Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 52 (1926)

Heft: 17

Artikel: Recherches sur les qualités requises des mélanges de gravier et de sable pour la confection du béton armé et non armé

Autor: Hubner, Fr.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-40310

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: 13.07.2025

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

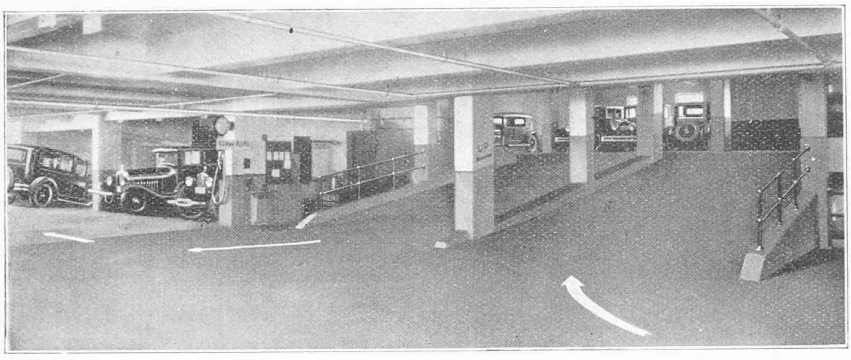

Fig. 7. — Rampes *d'Humy* du Statler-Garage, Buffalo, New-York.

construit ces deux dernières années plus de 120 garages pour une valeur de 50 millions de dollars. C'est un chiffre impressionnant qui permet de supposer que la disposition à étages décalés est bien la vraie solution de la circulation dans les garages à étages multiples. Certains de ces établissements admettent jusqu'à 1500 voitures. Ce sont souvent de grandioses bâtiments à façades monumentales qui ne déparent en rien les quartiers riches dans lesquels ils sont construits (fig. 6 et 7).

En Suisse, nous n'en sommes pas encore là. Cependant dans nos grandes villes telles que Zurich, Bâle, Genève, le problème tend à se poser, des projets sont dans l'air, et le jour est peut-être proche où, de nouvelles restrictions aidant, il faudra passer à la réalisation. Du reste, le système des garages à étages ne trouve pas uniquement son application au centre des agglomérations importantes. Il peut rendre des services dans des localités plus petites où des conditions topographiques spéciales limitent les facilités de construction en surface. C'est le cas, par exemple, de lieux resserrés entre la montagne et un lac, comme Montreux et Locarno, entre autres. Dans ces endroits à forte déclivité, il devient ainsi possible d'utiliser toute la hauteur entre deux voies de communication situées à des niveaux différents, d'où de chacun l'on a accès à toutes les parties du garage sans descendre de voiture.

* * *

La *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* du 17 juillet dernier a publié une brève description du gratte-ciel « Jeweler Building », à Chicago, haut de 170 m., comportant 40 étages dont les 23 inférieurs sont aménagés en garages pour 582 automobiles. La réception, l'ascension, la descente et la délivrance des voitures, sont organisées suivant un système très ingénieux et économique propre à prévenir les risques d'accidents et de vols. La construction de cet édifice a nécessité 7250 t. d'acier et 9100 t. de ciment. — *Réd.*

Recherches

sur les qualités requises des mélanges de gravier et de sable pour la confection du béton armé et non armé[1],

par Fr. HUBNER, ingénieur, à Berne.

Des expériences acquises dans les constructions en béton armé et non armé prouvent que les résistances du béton, prescrites par les règlements en vigueur, ne sont souvent pas atteintes, notamment lorsqu'ont été employés des *tout-venants*, recherchés de nos jours. Il est clair que la sécurité des constructions, en béton armé surtout, peut en être sérieusement compromise et que dès lors certains procédés, auxquels est attribuable le fait mentionné, demandent à être modifiés.

Par la présente note, nous poursuivons le but d'attirer l'attention de tous les intéressés sur les causes essentielles des résistances insuffisantes des bétons. Il est désirable que non seulement les entrepreneurs, les architectes et les ingénieurs se prêtent à l'étude de cette matière quelque peu compliquée, mais encore et surtout les autorités, lesquelles endossent une part non moins grande de responsabilité du fait de leur droit, si ce n'est de leur devoir même de surveillance sur les constructions privées. C'est dans ce domaine surtout que l'on rencontre souvent des entrepreneurs qui non seulement manquent de connaissances élémentaires, mais qui même professent des conceptions tout à fait erronées sur les bétons. Ici seules les autorités auront le pouvoir nécessaire pour assainir les conditions actuelles, soit en sélectionnant soigneusement tout ce qui est destiné à l'édification de constructions publiques ou privées, soit aussi par l'interdiction de procédés de construction pouvant porter préjudice à la qualité des bétons.

