Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 56 (1930)
Heft: 26

Artikel: Constructions vicieuses en béton armé
Autor: Huebner, Fr.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43547

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

56e année 27 décembre 1930 N° 26

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE TECHNIQUE SANITAIRE
ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Constructions vicieuses en béton armé*, par M. Fr. Huebner, ingénieur, inspecteur des ponts au Département fédéral des chemins de fer (suite). — *Les turbines de la centrale automatique de la Fabrique de pâtes de bois de la Doux, St-Sulpice*, par M. J. Weiss, ingénieur aux Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey, S. A. — *Concours d'idées pour une infirmerie, à Aigle*, (suite et fin). — *Les inconvénients de la sonorité dans les bâtiments et les moyens d'y remédier.* — Chronique : *Le mouvement architectural, technique et industriel*, J. P. — Sociétés : *Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — Bibliographie. — Carnet des concours. — *Service de placement.*

Ce numéro contient 16 pages de texte.

Constructions vicieuses en béton armé

par M. Fr. HUEBNER, ingénieur,
Inspecteur des ponts au Département fédéral des chemins de fer.

(Suite) [1]

Parmi les phases d'exécution proprement dites nous n'en trouverions pas une qui ne donne lieu à des critiques plus ou moins importantes. Passons-les en revue :

a) *La confection des coffrages.* Nous nous bornerons à rappeler qu'on ne prend pas toujours suffisamment garde à une bonne assise des étais ; on ne doit pas seulement éviter tout tassement nuisible au béton pendant son durcissement, mais encore permettre le réglage des coffrages au début des bétonnages. Pour ce qui est des coffrages de nervures principales, en particulier, et de colonnes, il serait indiqué de chanfreiner de plus en plus les angles vifs ; d'abord l'enlèvement des bois se fera plus facilement et ensuite, et surtout, les arêtes des pièces mentionnées seront beaucoup moins sensibles à la fissuration.

b) *L'emplacement des fers.* Il est de haute importance que non seulement les intervalles entre les divers fers, notamment dans les nervures, mais encore leur distance aux faces extérieures soient minutieusement respectés. Un enrobement parfait des fers d'armature est indispensable à une liaison intime avec le béton, tandis qu'un bon recouvrement, qui ne devrait du reste jamais être inférieur à 2 cm, les étriers y compris, est la condition primordiale, non seulement d'une protection efficace des fers contre les influences destructives, mais tout autant du béton contre la fissuration. Au surplus M. Caquot nous a encore exposé hier de quelle importance capitale il est de noyer les armatures dans un matelas dense et de volume suffisant pour garantir l'intimité indispensable au travail commun des fers et du béton. Sur ce point important, déjà les auteurs des plans pèchent extrêmement souvent. La mauvaise habitude de simplement soulever et secouer les fers durant le bétonnage est une opération qui s'oublie parfois ; elle est loin de garantir l'effet voulu et, en fin de compte, elle n'est pas plus économique qu'une préparation du ferraillage par fixation rigide au moyen de liaisons accessoires. A relever ensuite un procédé très répandu mais également erroné dans la pose des fers des nombreux cas de dalles liées à des nervures ; il consiste à ne placer les fers des dalles qu'après avoir confectionné les nervures mêmes. Or, comme très souvent les étriers des nervures se trouvent en nombre insuffisant ou font même défaut, il est clair qu'alors le mariage des bétons de la dalle et des nervures devient d'autant plus problématique qu'au manque d'une liaison par des fers vient souvent s'ajouter le danger d'une intimité insuffisante par suite d'interruptions intempestives du bétonnage, aux endroits précisément des plus grands efforts de cisaillement.

Dans les colonnes enfin, on rencontre volontiers un manque de soins dans l'emplacement correct des fers longitudinaux et de leur fixation par les étriers. Or, et notamment dans les constructions de bâtiments, la sécurité de l'ouvrage entier dépend essentiellement de la solidité des colonnes et ce n'est vraiment pas en vain qu'Emperger a rendu attentif au danger tout particulier que peuvent présenter des colonnes armées de barres rondes. Aussi le professeur Dr Kleinlogel nous a informés, dans « Beton und Eisen » n° 24, 1928, d'une catastrophe occasionnée entre autres par un emplacement très incorrect des fers : dans des colonnes de 26/26 cm les barres rondes longitudinales se trouvaient à des distances des bords qui variaient entre 40 et 96 mm (au lieu de 30 mm prévus) alors que les étriers, non attachés au barres, se trouvaient en forme et position déplorables.

c) *La fabrication du béton.* C'est bien le chapitre le plus navrant dans l'histoire des exécutions. M. le professeur Bolomey vous a largement développé les diverses conditions qu'il importe d'observer dans la fabrication du béton ainsi que les moyens par lesquels l'on pourrait, sans peine notable, arriver à réaliser de bons bétons. M. Fritzsche vous en reparlera encore d'un autre point de vue, dans sa conférence sur le béton coulé. Néanmoins nous estimons devoir souligner encore les causes principales des résistances et densités insuffisantes des bétons de la pratique ; nous ne ferons ainsi pas un travail superflu, eu égard aux fautes continuelles commises dans ce domaine à la suite des conceptions parfois très erronées sur le matériau béton, conceptions non moins répandues chez les architectes et même les ingénieurs que chez les entrepreneurs.

