

# Confection rationnelle du béton: aperçu des recherches de la "Commission autrichienne des bétons armés"

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **60 (1934)**

Heft 11

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-46387>

## **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.

estime peu important mais qui, au contraire, est essentiel. Il va sans dire que, quel que soit le sens de rotation adopté, les véhicules quittent le refuge central ou y abordent tangentiellement; mais alors qu'entre deux véhicules circulant en sens inverse et dont l'un, le tramway, suit un chemin clairement fixé par sa voie, les risques de collision sont quasi nuls, il en va tout autrement lorsque la largeur de chaussée disponible se rétrécit progressivement au fur et à mesure qu'un tramway chemine parallèlement aux véhicules routiers. L'expérience ayant maintes fois confirmé la justesse de ce point de vue, il ne pouvait être question de commettre à Cornavin l'erreur qui aurait consisté à faire tourner les tramways dans le même sens que les véhicules.

## Confection rationnelle du béton.

*Aperçu des recherches de la « Commission autrichienne des bétons armés ».*

Dès le début de l'emploi du béton armé pour des constructions d'encombrement et de poids propre minima, une statique du béton armé s'est constituée et a atteint rapidement un très haut degré de développement. Pendant plusieurs dizaines d'années, elle a dominé presque exclusivement les recherches expérimentales. Mais au fur et à mesure de ses progrès cette statique a prescrit des spécifications de plus en plus sévères quant à la régularité des propriétés du béton lui-même. Jusqu'alors on avait cherché à obtenir cette régularité principalement par un dosage rigoureux du ciment: mais la pratique démontra bientôt incontestablement qu'en dehors de la proportion de ciment il y avait nombre d'autres variables dont dépendent les propriétés du béton fini. Malgré des efforts considérables dans tous les pays, on n'a pu les déterminer, en employant des méthodes expérimentales de description et de comparaison, qu'en imposant des limites très étroites aux conditions de réalisation de chaque cas particulier.

On connaît les travaux exécutés par *Abrams*, à l'Institut Lewis de Chicago, en 1918, et qui firent sensation à cette époque. Pour la première fois l'attention fut attirée, bien qu'avec certaines restrictions, sur la relation qui existe entre la quantité d'eau nécessaire à la confection du béton et un certain indice du squelette du béton appelé « module de finesse ». Environ cinq ans plus tard, à la suite de recherches pratiques, un Suisse, le professeur *Bolomey*, établit de son côté, l'existence d'un rapport numérique entre les dimensions des matériaux entrant dans la confection du squelette et la quantité d'eau nécessaire pour le gâchage. Malgré ces recherches, la plupart de ceux qui se consacrent à l'étude de cette question croient que la complexité des conditions physiques rend impossible un traitement mathématique de ce problème et que seule la méthode compliquée de la recherche expérimentale descriptive et comparative reste ouverte.

Seuls un très petit nombre de savants et de chercheurs — principalement des allemands, des tchéco-slovaques et des autrichiens — persuadés de la haute valeur des principes d'*Abrams* et de *Bolomey* en ont entrepris une étude théorique, soit par des procédés graphiques, comme le Dr *Hummel*, à Berlin et *Spindel* à Vienne, soit par des méthodes de calcul, soit par des procédés mécaniques, comme *Stern* et le Dr *Vieser* à Vienne, soit enfin par des méthodes pratiques de construction comme *Brebera* à Prague.

On conçoit sans peine qu'avant toute chose il convient d'expliquer et de développer les principes proposés par *Abrams* et *Bolomey*. On fut ainsi amené à ne pas considérer momentanément l'application immédiate au domaine technique, beaucoup moins encore que ne l'avaient fait *Abrams* et *Bolomey*, (à l'exception toutefois de la mise en valeur expérimentale faite par *Brebera*) pour ne traiter que le caractère mathématique du module de finesse, caractère mathématique qui comporte l'étude des éléments suivants: La puissance granulométrique — Les possibilités générales d'établissement de celle-ci à partir de séries logarithmiques servant d'échelles de mesure — La possibilité de former la puissance granulomé-

trique finale à partir des puissances granulométriques partielles et, inversement, de décomposer la puissance granulométrique finale en puissances granulométriques partielles. La définition univoque des gradations par les puissances granulométriques d'ordre supérieur et inférieur. Les relations entre les puissances granulométriques, la surface granulaire, les fonctions (courbes) potentielles, et enfin l'établissement d'équations granulométriques pour des répartitions granulaires quelconques.

Personne ne s'étonnera que l'étude de thèmes semblables n'ait guère pu trouver d'écho chez les praticiens du béton et que même, beaucoup de chercheurs spécialisés dans le domaine de la résistance des matériaux les aient considérés comme des rêveries mathématiques ou comme des subtilités sans valeur pratique.