Les recherches sur les causes auxquelles on peut attribuer les résistances insuffisantes des bétons, conduisent aux constatations ci-après :

L'obligation d'épargner le plus possible la main-d'œuvre, conjointement avec les grands succès des nouvelles méthodes de bétonnage appliquées aux constructions des grands barrages de date récente, favorisait la tendance à utiliser aussi à l'édification des ponts et des bâtiments un béton particulièrement plastique, voire même de consistance fluide. Grâce au développement considérable des constructions en béton, nombre de sources nouvelles d'utilisation des sables et des graviers furent ainsi créées, sans que le mobile de cet engouement doive être recherché, à quelques rares exceptions près, ailleurs que dans le prix de revient comparativement bas de ces matériaux. Le bien-fondé de cette assertion nous paraît prouvé par l'habitude, devenue presque générale,

[1] Le présent article est un résumé de celui qui a paru en allemand, sous ce même titre, dans la *Revue du Bâtiment et des Travaux Publics*, N° 8 du 26 février 1926.

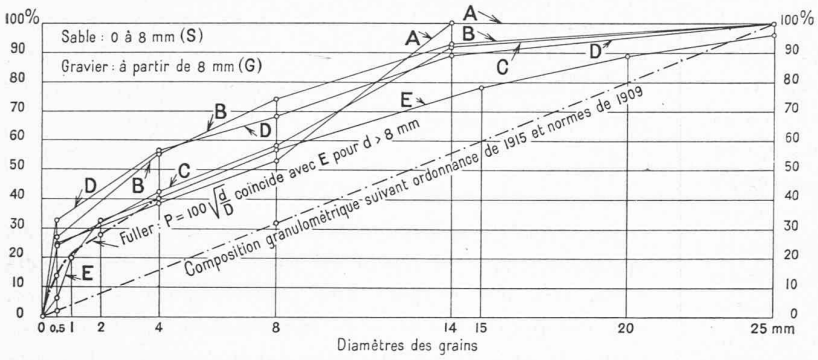

Fig. 1. — Résultats du tamisage des tout-venants *A* à *E*, comparés aux compositions granulométriques idéales d'après Fuller et d'après les règlements.

d'utiliser les tout-venants, soit les mélanges de sable et de gravier tels que la nature les fournit sans trop se préoccuper de leur composition granulométrique, tout au plus en laissant au fournisseur le soin de mélanger le sable et le gravier dans une proportion donnée. Pareil état de choses fut encore favorisé tant par une concurrence exagérée que par des influences impardonnables, manquant de tout critère technique.

Une certaine indifférence à l'égard de la question de la résistance des bétons s'explique aussi par l'opinion encore très répandue — et malheureusement jusque dans les milieux qui, certainement, devraient être mieux orientés — que la résistance d'un béton est essentiellement fonction du dosage et de la qualité du ciment. Tout aussi vivace est l'autre opinion, qu'une construction est assez « solide » lorsqu'elle « tient » à un essai à la surcharge ou qu'elle ne présente pas de défauts remarquables durant le temps de garantie.

Nous ne saurions exposer en détail dans cette note les raisons pour lesquelles le béton armé — pour ne parler que de ce genre de construction — fut généralement préservé de grands dégâts, malgré des qualités de résistances insuffisantes et malgré des manquements aux bonnes règles de l'art ; ce côté de la question constitue un chapitre pour soi, dont nous relèverons toutefois que dans de pareils cas, et à l'encontre de ce que l'on prétend couramment, le mérite de l'absence de conséquences plus graves ne peut guère être attribué à l'entrepreneur. Il est de fait que nous rencontrons dans les constructions en béton armé des circonstances qui ne se retrouvent pas nécessairement dans *tous* les cas, quoiqu'elles soient caractéristiques de ce genre de construction. Eu égard à cette incertitude on ne saurait trop mettre les intéressés en garde contre les conséquences d'une résistance insuffisante des bétons ainsi que d'une aveugle confiance en de prétendues expériences qui manquent de justifications précises.

Les qualités des bétons, telles que nous les rencontrons aujourd'hui presque à chaque pas, ne peuvent mieux être illustrées que par quelques données sur des essais institués et suivis par l'auteur de ces lignes et se rapportant à des tout-venants très appréciés, par hasard, à Berne, Zurich et leurs environs. Ces résultats présentent un intérêt particulier du fait qu'ils furent analysés sur des bases identiques, permettant ainsi d'en déduire des conclusions de valeur générale, applicables à des matériaux de sable et de gravier de provenance quelconque.