Par la nécessité de réduire au minimum la main-d'œuvre coûteuse, le béton autrefois damé est aujourd'hui entièrement remplacé par le béton plastique et coulé ; mais en exagération du principe en lui-même exact, la majorité des exécutions se fait avec un excès d'eau de gâchage, parce que les fabricants de béton ne veulent pas croire à l'effet particulièrement néfaste de ce facteur. Vient s'ajouter à cette habitude très regrettable une fausse notion sur la proportion convenable du mélange sable et gravier ; car, une opinion très répandue veut que pour le béton armé le mélange sable et gravier contienne une forte proportion de sable. Or, il est de fait qu'un béton riche en sable sortira généralement mieux des coffrages et donnera par sa simple apparence

[1] Voir *Bulletin technique* du 13 décembre 1930, page 297.

l'impression d'un béton dense et dur. Mais, entrepreneurs et architectes surtout, ne se rendent pas encore suffisamment compte que, notez bien, pour une même plasticité et un même dosage en ciment, un béton plus riche en sable absorbe d'abord une quantité d'eau de gâchage plus forte, et renferme ensuite un mortier plus maigre qu'un mélange de sable et gravier à granulation correcte et que par ces deux erreurs fondamentales on réduit très rapidement les résistances à la moitié et au tiers même des résistances réalisables avec les mêmes matériaux en propositions ordonnées. Au surplus ces mêmes personnes se bercent de l'idée que la qualité d'un béton peut s'améliorer par le simple emploi de ciment spécial en lieu et place des ciments ordinaires ; aussi vous parleront-ils de ciment à prise rapide, manifestant ainsi la conception entièrement fausse qu'ils ont aussi bien du caractère de ce liant que de l'influence de sa provenance sur la résistance des bétons. Si, au cours des inspections on veut attirer l'attention sur tous ces faits, on vous répondra généralement qu'il est impossible de faire de la théorie sur les chantiers et que, pour des raisons de prix aussi, on est condamné à utiliser les mélanges dits « tout-venant ». Toutefois, si ces Messieurs se donnaient réellement la peine de suivre la chose de plus près ils reconnaîtraient que très souvent on arrive à éliminer un excès de petits grains et de sable ultrafin en particulier par un simple lavage des tout-venants ou bien, que la disproportion de sable et gravier se corrige très facilement par une simple addition de gravier. Dans deux des projections nous verrons, sur la première, les variations que nous avons pu constater dans les résistances de bétons de chantier, fabriqués avec 300 kg/m³ de ciment et, sur la seconde, celles que l'on peut obtenir de tout-venants par simple réalisation du rapport 1 : 2 = sable : gravier [1].

Vous avez également entendu de M. Bolomey les voies dans lesquelles nous devons engager la fabrication du béton et vous aurez sans doute reconnu qu'en général il n'y a pas de difficultés extraordinaires à surmonter pour arriver aux buts proposés d'un béton de qualité et principalement aussi de fabrication régulière. A notre avis il ne s'agit, en somme, que de transformer certaines mentalités et d'intéresser peu à peu tous les fournisseurs de graviers et sables aux avantages d'une séparation de ces deux matériaux afin qu'ils soient en état de suffire aux besoins les plus variés et notamment à la nécessité d'améliorer les bétons. Ces efforts seront du reste récompensés par les nouvelles normes du béton armé que nous sommes en train d'élaborer, par la révision simultanée des normes de 1909, éditée par notre *S. I. A.* et de l'ordonnance de 1915 du Département des Chemins de fer. Nous y tendons à une distinction nette entre bétons de tout-venants et bétons de qualité, en faisant bénéficier ces derniers de sollicitations admissibles sensiblement supérieures à celle que l'on devra observer pour les bétons ordinaires. D'une manière générale n'oublions pas non plus que des défauts de béton ne peuvent jamais être compensés par des armatures ; mais il est concevable qu'un béton de qualité puisse, par contre, compenser de petites erreurs dans les armatures.

Nous resterions incomplets si nous n'effleurions pas, à cette occasion, la question du bétonnage par le froid, eu égard surtout à la tendance de plus en plus marquée de vouloir construire plus intensément même en hiver. On ne saurait méconnaître les raisons économiques qui poussent à pareilles mesures, puisqu'il est évidemment du plus haut intérêt général de fournir un maximum d'occasions de travail dans ce domaine de caractère si particulièrement saisonnier ; toutefois, le souci de la sécurité des constructions doit prévaloir dans tous les cas. Il est certainement difficile, sinon impossible, de préciser une température en dessous de laquelle tout bétonnage devrait cesser ; car cette limite dépend de nombre de facteurs, variant d'un chantier à l'autre non moins que des moyens dont disposent les entrepreneurs. On ne peut en définitive que se borner aux directives générales suivantes :

1. Au moment de la fabrication tous les constituants du béton, sable, gravier, ciment, eau doivent posséder des températures sensiblement au-dessus de zéro ;

