

Cent ans de béton armé

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69 (1951)**

Heft 50

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-58973>

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.

Cent ans de béton armé

DK 624.012.4

Une brochure richement illustrée¹⁾ donne un recueil des discours et conférences prononcés à Paris en 1949 au mois de novembre, lors de la célébration du centenaire de l'invention du béton armé, commémoration organisée par la Chambre syndicale des Constructeurs en ciment armé de France et de l'Union française. Les conférences principales sont: «Naissance du béton armé» (prof. Caquot), «Souvenirs» (Freyssinet), «L'évolution du béton armé» (Fougerolle), «Les cintres de grande portée» (Fougea), «Le béton armé dans la construction et la reconstruction des ouvrages d'art» (Boutet), «Le béton armé et le bâtiment» (Balency-Béarn), «L'avenir du béton armé» (Lossier), «L'outillage du béton armé» (Genouvillat), «Le béton précontraint» (Lebelle), «Les théories nouvelles du béton armé et la flexion élastoplastique» (Chambaud), «Le rôle de la recherche expérimentale dans l'évolution du béton armé» (L'Hermite).

Le Prof. Caquot dit fort justement qu'au milieu du dix-neuvième siècle vers 1850, toutes les bases étaient rassemblées pour l'invention du béton armé. On peut se demander si la date de 1849 est légitime et là-dessus on peut être d'opinion différente. En effet, il semble bien que le Français Lambot eût en 1848/49 l'idée de remplacer la barque en bois de sa propriété par une embarcation en ciment armé, formée d'une paroi mince (quelques cm d'épaisseur) et enrobant un quadrillage de barres de fer. Son prototype fut réalisé en 1855, présenté à l'Exposition universelle la même année, avec déposition d'un brevet, qui parle de la liaison fer et ciment. Auparavant l'architecte anglais Tye r m a n n avait déposé en 1854 une invention parlant d'une armature à utiliser dans les bâtiments et les ponts.

L'idée de la liaison du fer et du ciment est parfaitement claire, complète et consciente déjà chez l'Américain Hyatt, qui commença en 1855 des essais de poutres armées, dans lesquelles on distingue, disposée avec un sens étonnamment juste de la statique une armature située dans la partie tendue de la poutre, relevée devant les appuis, et reliée à la zone comprimée par des sortes d'étriers! Hyatt ne publia ses essais et recherches qu'en 1877, et prit en 1878 un brevet, dans lequel, chose absolument remarquable, il signalait l'importance de la surface de la barre d'armature, pour mieux la lier au ciment et pour mieux transmettre les efforts, et pensait à des sortes de nœuds! Ce fut Hyatt qui le premier plaça correctement l'armature pour augmenter la résistance à la traction, qui reconnut le caractère de sécurité du béton au feu, l'égalité des coefficients d'allongement des matériaux liés, et le rapport des coefficients d'élasticité qu'il fixa à $\frac{1}{20}$.

En 1861 le Français Lacroix fit paraître un mémoire sur des exécutions de planchers en béton armé (construction mixte avec profilés) de l'ingénieur français François Coignet, réalisées avant 1860. Le prof. Caquot chiffre aux environs de 1865 la confection des caisses à fleurs de Monier, et non pas, semble-t-il en 1849. C'est en 1867 que Monier prit le premier brevet pour les caisses à fleurs en ciment armé, où, suivant la description et les plans le fer avait la fonction de donner la forme, comme il ressort également de l'adjonction de 1873 pour les ponts. En 1875 fut exécuté le premier pont pour piétons suivant le système Monier. En 1876 Monier laisse tomber son brevet pour le reprendre en 1877 pour des traverses de chemin de fer. C'est le brevet principal de 1878, donc de la même année que le brevet que Hyatt prit sur la base de ses essais et recherches, qu'il faut considérer comme le vrai brevet Monier, car la description fort exacte parle d'un système de construction en fer et ciment, et les plans fort précis contiennent les éléments de construction. Dès ce moment Monier développa son invention avec une vigueur, une volonté, une énergie, un sens pratique admirables et il ouvrit ainsi la voie au triomphe du béton armé.

Les Allemands acquièrent en 1884 les licences Monier, et c'est ainsi que commencent avec eux les recherches expérimentales et théoriques, les essais systématiques, la science de l'exécution, qui formèrent une base sûre pour les réalisations. L'ingénieur Wayss procéda à des essais de poutres et de voûtes, rédigea en 1886 un mémoire de grande valeur sur ces

essais qu'il publia en 1887, et dans lequel K o e n e n donna la première théorie de calcul. En Allemagne, grâce à ces recherches, les réalisations se multiplièrent, par exemple en 1890 un pont de 40 m de portée et de 4,50 m de flèche, et en 1890/91 le pont route de Wildegg en Suisse, de 39 m de portée théorique et de 3,50 m de flèche, d'une conception constructive audacieuse et absolument remarquable. En France on ne sortit guère de l'empirisme et d'une foule de systèmes.