Les essais dont il est question par la suite concernent des matériaux de cinq origines différentes ; l'un d'entre eux provient d'une rivière, un deuxième d'un lac, tandis que les trois autres sont extraits de gravières. Nous les désignerons par les lettres *A* à *E*. Le matériau *E* joue un rôle particulier en ce sens que son étude a pu être poussée plus loin que celle des quatre autres matériaux.

Bases d'essai.

Vu l'importance que l'on doit attribuer à la *composition granulométrique des mélanges de sable et de gravier*, tous les matériaux furent d'abord criblés ; les résultats de cette opération font l'objet de la figure 1. Les courbes granulométriques permettent, ainsi que nous le verrons encore plus loin, une appréciation générale mais bien satisfaisante d'un matériau, quant à sa valeur pour la confection de béton.

Le dosage et la qualité des ciments utilisés sont aussi d'importance fondamentale pour la comparaison des résultats d'essai. Les indications y relatives se trouvent aux figures 2 et 3, donnant, sous forme de *courbes de durcissement*, les résistances obtenues à la compression. Relevons toutefois que le dosage indiqué pour les bétons *A* à *D* se rapporte à 1200 litres des *mélanges* de sable et de gravier, tandis que le dosage du béton *E* se rapporte à 1200 litres de sable plus gravier, *comptés séparément*. En comparant les résultats des figures 2 et 5, l'influence de la différence des résistances des ciments I et II (408, resp. 359 kg/cm²) peut être négligée, vu les résultats obtenus sur les bétons *E* ; ces derniers démontrent, en effet, que l'augmentation des résistances des bétons uniquement due à la différence des qualités des ciments II et III est sensiblement inférieure au rapport des résistances propres des ciments.

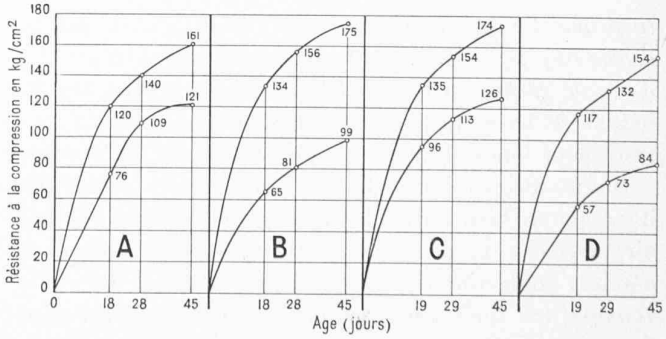

Fig. 2. — Progression du durcissement des bétons obtenus au moyen des matériaux *A* à *D*.
(Les courbes inférieures correspondent aux bétons des tout-venants, les courbes supérieures au mélange gravier-sable 1 : 2).
Dosage : 300 kg. de ciment Portland pour 1200 l. d'un mélange de sable et de gravier. — Résistance propre du ciment I = 408 kg./cm².

La *quantité d'eau de gâchage* fut choisie de façon à obtenir simplement une consistance aussi uniforme que possible pour tous les mélanges produits ; c'est une consistance légèrement plastique qui fut choisie. Nous avons été amené à ce simple procédé par la réflexion qu'en pratique cette quantité d'eau se détermine également d'après la *consistance* désirée du béton. Mais, en même temps, nous désirions bien mettre en relief combien la quantité d'eau de gâchage varie d'un béton à l'autre avec la composition granulométrique du sable et sa teneur, toutes circonstances étant égales d'ailleurs. *Car c'est un fait indéniable que la relation intime qui existe entre la teneur en eau, en sable et la résistance du béton ne re-*

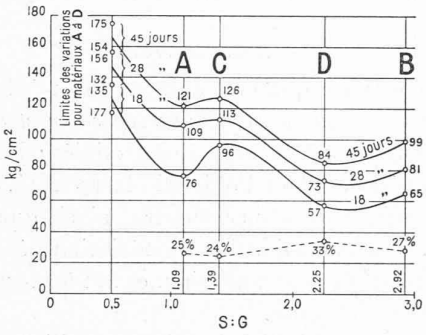

Fig. 3. — Variation de la résistance à la compression des bétons en fonction de leur teneur en sable.
(Le matériau *A* ne contenant pas de grain d'une grosseur supérieure à 14 mm. est relativement plus riche en sable que les autres matériaux).
- - - - - - - = Pourcentage des grains inférieurs à ½ mm., relativement au sable de 0 à 8 mm.