C'est ce qui rend d'autant plus intéressante et plus utile, la position prise par la Commission autrichienne pour le béton armé à l'égard de ces tendances nouvelles, position qui est définie dans le N° 14 des « Communications sur les recherches effectuées par la Commission autrichienne pour le béton armé » (Verlag des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien. Preis Mk. 10.—). Cette publication renferme trois comptes rendus de recherches complètes exécutées sous la direction de la sous-commission pour le béton rationnel, sous-commission présidée par le Dr ing. *Tillmann*. A la lecture de ces travaux, on a l'impression qu'une méthode naturelle et simple peut, dès à présent, remplacer les anciennes méthodes descriptives de comparaison, par des calculs généraux: même, la commission du Dr *Tillmann* a fait plus, elle a poussé le travail jusqu'à rendre inutile tout calcul au laboratoire ou sur le chantier, grâce à l'emploi de méthodes purement mécaniques ou nomographiques. Cette façon de procéder est la preuve d'une compréhension intime des besoins de la technique, puisque l'expérience enseigne que les meilleures théories ne deviennent applicables dans la pratique que si l'on parvient à supprimer tout effort dans leur emploi par l'utilisation de méthodes presque automatiques.

On peut caractériser rapidement la nature des résultats obtenus en disant que le domaine des principes d'*Abrams* et de *Bolomey* a été étendu. Le module de finesse primitivement employé a été remplacé par une autre fonction: la *puissance granulométrique*, et celle-ci a été utilisée par M. l'ingénieur *Zeissl* pour définir, d'une façon qui exclut toute ambiguïté, l'indice de répartition d'un mélange granulométrique donné. De plus, tout comme *Bolomey*, il a déterminé la quantité d'eau nécessaire au gâchage en additionnant les influences des groupes de chacune des grosseurs de grains considérées isolément. Toutefois, dans l'établissement de la fonction déterminant le facteur d'influence, M. *Zeissl* s'écarte de la formule de *Bolomey* parce que ce dernier n'avait pas encore à sa disposition, pour faire ce calcul, la « puissance granulométrique » bien définie et qu'il lui fallut la remplacer par d'autres variables dont seule l'expérience spéciale pouvait définir la grandeur.

Pour déterminer pratiquement l'indice de répartition il faut connaître deux constantes des matériaux constituant le squelette. C'est ce coefficient de l'indice de répartition qui permet de calculer immédiatement les quantités d'eau (calculées en litres pour 1000 kg de substances sèches) et puis le coefficient permettant de calculer, à partir de l'indice de répartition, la compacité du mélange gâché.

Comme l'indice de répartition est essentiellement fonction de la teneur en ciment, on en peut calculer d'avance, avec toute l'approximation désirable, les proportions de substances sèches à employer ainsi que le rapport eau: ciment pour n'importe quelle consistance désirée et ceci a évidemment une très grande importance pour la prévision des résistances à la compression et à la traction.

Il résulte donc de cela que la théorie générale de la mise en œuvre du béton peut être considérée sous forme d'une fonction mathématique et que la multiplicité des cas que présente la pratique peut être résolue à l'aide de certaines recherches préliminaires fixant l'importance numérique de trois valeurs: l'indice de répartition et ses deux coefficients, le *facteur de dilution* et le *facteur de compacité*. A la fin de l'exposé des recherches se trouve un résumé ne comportant pas plus de trois

pages et qui, en quinze points, sous une forme strictement scientifique, résume ce que les méthodes expérimentales de description et de comparaison n'étaient arrivées qu'à ne faire entrevoir par simple intuition et d'une façon plus ou moins imprécise.

En annexe, le rapporteur principal *Stern* expose la préparation du béton résistant pour revêtement de routes qui fut utilisé dans la Basse-Autriche. On a pu obtenir une économie de ciment de 70 kg au m<sup>3</sup> (soit 17 %), sans que la résistance soit diminuée, tout en augmentant la compacité de 82½ à 85 %. Ceci est la conséquence du remplacement d'une granulation manquant de 2 à 10 mm par une granulation manquant de 3 à 13 mm, ce qui a pour résultat de faire tomber l'eau de gâchage de 62 litres à 53,2 litres, tout en conservant la même plasticité du béton.

### Poutres continues et cadres métalliques.

#### Etude des effets de l'égalisation des moments fléchissants.

MM. de Gruyter et C<sup>ie</sup> ont édité à Berlin, en 1932, en une brochure de 80 pages et 58 figures (prix 7 Mk), l'étude approfondie que nous soumet le Dr F. Kann, ingénieur, privat-docent à l'Ecole polytechnique de Brunswick et professeur à l'Ecole d'ingénieurs de Wismar. Cet auteur, connu de longtemps par ses publications antérieures, aborde ici un problème délicat, celui de l'adaptation de la statique aux propriétés plastiques de l'acier doux. Il suit, en ceci, la voie frayée par quelques maîtres connus.

La recherche de l'économie rationnelle, dans les ouvrages, oscille entre les deux critères fournis par la matière, celui de la contrainte admissible et celui de la sécurité à la rupture. Ces deux guides ne sont pas parallèles, car si l'un d'eux, la rupture du métal, doit satisfaire à de strictes exigences de laboratoire, la limite apparente reste dans des limites autrement incertaines. C'est, malheureusement pour lui, la limite apparente qui fait loi organique dans le béton armé ; joue-t-elle un rôle équivalent dans la construction métallique ? On peut se le demander, pour les systèmes hyperstatiques du moins.