Il fallut attendre le génial esprit que fut H e n n e b i q u e et son brevet de 1892 pour voir se réaliser en France et à l'étranger la liaison absolument monolithique des éléments constructifs entre-eux. Hennebique, animé d'un sens constructif incomparable et d'un esprit créateur et clair, aux conceptions audacieuses et modernes, auteur d'une méthode originale de calcul en plasticité, a laissé des ouvrages absolument remarquables, par exemple le pont route de Châtelleraut à trois arcs de 40 et 50 m de portée en 1899, et en 1911 le fameux pont sur le Tibre à Rome, de 100 m de portée, où il appliqua dans le calcul des considérations de plasticité. En 1894 E d m o n d C o i g n e t et de T e d e s c o font une communication sur le calcul du béton armé, publiée en 1904 seulement, contenant une équation quadratique pour la position de la fibre neutre, en 1899 une théorie de calcul est imaginée indépendamment par le Belge Christophe et le prof. W. Ritter, puis en 1902 paraît le premier livre de Mörsch. Dès 1900 commence ainsi l'irrésistible et énorme développement du béton armé et du béton précontraint que nous connaissons de nos jours, et qui a envahi tous les domaines de la construction.

Nous aurions aimé voir écrire l'historique de l'invention et du développement du béton armé d'une manière plus impartiale, plus objective et plus complète, sans éveiller l'impression d'une nationalisation (7 pages pour les Français de 1820 à 1935 et 1 page pour les «étrangers» de 1824 à 1913!). Il aurait fallu ne pas perdre de vue dans une telle commémoration que le béton armé est un bien commun, inventé par plusieurs indépendamment et développé par tous, où chacun a apporté sa contribution selon le génie de sa race, et qu'on ne peut en faire un bien national.

Dans ses passionnants «Souvenirs» le génial constructeur et homme de science qu'est Freyssinet met en lumière de très audacieuses exécutions de ponts en arcs à trois articulations au début de sa carrière (ponts route du Veurdre 1911 et de Boutiron), et l'exécution en 1908 d'un arc d'essai très surbaissé de 50 m de portée et de 2 m de flèche à tirant précontraint. Il découvrit la déformation lente des bétons sous charge, le fluage du béton, mais ce n'est qu'en 1928 qu'il put mettre au point sa théorie de la déformation et de la physique des bétons, et poser la base du béton précontraint. La conférence de Fougerolle manque semble-t-il en certains points d'objectivité et d'informations sûres et complètes. Nous regrettons qu'il a été un peu trop oublié ici que Maillart exécuta en 1901 le premier pont à arc-caisson à trois articulations (pont sur l'Inn à Zuoz, $l = 30$ m) et qu'en 1905 déjà il avait porté ce type à une quasi perfection dans le pont sur le Rhin à Tavanasa ($l = 51$ m), qu'il créa les ponts à arc raidi, exécuta en premier des essais sur modèles à grande échelle pour les dalles champignons en 1908 et fixa leur forme moderne. L'œuvre de ce grand constructeur dans la première moitié de ce siècle est passée complètement sous silence, sans aucune illustration, de même que la grande œuvre des constructeurs allemands de ponts et de voiles minces, et celles des Italiens dans les barrages modernes. Dans les ponts de chemin de fer le pont de Langwies (Suisse) construit en 1912/14 par Züblin avec une portée de 100 m franchie par deux arcs jumelés fut oublié aussi. Il est malheureux de constater que les noms de certains grands réalisateurs et chercheurs semblent systématiquement exclus ou oubliés, alors que d'autres sont cités. Il est encore plus malheureux de devoir constater que certains Français eux-mêmes semblent exclus.

Dans les ponts routes en béton armé et béton précontraint la limite technique des portées est d'après Lossier de 1500 m pour les arcs et de 500 m pour les poutres. Dischinger sur la base de projets d'exécution fixe la limite pour les poutres de ponts de chemin de fer à 150 m. Si l'on caractérise avec Spangenberg les ponts en arc par le coefficient de hardiesse a (rapport du carré de la portée à la

¹⁾ Cent ans de béton armé 1849—1949, 215 p. avec nombreuses fig. Paris 1951, Editions Science et Industrie. Prix broch. 1000 frs. fr.