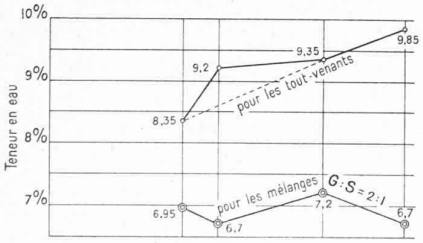

Fig. 4. — Quantités d'eau nécessaires pour l'obtention d'une même consistance plastique.

tient pas l'attention qu'elle mérite, parce que le fait est encore trop peu connu. L'influence considérable d'un *excès d'eau de gâchage* a été démontrée en particulier sur des bétons à base du matériau *E* ; ils furent aussi analysés pour une teneur en eau produisant un béton coulé.

Quant aux rapports du sable au gravier considérés, il y a lieu de bien retenir le fait que nous tendions à obtenir, avec un minimum d'efforts, une comparaison de bétons, confectionnés en utilisant d'abord les tout-venants, tels qu'il sont généralement livrés sur les chantiers, et ensuite des mélanges répondant tout simplement aux termes des prescriptions, soit à une proportion de gravier : sable = 2 : 1. L'étude du matériau *E* permettait l'analyse de mélanges encore plus variés dans ladite proportion. A remarquer toutefois que nous avons laissé intacte la composition granulométrique spécifique des éléments sable et gravier, afin de nous limiter, pour l'instant, à des procédés réalisables en pratique sans aucune difficulté.

Résultats des essais.

Les courbes granulométriques de la *figure 1* nous apprennent que *la teneur en sable est en tous cas exagérée*, soit par rapport aux prescriptions en vigueur, soit comparativement à la composition idéale d'après Fuller. C'est à ce fait que nous devons attribuer la cause principale des résistances généralement faibles des bétons, mais c'est précisément sur ce point que nous nous trouvons aussi en opposition catégorique avec les opinions courantes des entrepreneurs, c'est-à-dire avec leurs prétendues grandes expériences, lesquelles toutefois, à les considérer de plus près, se résument dans la plupart des cas en de simples appréciations sur la qualité du béton d'après son aspect extérieur (un excès de sable entraîne de belles faces) ou sa dureté à l'entaille.

Dans les *figures 2 et 3*, nous trouvons donc tous les résultats des essais à la compression. *Ce qui caractérise les bétons de la figure 2, faits des tout-venants* A *à* D, *c'est qu'au bout de 28 jours de durcissement leurs résistances n'atteignent que la moitié environ de celles demandées par les normes en vigueur.* Mais, par une simple rectification de la proportion du sable au gravier, soit en adoptant la proportion de 2 : 1 pour gravier : sable (suivant prescriptions), les résistances des bétons *A* à *D* pouvaient être améliorées de 28 % (béton *A*) à 93 % (béton *B*) sur celles des bétons des tout-venants. En éliminant de l'élément sable une certaine partie des grains inférieurs à ½ mm. on arrivera sans doute à améliorer davantage encore les qualités de ces bétons.

Il est en outre intéressant de constater que les bétons *A* à *D* possèdent à peu de chose près des résistances identiques dès que la proportion du sable au gravier devient uniforme, et quoique les résistances spécifiques des éléments soient certainement variables d'un matériau à l'autre. En consultant la *figure* 6, on remarquera, en effet, que la forme des grains du gravier, en particulier, est sensiblement la même pour les quatre matériaux *A* à *D*. Or, puisque les résistances, même des bétons améliorés, ont été trouvées nettement médiocres encore, nous sommes amenés à croire *que la constitution de la superficie des éléments doit aussi jouer un rôle important dans la question des résistances des bétons.* Des résultats, dus à des expériences sur d'autres matériaux, ayant confirmé cette hypothèse, nous attribuons le fait à des faces trop lisses des grains, qui rendent plus difficile une liaison intime avec le ciment et partant des divers éléments constitutifs entre eux.

Grâce à sa composition granulométrique plus favorable, le matériau *E* s'est mieux comporté (voir figure 5). Les divergences entre les résistances des bétons, correspondant à diverses proportions du sable au gravier, sont moins accentuées.

