaillée des travaux

aussi difficiles qu'importants dont il avait été chargé par la Compagnie de l'Ouest en vue de l'Exposition universelle de 1900, travaux que, seul à peu près, il a réussi à achever à temps, grâce au béton armé, dit-il, grâce aussi, ajouterons-nous, à la clairvoyance et à l'énergie dont M. Rabut a fait preuve

Un numéro plus récent du *Génie civil*, celui du 6 juillet 1901, contient une nouvelle description, celle des travaux de la ligne non encore terminée d'Issy à Viroflay (tronçon de celle de Paris à Versailles par Meudon-Val Fleuri), travaux où les applications du béton armé sont encore plus nombreuses et plus variées.

Interviewé récemment, M. Rabut a bien voulu nous communiquer ce qui suit à l'intention des lecteurs du *Bulletin* :

« J'ai commencé en 1897 à appliquer le béton armé; c'est surtout sur la ligne de Courcelles à Passy, où le nombre des voies a été porté de deux à quatre, que j'en ai fait usage, savoir :

a) Comme couverture partielle de tunnels, sur des portées de 5 à 15 mètres, sous la place Péreire, les avenues des Ternes, de la Grande Armée et du Bois de Boulogne, et l'avenue H. Martin.

b) Comme ponts, de 12 à 15 mètres de portée au-dessus des voies, ponts sur lesquels reposent les bâtiments entièrement reconstruits des stations de Neuilly-Porte Maillot et de l'avenue du Bois de Boulogne.

c) Comme passerelles, de 12 à 13 mètres de portée, au-dessus des voies, dans ces deux stations et celle de l'avenue H. Martin.

d) Comme encorbellements, de 3 mètres de saillie maximum, supportant des deux côtés de la ligne les trottoirs et une partie des chaussées des boulevards Péreire, Lannes et H. Flandrin.

J'ai aussi fait faire dans divers bâtiments de la maçonnerie armée et puis, sur la même ligne, les huit ponts reconstruits sous des rues, ponts dont l'ouverture a dû être doublée et portée ainsi à 16 et 18 mètres sans qu'il fût possible d'augmenter l'épaisseur des tabliers, qui est d'environ un mètre. Ces ponts sont à poutres droites en acier entièrement noyées, sauf la semelle inférieure, dans la maçonnerie de voûtines en briques dont les axes sont parallèles à ceux des poutres, et dans

un massif supérieur de béton de ciment, sur lequel repose directement l'asphalte de la chaussée.

J'ai exécuté d'autres travaux sur la ligne d'Issy à Viroflay, ils comprennent :

- a) Beaucoup d'égoûts, de diverses sections.
- b) 75 regards fabriqués d'avance pour l'aqueduc central du tunnel de Meudon.
- c) De longs garde-corps sur des viaducs en maçonnerie.
- d) Des fondations sur terrains compressibles pour ponts, viaducs, murs de soutènement et bâtiments des stations.
- e) Des encorbellements établis en prolongement des culées des grands viaducs en maçonnerie, en vue d'économiser, tant sur la fondation que sur la maçonnerie en élévation.
- f) Enfin, des escaliers et planchers dans les bâtiments des stations.

La maçonnerie armée a aussi été employée sur cette ligne, dans des têtes de souterrains pour lesquelles on avait à craindre une poussée au vide et dans les culées d'un pont biais de 25 mètres d'ouverture à Chaville, pont entièrement construit en maçonnerie brute de meulière et ciment, sans aucune pierre d'appareil.

Sur la ligne des Invalides à Puteaux, on exécute en 1901, en béton armé :

- a) Le mur de soutènement du quai militaire du champ de manœuvres d'Issy.
- b) Les fondations sur sol très compressible des bâtiments et du mur de soutènement de la halte d'Issy, ainsi que les escaliers très élevés de cette halte, directement posés sur un remblai d'exécution récente.