flèche) les étapes principales du développement des ponts à arc à tablier supérieur sont: le pont de Wildegg (1890, $l = 39$ m, $a = 492$ m), pont sur l'Aar à Aarburg (Maillart 1911, $l = 67,8$ m, $a = 662$ m), pont sur le Tibre à Rome (Hennebique 1911, $l = 100$ m, $a = 1000$ m), pont du Veurdre sur l'Allier (Freyssinet 1911, $l = 72,5$, $a = 1082$ m), pont de chemin de fer de Langwies (Züblin 1912, $l = 100$ m, $a = 238$ m), pont sur le Mississippi près de Minneapolis (1923, $l = 122$ m, $a = 544$ m), pont de la Caille (Caquot 1926/28, $l = 140$ m, $a = 728$ m), pont de Plougastel (Freyssinet 1926/1930, $l = 180$ m, $a = 985$ m), pont du Traneberg à Stockholm (1932/33, $l = 181$ m, $a = 1250$ m), pont sur la Moselle à Coblenz (Dischinger 1933, $l = 107$ m, $a = 1410$ m), pont de chemin de fer sur l'Aar à Berne (CFF 1938/39, $l = 150$ m, $a = 650$ m), pont de chemin de fer sur le Rio Esca (1936/42, $l = 172$ m, $a = 762$ m), pont de Sandö (1942/43, $l = 264$ m, $a = 1740$ m). Il existe des projets non exécutés de ponts routes de Dischinger ($l = 260$ m, $a = 4000$ m), de Hawranek ($l = 400$ m, $a = 1600$ m), de Mesnager-Guerrin ($l = 400$ m), et de pont de chemin de fer de Dischinger ($l = 180$ m, $a = 1800$ m). Les ponts en arc à tabliers suspendus peuvent être d'une grande beauté: pont de Castelmoron sur le Lot à barres de suspente obliques (Christiani et Nielsen 1933, $l = 143,5$ m, $a = 790$ m), pont de la Roche-Guyon (Boussiron 1934, $l = 161$ m, $a = 1127$ m), le pont de la Coudette comme bow-string (Boussiron 1943, $l = 111$ m). Il ne faut pas oublier non plus les très belles exécutions de Christiani et Nielsen en Suède, selon le Système du Dr. Nielsen, les quatre arcs de 80 m de portée du pont sur l'Angermanelven près de Hammar, si harmonieux de lignes dans la nature, et sur la même rivière encore l'arc de 121 m du pont près de Eds Kyrka; au Danemark enfin les deux arcs de 90 m du pont d'Aggersund sur le Limfjord (Ostenfeld et Jönson). Les ponts poutres exécutés ne dépassent pas les 100 m: nous comptons un pont en béton précontraint sur le canal du Neckar à Heilbronn exécuté par le Dr. Leonhardt en 1951 avec une portée médiane de 96 m. Il existe en béton précontraint des projets de ponts routes de 180 m du prof. Dischinger, de 260 m du prof. Ros, de 400 m du prof. Dischinger, et pour les ponts de chemin de fer un projet d'exécution du prof. Dischinger avec 140 m de portée.

La construction des voiles minces à simple et double courbure en béton armé ou béton précontraint comme couvertures et pour les besoins industriels démontrent l'incroyable richesse de forme de la matière. Dans les comblés paraboliques avec entrant les hangars d'aviation ont atteint et dépassé la portée de 100 m (Hangars de Marignane: Boussiron), et les voiles cylindriques ont atteint la portée de 55 m avec celui du Fronton Recoletos du prof. Torroja. La portée des coupoles formées de secteurs de voiles cylindriques a au marché couvert de Leipzig 76 m (Dischinger). Dans ce même genre de voiles minces le même prof. Dischinger a établi un projet d'exécution avec une portée de 280 m avec 100 m de distance entre les poteaux porteurs. Dans les coupoles de révolution enfin le prof. Torroja a atteint au marché d'Algé-

siras une ouverture de 48 m, le voile étant posé sur huit poteaux et le tirant précontraint, et Fornerod a exécuté à Halifax (USA) un réservoir cylindrique précontraint avec une coupole de 50 m de diamètre. Dans les autres formes il faut rappeler les extraordinaires voiles minces en paraboloides hyperboliques de l'Hippodrome de Madrid construits par le prof. Torroja.

Dans la construction des barrages il a été passé complètement sous silence les magnifiques réalisations des Italiens, dans de nouvelles et audacieuses conceptions: les barrages évidés de Marcello (Bau Muggeris avec une hauteur de 60 m, et Ancipa avec 95 m de hauteur), les barrages à arc de Marcello (Santa Giustina, hauteur 152,5 m, épaisseurs moyennes à la base 16,5 m et au sommet 3,75 m), et les barrages en voiles minces à double courbure de Semenza (Lumiei: hauteur 136 m, épaisseurs à la base 16,0 m, au sommet 3,15 m; et Vajont: hauteur 262 m, épaisseurs à la base 23 m, au sommet 5,50 m).