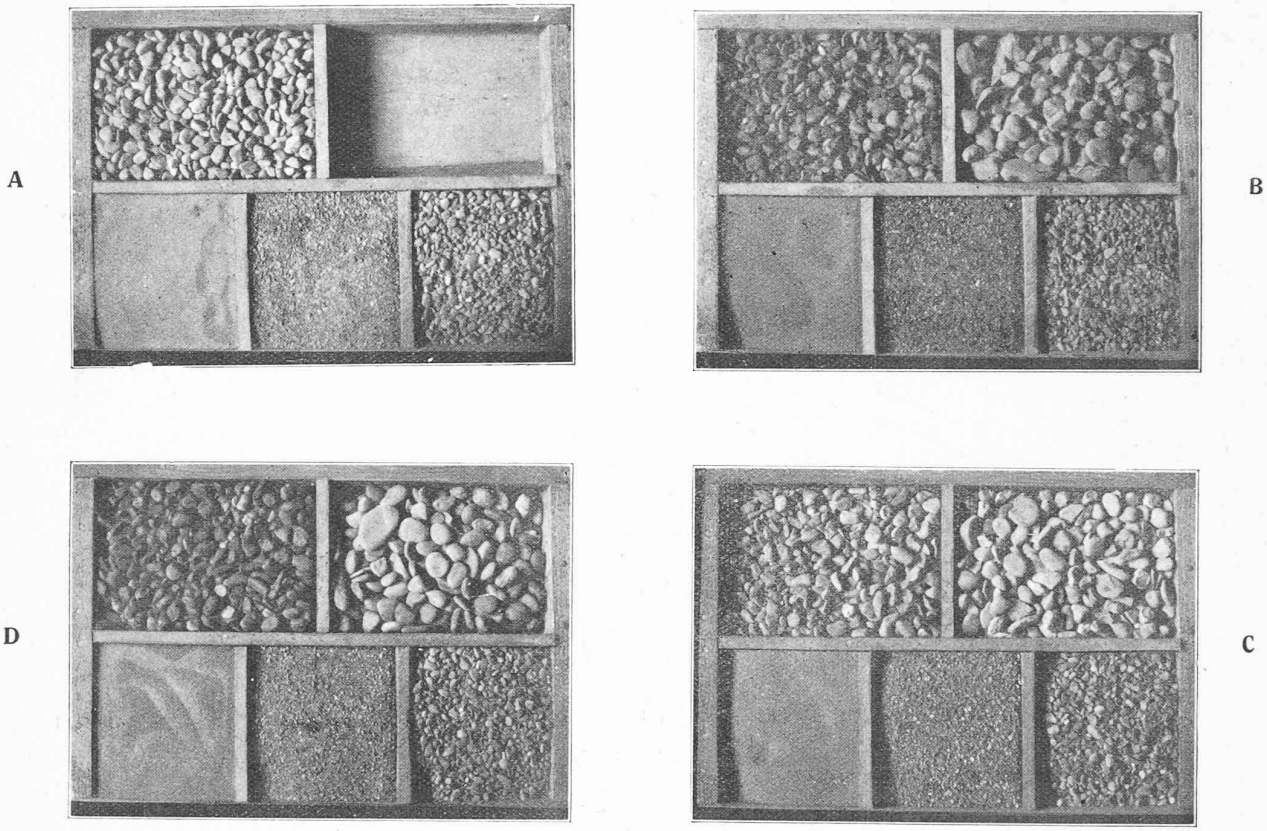

Fig. 6. — Aspect des grains des matériaux *A* à *D*.

Particulièrement intéressantes sont les analyses des matériaux relativement à l'influence de la teneur en eau. Les courbes y relatives de la figure 4 montrent que, pour une même consistance des bétons de tout-venants, les quantités d'eau nécessitées variaient entre 8,35 % et 9,85 % (du poids des matières sèches) ; cette proportion se réduisait à 7 % environ lorsque les quatre matériaux étaient mélangés dans la proportion de 2 : 1 pour gravier : sable, la consistance des bétons restant la même qu'auparavant. Toutefois les bétons *D* et *A*, relativement plus riches en sable fin, exigaient encore une quantité d'eau un peu plus élevée que les deux autres matériaux. *Ainsi c'est à la relation qui existe entre la teneur en sable et la quantité d'eau de gâchage, dépendant de la première, que l'on doit attribuer la cause directe d'une diminution relativement considérable des résistances des bétons, à mesure que la teneur en sable et en ses éléments fins surtout, augmente.*

Des résultats reportés sur la figure 5 on constatera plus spécialement aussi *le danger qu'il y a à employer du béton coulé pour l'édification des ponts et des bâtiments*, qui bénéficient de tensions admissibles s'élevant au double et triple de celles des murs de barrages. *En augmentant la teneur en eau de 8 % à 12 %* (du poids des matières sèches) *la résistance du béton s'est réduite au tiers seulement de celle obtenue pour le béton plastique, toutes autres proportions restant égales.* Ce résultat est d'autant plus navrant que l'opinion très répandue d'un durcissement relativement plus accentué de bétons riches en eau s'est montrée une chimère.