Enfin, l'application du béton armé au pont sur la vallée de la Pétrusse, à Luxembourg, se présente dans des conditions nouvelles : il s'agit de construire un viaduc en maçonnerie dans lequel la partie centrale de la voûte, sous la chaussée, est supprimée par économie ; elle sera remplacée par un tablier en béton armé reposant sur les bandeaux des têtes. L'économie est d'autant plus grande que l'arche unique dont se compose le viaduc doit avoir 84 mètres d'ouverture et sera par conséquent la plus grande voûte qui existe au monde. Elle s'exécute sous la direction de M. l'ingénieur en chef Séjourné, qui a bien voulu me demander le projet du tablier en béton armé.

Les travaux que je viens d'énumérer sont exécutés suivant plusieurs systèmes différents, brevetés ou non ; mais je me conforme le plus possible aux principes que voici et que je considère comme des règles presque absolues :

1. Les assemblages de fer à fer sont inutiles, le béton étant l'assemblage le plus économique.

2. Il convient d'avoir toujours au moins deux systèmes d'armatures distincts : l'un contre l'extension, l'autre contre le cisaillement du béton ; s'il y a lieu, une troisième armature contre la compression n'est pas à dédaigner.

3. Les armatures doivent travailler suivant leur direction même, de façon à ne provoquer entre le fer et le béton que des réactions tangentielles, à l'exclusion d'efforts normaux.

4. Il faut profiter de tous les moyens d'augmenter la solidarité entre les diverses parties de chaque ouvrage, pour ce motif que l'encastrement dû au joint rigide, qui, dans la construction métallique, exige une forte dépense supplémentaire de matières et de main-d'œuvre, ne coûte pour ainsi dire rien dans le béton armé, puisqu'il suffit pour l'obtenir de prolonger les fers de l'une des pièces à réunir dans l'épaisseur de l'autre.

5. On peut, en revanche, escompter franchement la solidarité ainsi obtenue, afin de réaliser les économies qu'elle comporte.

6. En vue de cette même solidarité, il convient de se garder de faire varier notablement les sections d'une pièce à la voisine, ou dans une même pièce, puisqu'elles tendent à s'entraider et à se répartir également les charges ; la constitution du béton armé est essentiellement démocratique.

J'ai toujours employé des armatures en fer, et du béton de gravier fin dosé à 300 kg par mètre cube de béton en œuvre : une seule exception a été faite pour les tabliers sous les bâtiments de Neuilly et de l'avenue du Bois de Boulogne, qui devaient supporter des charges formidables : on y a porté le dosage à 400 kg. Je crois d'ailleurs qu'on a fait là une dépense inutile.

La qualité des fers était fixée, ainsi que les essais auxquels ils devaient être soumis, par le cahier des charges pour constructions métalliques de la Compagnie de l'Ouest.

Mes calculs ont été établis suivant une méthode qui est, je crois, la plus simple de toutes celles qu'on peut imaginer et qui, pour ce seul motif, m'a paru préférable aux autres. Elle repose sur les principes suivants :

1. Négliger complètement la résistance du béton, tant à l'extension qu'au cisaillement.

2. A la compression, admettre qu'il résiste jusqu'à concurrence de 25 à 30 kg par cm² de pression moyenne.

3. Dans le calcul du hourdis à nervures, qui est l'élément fondamental et presque universel du béton armé, compter le hourdis seul pour la résistance à la compression.

Il est intéressant de comparer les résultats de cette méthode, qu'on peut qualifier de pessimiste, avec ceux de la méthode bien connue des professeurs Ritter et

von Thullie ; celle-ci est, au contraire, optimiste, puisqu'elle traite le béton comme parfaitement élastique, à l'extension aussi bien qu'à la compression. Cette comparaison fait voir que ces deux méthodes, opposées en principe, ne conduisent pas à des proportions différentes pour les ouvrages, à la condition de choisir convenablement, pour l'application de chacune d'elles, les limites théoriques de fatigue à imposer aux matériaux.

En définitive, c'est le choix de ces limites qui est tout, celui des hypothèses théoriques n'a pas d'influence notable sur les projets ; mais les calculs, assez laborieux par la méthode de Ritter, sont au contraire, extrêmement simples et surtout très transparents par celle que je pratique.