Le développement du béton précontraint depuis 1949 est énorme, et la conférence de Lebel est complètement dépassée. Certaines conceptions ne sont même plus valables, tout particulièrement celles sur la précontrainte partielle, qui relie d'une manière continue le béton armé au béton à précontrainte totale. En 1908 Freyssinet découvrit le fluage du béton lors de l'observation d'une voûte d'essai, en 1928 il mettait au point ses recherches, prenait les brevets, et commençait les premières applications à des poteaux en 1933. En 1935 il faisait une démonstration éclatante de ses idées lors de la reprise en sous-oeuvre de la gare maritime du Havre. Dans le béton précontraint les problèmes de plasticité et de résistance jusqu'à la rupture sont brûlants d'actualité, comme le démontrent les essais sur ouvrages et les essais à outrance à grande échelle tels que ceux des Chemins de fer fédéraux allemands à Kornwestheim (Directeur Klett) sur différents systèmes de précontrainte. Ces derniers sont devenus nombreux et nous pouvons citer ceux de Freyssinet, Chalos-Béteuille, Lossier, Dischinger, Baur-Leonhardt, Finsterwalder-Dywidag, Magnel, BBRV, et Morandi-Giovanetti.

Les théories de calcul modernes, basées sur la recherche scientifique, vont remplacer la vieille méthode consacrée par presque tous les règlements officiels, théories qui permettent l'utilisation maximum des matériaux à haute qualité mis à disposition. Sur ce point également nous aurions aimé reconnaître la contribution fondamentale de plusieurs chercheurs depuis une vingtaine d'années.

L'organisation et la commémoration d'un centenaire tel que celui du béton armé soulèvent de lourdes responsabilités et de grandes exigences. Nous aurions aimé découvrir une vue d'ensemble plus large, une conception moins étroite sur la valeur des contributions des autres, une documentation plus exacte et complète, enfin une synthèse plus parfaite de l'état de ce mode de construction gigantesque qu'est le béton armé et le béton précontraint.

G. Steinmann

Fragen zum Schulhausbau

DK 727.1

Trotz den vielen in den Nachkriegsjahren bereits abgehaltenen Schulhauswettbewerben und den seither ausgeführten Neubauten steht das Problem der Beschaffung von Schulräumen immer noch im Vordergrund der Interessen. Ein Blick auf die in der letzten Zeit ausgeschriebenen Wettbewerbe beweist dies deutlich. Beweis dafür ist aber auch das Ergebnis der Volkszählung, das uns lehrt, wie die Bevölkerung der Schweiz in den Jahren von 1941 bis 1950 von 4 265 701 auf 4 714 992, d. h. um rd. 450 000 Einwohner zugenommen hat. Von dieser Entwicklung wurden zum Glück nicht nur die mittleren und grösseren Städte, sondern auch die kleineren und mittleren Industriegemeinden im ganzen Lande erfasst. Eine mehr als 10 % betragende Vermehrung der Einwohnerzahl in einem so kurzen Zeitraum gibt sehr zu denken, denn sie wird vor allem aus Kindern im schulpflichtigen Alter bestehen. Die Gemeinden sind vor dringend zu lösenden Aufgaben gestellt. Man kennt Gemeinwesen, die eben erst ihren Schulhaus-Neubau bezogen haben und schon an seine Erweiterung denken müssen; es gibt aber auch andere, die mit dem Schulhausbau noch arg im Rückstand sind, was hauptsächlich bei den grösseren Städten zutrifft, die in den letzten

vier Jahren ständig Schulhäuser bauen und beziehen konnten und immer noch über akuten Raummangel klagen.

Die allgemeine Schulhausplanung ging der Entwicklung zum Glück fast überall voraus. Die Standortfrage, die Ausgestaltung der Grünzone und der Schulwege ist weitgehend abgeklärt, so dass es sich heute meistens nur noch um den Bau des Schulhauses und nicht mehr um die Wahl der Grundstücke handelt. Gerade in dieser Hinsicht ist das Gedankengut der Landesplanung auf fruchtbaren Boden gefallen. Auch kleinere Gemeinden machten sich die Erfahrungen der Städte zu nutzen und schieden in ihren Baugebieten Grünzonen aus, die zur Aufnahme von Schulbauten und andern öffentlichen Werken bestimmt sind. Trotz der bekannten Abneigung gegen die Planung im allgemeinen bringt man für diese Spezialfrage im ganzen Lande grosses Verständnis auf. Die Bereitstellung von Zonen für den Bau von Kirchen, Schulen, Sportplätzen, Friedhöfen u. a. m. fällt im Volk auf günstigen Boden selbst dann, wenn man das konkrete Bedürfnis für den Bau der Anlagen noch nicht mit Zahlen nachweisen kann.

In diesem Zusammenhang ist sehr zu bedauern, dass der