Les constructions statiquement déterminées forment un domaine de clarté, à certains égards simpliste. La charge, qu'on augmente, conduit en fin de compte à la limite apparente d'élasticité dans la section la plus gravement sollicitée, et c'est la fin de toute résistance utile ; aucun soulagement n'est possible par secours des régions encore intactes.

D'autres contingences régissent les poutres continues, les cadres hyperstatiques, les arcs encastrés ou autres ouvrages à liaisons surabondantes. La solution classique de leur indétermination statique réside dans l'application de la théorie de l'élasticité ; c'est une méthode qui a donné de fort beaux résultats, et qui n'en est pas à son dernier mot. Mais est-elle seule capable de résoudre le problème, essentiel et vital, du profil minimum nécessaire à assurer la résistance voulue de l'ouvrage en service normal ?

La question est actuellement posée ; d'ardents lutteurs ne craignant pas de répondre non ; d'autres, plus pondérés, demandent la prudence, et exigent des expériences plus étendues que les seules constatations trop isolées encore, dont on dispose actuellement, pour arbitrer le conflit. Car des adversaires de valeur s'élèvent avec véhémence contre toute atteinte aux solutions dictées par les lois de l'élasticité.

Il s'agit, en effet, de tirer parti, dans les dimensions des ouvrages métalliques plus particulièrement, du fait que le dépassement de la limite apparente d'élasticité conduit à une nouvelle répartition des moments fléchissants qui, impossible dans les ouvrages statiquement déterminés, se

révèle créatrice d'un équilibre plastique, durable et économique, d'une modification des hyperstatiques en un mot.

Les nécessités de la vie sont complexes et, plus elle avance, plus la technique doit tirer parti de ses ressources pour maintenir et développer ses avantages. Un exemple : une poutre continue à deux travées égales offre assurément plus de sécurité, que ses deux travées conçues chacune comme poutre simple ; et pourtant le moment fléchissant maximum a la même valeur en période élastique, sous une charge uniforme générale ; seule la localisation de l'effort change ; celui-ci agit au milieu des travées, dans les poutres simples, tandis qu'il se concentre sur l'appui, dans la poutre continue ; calculés par la méthode habituelle de l'élasto-statique, les deux ouvrages auront recours aux mêmes profils de poutrelles à double T. Et pourtant, si l'on s'avise de pousser la sollicitation vers la charge de rupture, les poutres simples s'effondreront lors de l'apparition de la limite apparente d'élasticité, tandis qu'une nouvelle répartition des moments s'établira dans la poutre continue. La sécurité à la rupture apparaît donc supérieure, dans les ouvrages hyperstatiques, à ce qu'elle est dans les constructions statiquement déterminées, calculées suivant des contraintes normales équivalentes. La cause en est dans la capacité d'égalisation des moments fléchissants, en cours de la période de déformations plastiques du métal, lors de l'étrépage.

Partir de cette constatation pour réclamer une révision des critères d'appréciation et de calcul, c'était élémentaire ; mais il fallait un gros travail et une connaissance approfondie du sujet, pour tenter l'opération. On se rend compte de l'ampleur de cette étude en scrutant les calculs du professeur Kann.

Le chemin est donc ouvert et, comme notre auteur le montre avec raison, il a déjà accès à la citadelle, puisque le règlement prussien de 1925, concernant les constructions métalliques, autorise des moments fléchissants réduits à  $Pl/11$  dans les travées extrêmes, et à  $Pl/16$  dans les ouvertures médianes : c'est, presque littéralement, le résultat de l'égalisation élémentaire, étudiée au premier cas de M. Kann : la charge uniforme sur travées encastrées à un ou deux de leurs appuis terminaux.

Le problème est d'autant plus délicat à aborder, que l'ouvrage envisagé s'éloigne plus du type idéal à « égalisation naturelle » ; on connaît le cas de la poutre encastrée, chargée uniquement en son milieu : les moments fléchissants sont égaux aux appuis et au milieu, au signe près ; aucune égalisation nouvelle n'est possible lors de l'apparition de la limite apparente, qui aura lieu, en principe, aux trois sections prépondérantes simultanément. C'est un cas d'exception, dont il faudrait pouvoir s'approcher. Car l'égalisation sera d'autant plus efficace qu'elle touchera moins aux valeurs livrées par l'élastostatique.

Les laborieuses recherches, dont cet opuscule nous apporte le fruit, permettent de conclure aux cas les plus favorables de distribution des longueurs dans les poutres continues, et des raideurs relatives dans les cadres habituels des charpentes métalliques. Non qu'on puisse songer à une liberté, qui fait trop défaut dans ce domaine ; mais il n'en est pas moins utile, par exemple, de remarquer le rôle compensateur joué par de fortes colonnes, encastrant une dalle ou un simple linteau ; il se traduit par une sécurité plus uniforme du plancher, que ne sauraient l'assurer de minces appuis, même très armés et satisfaisant en tous points aux exigences du calcul habituel ; on juge mieux, à cette lumière, de l'erreur qui consiste à « limer » autant que possible les dimensions, en méconnaissant que le calcul repose toujours sur des prémices au fond bien arbitraires.