J'entends souvent reprocher au béton armé de ne pas se calculer aussi exactement que les constructions métalliques ; à mon avis, c'est le contraire qui est vrai : les formules des ponts métalliques sont dans leur principe aussi arbitraires et aussi loin de l'expression des déformations réelles⁽¹⁾ que celles du béton armé ; mais celles-ci ont l'avantage de contenir deux fois plus de paramètres, ceux du fer et ceux du béton, ce qui leur permet, ces paramètres convenablement choisis, de serrer la réalité de beaucoup plus près. Sans doute, ces paramètres sont conventionnels, mais cette imperfection est, je le répète, encore plus grande, plus choquante pour les constructions métalliques que pour celles en béton armé.

Le cahier des charges adopté par mon service pour les travaux en béton armé prescrit que les ouvrages seront éprouvés sous des surcharges dépassant de moitié celles qui servent de base aux calculs et que, dans ces conditions, la flèche réelle ne dépassera pas une certaine limite, généralement fixée au 1:500^e de la portée, par comparaison avec des ouvrages antérieurement construits. Ces épreuves ont toujours été faites avec beaucoup de soin et accompagnées de mesures précises des déformations ; la limite assignée aux flèches n'a jamais été atteinte.

Dans ces épreuves, de même que dans les nombreuses expériences que j'ai eu l'occasion de faire sur des poutres d'essai, on a toujours constaté sous les premières surcharges une déformation permanente, ce qui n'a presque jamais lieu dans les charpentes métalliques rivées.

D'autre part, la déformation locale accusée par les appareils, varie énormément d'un point de la surface à un point très voisin, ce qui est l'indice certain de fissures

se produisant dans le béton dès les premières applications de la surcharge.

Mais le fait le plus saillant et le plus important au point de vue des règles de construction à en déduire est, sans aucun doute, la constatation d'une solidarité encore plus grande qu'on ne l'avait prévue, bien que ce fût là une des bases essentielles de mes projets, entre les diverses parties de chaque ouvrage.

Depuis qu'on expérimente les ponts métalliques, la même loi a été constatée à leur égard et cela n'aurait dû surprendre personne, puisque le calcul usuel de ces ouvrages néglige une grande partie des réactions mutuelles des pièces et principalement des réactions couples, qui sont souvent très énergiques. Mais la solidarité des massifs de béton armé dépasse énormément celle des ouvrages métalliques, et cela encore ne doit pas surprendre, si l'on réfléchit à la disproportion d'attache dans l'un et l'autre système.

Ajoutons enfin que, non seulement après les épreuves, mais plusieurs fois depuis, tous les travaux terminés ont été inspectés minutieusement et qu'on les a toujours trouvés exempts de toute détérioration, si faible qu'elle soit. Aucun accident ni incident ne s'est produit d'ailleurs en cours d'exécution.

L'emploi du béton armé sur une très grande échelle, pour le doublement des voies de Courcelles à Passy, a été décidé en cours d'exécution, pour éviter les retards qu'on prévoyait et qui se sont produits effectivement dans l'exécution des constructions métalliques, par suite du nombre exagéré des commandes qu'avaient acceptées les constructeurs pour la période des travaux de l'Exposition. L'espoir fondé sur l'emploi du béton armé a été pleinement justifié, puisque, malgré des sujétions d'exécution tout à fait exceptionnelles, résultant du fréquent passage des trains, la ligne a pu être livrée à une exploitation complète le 10 avril, avant l'ouverture de l'Exposition, tandis que la ligne d'Austerlitz au quai d'Orsay et le Métropolitain, pour lesquels le même parti n'avait pas été adopté, n'ont été ouverts que plusieurs mois plus tard à une exploitation partielle.

Et cependant, les chantiers de construction de ces deux chemins de fer étaient en dehors des lignes exploitées et ils profitaient d'un moyen puissant d'accélération des travaux, dont la ligne de Courcelles à Henri Martin n'a pu disposer : l'évacuation des déblais par la Seine.