La figure 5 jette encore une lumière sur *l'influence de la seule qualité des ciments.* Nous en déduisons qu'à une différence de 100 % entre les résistances des ciments II et III correspond une différence de 30 % seulement pour du béton plastique et de 60 % pour du béton coulé (tout-venant *E* — gravier : sable = 1 : 1,3). L'influence du dosage en ciment a été trouvée moindre et inverse, soit de 20 % pour le béton coulé et de 35 % pour le béton plastique, comparativement aux dosages de 300 et de 250 kg de ciment.

Les résultats désignés dans la figure 5 par *A* et *P* renseignent enfin sur la valeur souvent mise en doute des *essais faits avec le béton mis en œuvre*, notamment lorsqu'on se trouve en face de résultats défavorables. Les valeurs *A* sont des moyennes provenant d'une série de cubes prélevés sur l'ouvrage même : leurs résistances variaient toutefois entre 100 et 275 kg/cm² pour des cubes détachés d'une même dalle. Cela signifie donc que des résultats de ce genre doivent être interprétés pour le moins avec une certaine prudence. Les valeurs *P* par contre sont déduites d'essais à la surcharge, exécutés suivant une méthode développée par l'auteur du présent article (voir entre autre *Bulletin technique*, numéro 5, du 10 mars 1915). On remarquera que ces valeurs *A* et *P* s'adaptent d'une manière particulièrement satisfaisante aux courbes de durcissement des bétons plastiques respectifs,

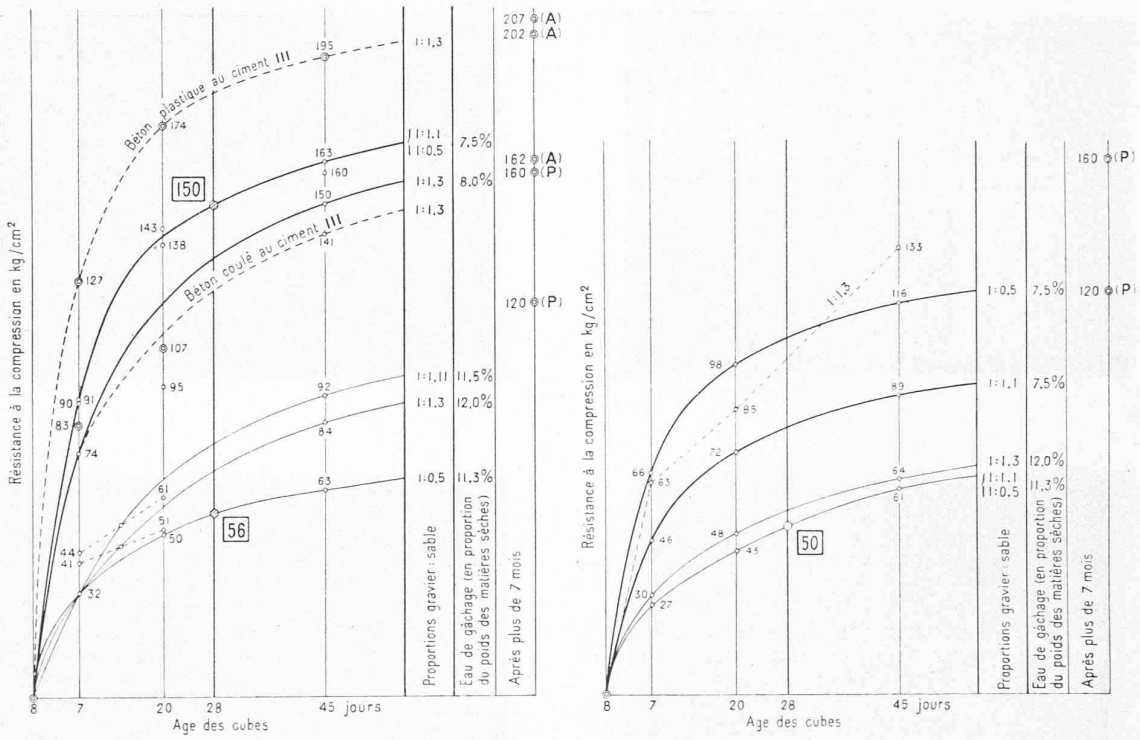

Fig. 5. — Résistances à la compression des bétons obtenus avec le matériau *E*.

A gauche : dosage = 300 kg. de C. P. pour 1200 litres de gravier plus sable, comptés séparément.
A droite : dosage = 250 kg. de C. P. pour 1200 litres de gravier plus sable, comptés séparément.

——— Courbes de durcissement des bétons plastiques au C. P. II.
——— » » » » » coulés au C. P. II.
—·—·— » » » » » plastiques et coulés au C. P. III.