La supériorité dont le béton armé a fait preuve en cette occasion sur la construction métallique et, à certains égards, sur la construction en maçonnerie doit être attribuée aux causes suivantes :

Possibilité d'approvisionner les matériaux petit à petit, au fur et à mesure des besoins, sans encombrer

⁽¹⁾ Il est utile de rappeler ici que M. l'ingénieur en chef Rabut est l'homme au monde qui a contrôlé par l'expérience le plus de calculs de ponts en fer et qui en a le mieux senti l'insuffisance ; il n'en faut pas conclure, car telle n'est pas la pensée de M. Rabut, que ces calculs soient tous faux ou superflus ; voir son mémoire sur l'Etude expérimentale des ponts métalliques, Annales des ponts et chaussées, 1896. III ; ce mémoire a obtenu la médaille d'or des Annales.

les voies publiques ni la tranchée du chemin de fer par le transport, le déchargement, le dépôt et le bardage de longues pièces métalliques.

Faculté d'interrompre le travail à l'improviste, en cas de besoin, et de le reprendre de même.

Suppression du tapage produit par le rivetage, que les riverains du chemin de fer n'auraient pas toléré, une grande partie des travaux ne pouvant se faire que pendant la nuit.

Faculté d'adapter les nouveaux ouvrages aux anciens en partie démolis et de les mouler, en quelque sorte, à la demande des maçonneries existantes, avec des implantations absolument quelconques, en général très irrégulières.

Suppression, par suite, de toute conséquence grave des erreurs d'implantation inévitables dans un travail aussi compliqué, où les ouvrages se commandaient les uns les autres sans interruption et qui ne forme pour ainsi dire qu'un seul et immense ouvrage d'art de trois kilomètres de longueur.

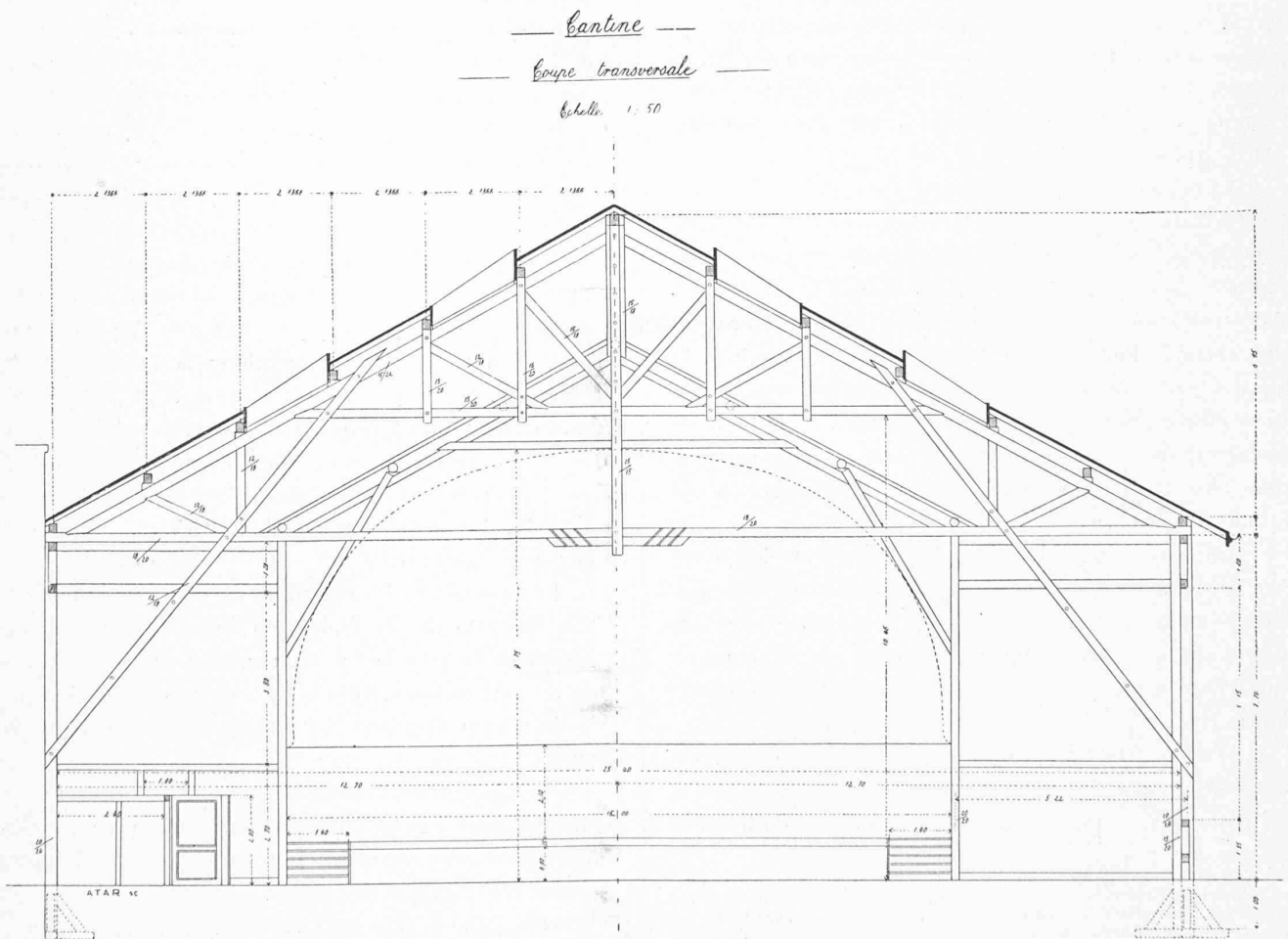
Economie sur la durée totale de l'exécution, malgré