◎ Résultats de contrôle : { déduits d'essais à la surcharge (*P*) ou de cubes détachés des planchers mêmes (*A*)

Résistance propre du ciment II = 359 kg./cm².
» » » III = 710 »

utilisés à l'exécution de l'ouvrage considéré. La valeur de $P = 120$ kg/cm² est incertaine, mais en tous cas trouvée trop faible, parce qu'il ne nous a pas été possible de saisir théoriquement l'influence d'une malfaçon de la poutre auscultée sur le moment d'inertie de sa section, intervenant dans ces calculs très délicats.

Conclusions.

1. Les cinq sortes de mélanges sables-graviers analysés se distinguent par des compositions granulométriques sensiblement diverses. Leur conserve-t-on la composition spécifique naturelle, les bétons qu'on en fabrique sont également de qualités variables et en tout cas trop basses ; si par contre, l'on corrige ces mélanges, en réalisant la proportion de 2 : 1 pour gravier : sable, conformément aux prescriptions, on obtient des bétons de qualités un peu meilleures et peu variables d'une sorte à l'autre, quoique les matériaux soient de provenances très diverses.

2. Les tout-venants visés ici sont tous caractérisés par un excès de sable et quelques-uns d'entre eux plus spécialement encore par une proportion exagérée de sable fin, à grains de moins de 0,5 mm. C'est à ces propriétés, ainsi qu'à des faces trop lisses des grains de gravier surtout qu'est due la cause essentielle du manque de résistance des bétons obtenus ; même après avoir réalisé la proportion réglementaire de 2 : 1 pour gravier : sable, ils atteignent à peine les 150 kg/cm² prescrits par les normes de la Commission du béton armé et encore à la seule condition que la proportion d'eau de gâchage ne dépasse pas 8 % du poids des matières sèches.

3. La résistance des bétons ne s'améliore nullement dans la proportion des résistances propres des ciments. Dans les limites des dosages en ciment utilisés pour des bétons armés, l'influence d'une diminution de ce dosage est par contre plus accentuée que la proportion des dosages.

4. Avec l'augmentation de la proportion en eau de gâchage la résistance d'un béton diminue considérablement ; pour du béton coulé, cette dernière peut se réduire au tiers seulement de la résistance du même béton à consistance plastique, soit à une valeur qui ne dépasse plus guère les sollicitations théoriques admissibles suivant les règlements pour le béton armé.

5. Il est indispensable que tant les directions de travaux que les autorités, auxquelles revient la surveillance des constructions privées, se fassent un devoir de s'inspirer des constatations exposées ci-dessus. Cela peut se faire, en soumettant à des analyses systématiques tous les mélanges gravier-sable, en vue de leur emploi à du

béton armé surtout, pour autant que des résultats de pareilles analyses n'existent pas encore. Les résultats ainsi acquis démontreront jusqu'à quel point, par corrections éventuelles de leurs compositions granulométriques, les tout-venants permettront la confection de bétons qui puissent répondre aux exigences formulées par les prescriptions en vigueur. Les matériaux qui ne pourraient pas satisfaire à ces conditions indispensables devraient être prohibés d'office pour tout emploi à la confection de béton armé. Enfin, il sera nécessaire aussi de ne pas permettre l'emploi du béton coulé à l'édification de ponts et de bâtiments, aussi longtemps que des essais préliminaires sur les sables et graviers ainsi que sur les installations devant servir au transport d'un pareil béton ne seront pas propres à garantir les résistances exigées.

La vulgarisation scientifique à l'Exposition de Bâle.

« Appartenant à un pays où tout ou à peu près se discute au grand jour, où il ne se passe pour ainsi dire pas de semaine sans que paraisse dans l'un ou l'autre de ses nombreux quotidiens quelque étude ou quelque appréciation relevant du domaine de l'économie hydraulique et où reviennent constamment des expressions telles que « utilisation rationnelle des forces hydrauliques », « mariage des eaux alpestres et des eaux jurassiennes », « conjugaison des hautes et des basses chutes », « usines avec bassins d'accumulation et usines au fil de l'eau », « compensation des pointes », « réseaux d'interconnexion ou d'entr'aide », etc., etc., il a paru à la Direction de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne non seulement qu'elle ne sortirait pas de son rôle mais qu'elle l'étendrait utilement en présentant, à Bâle, quelque chose de « parlant » et de « vivant », propre à bien fixer dans la pensée de tous le sens et la portée d'expressions telles que celles qui viennent d'être rappelées. Elle a donc pensé bien faire en tentant dans ce but un effort particulier et en donnant à ce qui constitue le centre de son exposition la forme d'une leçon de choses s'appuyant sur un ensemble de « témoins animés » [1].