le délai nécessaire pour le durcissement du béton, chaque ouvrage ou partie d'ouvrage pouvant se commencer quelques jours après la commande.

A ces avantages qui ont assuré la rapidité d'exécution sans égale dont on avait besoin, s'en joint un autre, également précieux pour les lignes interurbaines, et relatif à la conservation des ouvrages: on sait que, sur ces lignes, les pièces métalliques apparentes au-dessus des voies sont promptement rongées par la fumée: la ligne d'Auteuil offrait précisément les spécimens les plus typiques de ce genre d'altération, qui n'est aucunement à craindre pour le fer revêtu de béton.

Je dirai, pour terminer, que l'expérience faite sur mes chantiers, pendant les quatre dernières années, de la construction en béton armé m'a confirmé dans la conviction que ce système de construction est préférable, en général, à la charpente métallique et à la maçonnerie et est appelé à les remplacer dans le plus grand nombre de leurs applications. »

Voilà, certes, une feuille de calepin bien remplie et intéressante. Nous la ferons suivre d'une autre, tout aussi



EXPOSITION CANTONALE VAUDOISE EN 1901

actuelle; nous voulons parler des expériences de M. le chevalier Guidi, professeur à l'École royale des Ingénieurs à Turin.

Nous nous étions contenté de résumer ces expériences dans notre communication de novembre 1900, mais nous sommes heureux de donner ici la traduction complète du mémoire de M. le professeur Guidi; nous le remercions sincèrement de l'autorisation qu'il a bien voulu nous en accorder et nous remercions notre jeune collègue, M. Paris, d'avoir traduit si nettement la pensée de l'auteur et son langage aussi harmonieux que précis.
(A suivre.)

Exposition cantonale vaudoise de Vevey en 1901

par M. CH. PANCHAUD, ingénieur
Directeur des travaux de la Ville de Vevey

Le 28 juin dernier s'est ouverte à Vevey l'Exposition cantonale vaudoise. Les lecteurs du *Bulletin* liront peut-être avec intérêt quelques détails sur cette importante manifestation de la vie vaudoise.

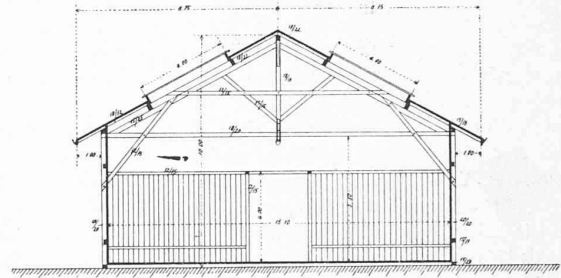
Avant de passer au contenu, examinons le contenant, soit les

bâtiments. L'emplacement choisi a été la Grande Place et la rue Louis-Meyer. En 1899 un concours fut ouvert entre les architectes vaudois ou domiciliés dans le canton de Vaud. Sept projets furent soumis à l'approbation du jury qui accorda des primes aux trois suivants :

Honos alii artes, par M. Ch. Corgny de Vevey, 1^{er} prix, 800 fr.