Cet esprit d'utile vulgarisation s'est traduit par la réalisation d'un « ensemble » ingénieux et élégant destiné à « faire apparaître simplement et clairement, tout ce qu'il y a d'essentiel et tout l'intérêt qui réside dans les installations hautes et basses chutes combinées, c'est-à-dire associées par le seul lien capable d'en faire un tout : *la ligne électrique.* » Cet ensemble comprend :

A. — « *Une carte de la région de Genève* où se trouve, sur le Rhône, l'usine de Chèvres (chute 5 à 8 m.) œuvre de feu Th. Turrettini, et, sur tout le territoire, les principaux centres de consommation. Cette carte est *animée*, en ce sens qu'on y a figuré par un polygone et des cercles à fond transparent la ville de Genève et les principales localités du canton. Ces figures peuvent être plus ou moins intensément éclairées et objectivent ainsi la consommation d'énergie électrique de la région ».

B. — *Un petit groupe hydro-électrique à basse chute*, schématisant l'usine de Chèvres et dont les organes essentiels (distributeur, roue-hélice, tube d'aspiration) peuvent être observés en fonctionnement.

C. — *Une carte de la région de Martigny*, où est située l'usine de *Fully* (chute 1650 m.) œuvre de M. *A. Boucher*, « carte animée aussi en ce sens qu'on y a figuré cette usine par un cercle à fond transparent éclairé. On y voit encore aboutir une ligne triphasée à haute tension tendue de la carte de la région de Genève à celle de la région de Martigny et qui s'anime par des lampes s'allumant et s'éteignant périodiquement, dès que l'usine à accumulation symbolisée par le groupe à haute chute décrit ci-dessous (*D*) vient en aide à l'usine à basse chute (*C*). »

D. — *Un petit groupe hydro-électrique à basse chute*, figurant, par exemple, l'usine de Fully, composé d'un alternateur et d'une turbine Pelton dont les principaux organes (roue, injecteur, déflecteur) peuvent être observés en fonctionnement.

E. — *Une colonne de commande* des deux groupes (*B*) et (*D*) assurant « le fonctionnement automatique ininterrompu de l'ensemble, et qui porte deux voyants, l'un où apparaît le diagramme de consommation journalier (un d'été, un d'hiver) du centre de consommation considéré, l'autre où surgissent à temps voulu les explications sommaires des opérations qui se succèdent dans l'ensemble des usines productrices chargées de faire face aux exigences du service.

» Une journée d'été est caractérisée par une demande d'énergie moindre qu'en hiver. L'eau accumulée n'a pas à intervenir, sauf peut-être en cas d'accidents ou de crues particulièrement accentuées.

» Dans une journée d'hiver, la demande d'énergie est plus élevée et présente des écarts plus rapides. L'eau accumulée intervient aux heures des « pointes » du matin et du soir.

» Ce travail conjugué de deux usines situées à grande distance (dans celles qui ont été choisies à titre d'exemples ou de témoins de services réels de ce genre, la distance est d'environ 140 kilomètres) montre une nouvelle conquête de la technique moderne dans l'asservissement et l'utilisation des forces de la nature.

» La conception générale de l'installation combinée exposée est l'œuvre de membres du corps professoral de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne. La réalisation constructive est due principalement aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey, à Vevey (groupe basse chute) aux Ateliers des Charmilles, à Genève (groupe haute chute) et aux Ateliers H. Cuénod, à Genève (colonne de commande et appareils automatiques).

Outre cet « ensemble », l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne présente une quantité d'objets intéressants dont la description est faite dans la « notice » rédigée par la Direction de l'Ecole et sur lesquels nous aurons probablement l'occasion de revenir.

Mentionnons encore, comme conçue dans le même esprit d'intelligente vulgarisation scientifique, la maquette exposée par la maison *Sulzer frères*, à Winterthour, et représentée par la figure ci-contre.

Il s'agit d'une usine électrique de grande puissance destinée à la couverture des pointes de charge et à la production d'énergie complémentaire pour les besoins des centrales interurbaines et de celles des chemins de fer. Ce modèle se compose d'une vue panoramique de 5 m. de développement, à gauche de laquelle se trouve la maquette d'une usine hydroélectrique de 20 000 kw. destinée à la couverture des pointes de charge et équipée de pompes d'accumulation Sulzer. A droite, maquette d'une usine de même puissance et destinée au même

[1] Les passages entre guillemets de cet article sont extraits de la « notice » intitulée « Exposition de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne », stand 116 et portant la signature de M. J. Landry, directeur de l'Ecole.