Pro Arte, par MM. Maurice Wirz à la Tour de Peilz et V. Chaudat à Vevey, 2^m prix, 500 fr.

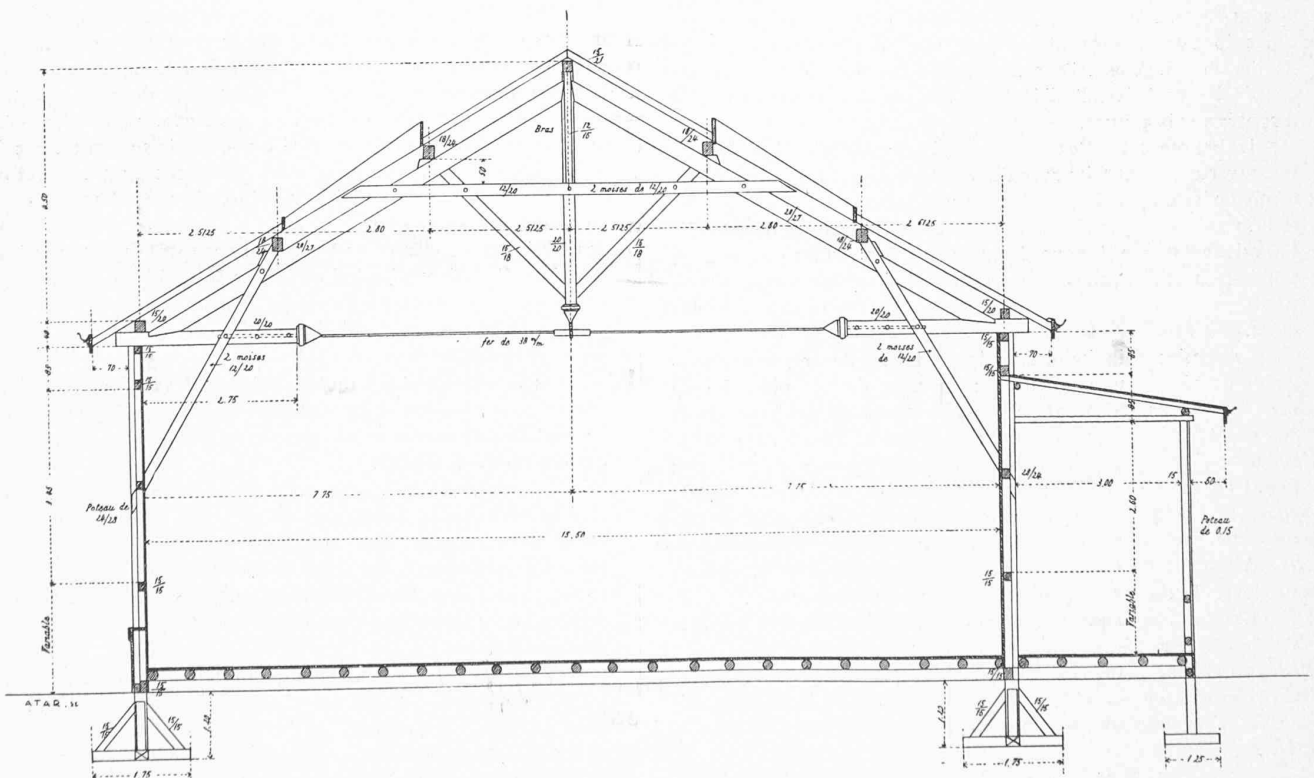
Pavillon des Beaux Arts



Echelle 1/100

Forme courante

(Portée = 15,50)



EXPOSITION CANTONALE VAUDOISE EN 1901