2. aussi bien durant le brassage que pendant la mise en coffrage et les premiers jours de durcissement la température du béton frais ne doit en tous cas pas pouvoir descendre au-dessous de zéro ;

3. l'utilisation de substances antigélives n'est pas indiquée, leur efficacité étant souvent problématique ; en tous cas est-il indispensable de bien se rendre compte si ces substances ne nuisent pas au béton et notamment aux fers. Sans vouloir engager à l'imitation de l'exemple qui, du reste n'est dû qu'à des circonstances extraordinaires, il vaut cependant la peine de rappeler qu'à la reconstruction du pont de Grandfey, l'entreprise était dans l'obligation de bétonner des arcs, système Mélan, à des températures descendant souvent jusqu'à —10° et l'un des arcs le bétonnage dut même se terminer à —18°. Ce tour de force ne fut couronné de succès que grâce à de grands efforts et à des précautions toutes spéciales dont le mérite revient entre autres à notre distingué collègue M. l'ingénieur Prader. De lui je tiens encore l'indication extrêmement intéressante, suivant laquelle des essais récents ont prouvé qu'une adjonction de 5 % seulement de sel diminue de 30 % la résistance du béton en n'abaissant la température de congélation de l'eau que de 3°.

d) *La mise en coffrage des bétons.* Cette étape de bétonnage est non moins importante que la préparation proprement dite du béton, car, avec la mise en coffrage il ne s'agit pas seulement de répartir les masses de béton fabriqué. Il est, en outre, de haute importance de réaliser une compacité aussi uniforme que possible, tout en prenant soin que les fers d'armatures soient soigneusement enrobés. En réalité, lorsqu'on parcourt les chantiers, nous voyons, par ci par là, que les bétons se versent au petit bonheur dans les coffrages, le mortier clair coulant le premier et sans garantie que les gâchées suivantes se mélangent intimement aux premières, sans garantie non plus que les fers d'armatures et en particulier ceux des dalles soient convenablement enrobés et se maintiennent dans leurs positions exactes.

Nous avons également observé, lors de la confection d'un plancher nervuré s'appuyant sur des poutres maîtresses, qu'après avoir introduit d'abord le béton des nervures principales on lui enlevait le liquide surnageant pour en remplir les petites nervures du plancher, avant de passer au bétonnage de la dalle même.

Les joints d'interruptions du bétonnage ne bénéficient que rarement de l'attention qui leur est due. Il est, par exemple, d'un usage très répandu de bétonner d'abord toutes les nervures des poutres et dalles nervurées, sans prendre la précaution, pourtant élémentaire, que le bétonnage de la dalle puisse au moins suivre immédiatement ; bien au contraire, le temps d'interruption est souvent même prolongé lorsqu'il faut encore placer les fers de la dalle avant de pouvoir procéder au bétonnage de cette dernière. Aux

[1] La première des images, non reproduite, se rapportait à des bétons de divers chantiers dont les résistances variaient entre 70 et 500 kg/cm², au bout de 28 jours. Pour de plus amples détails, concernant l'image 13, ici reproduite, voir «Bulletin technique» N° 17 du 14. VIII. 1926.

interruptions tombant inévitablement dans des nervures des poutres maîtresses on oublie très souvent qu'il s'agit de les prévoir non seulement dans les lieux de moindre sollicitations, mais encore de les disposer de façon qu'elles suivent de près la direction des efforts obliques de traction pour n'être sollicités qu'à la compression sous les charges définitives.

Le béton une fois en coffrages exige toujours des soins spéciaux en considération des effets très variés du retrait. Il s'agit là de combattre une propriété extrêmement désagréable du ciment que nous espérons voir disparaître un jour ou l'autre ou du moins diminuer, vu les efforts des fabricants dans ce but. Au delà des précautions à observer par le moyen des armatures — il en a déjà été question — les moyens pratiques actuellement encore les plus efficaces contre ce sérieux ennemi des constructions en béton armé sont les suivants : réduire au strict nécessaire la quantité d'eau de gâchage et ensuite humecter le béton le plus longtemps possible. Malheureusement l'importance de ces deux mesures préventives n'est qu'insuffisamment appréciée, parce que l'opinion, suivant laquelle le retrait se ferait en majeure partie durant les premiers jours de durcissement se maintient avec ténacité.

En temps de gel enfin, le béton doit être soigneusement abrité contre toute action directe des températures basses ; mais là encore nous rencontrons de nombreuses négligences, notamment au moment le plus critique de la prise du ciment. Ayant entendu parler des hautes températures de prise, les inconscients spéculent volontiers sur cette propriété très favorable au béton exposé au froid pour s'épargner la peine d'une protection, tout en méconnaissant au surplus que les petites masses, tels que planchers, colonnes etc. sont beaucoup plus sensibles à des coups de froid que les éléments à grosses sections et qu'elles seront aussi, proportionnellement, bien plus gravement affaiblies par une attaque du gel.

e) *Le décintrage des constructions.*

Il paraît de toute évidence qu'un élément quelconque d'un ouvrage en béton armé ne peut être décintré, c'est-à-dire dépourvu de ses soutiens provisoires, qu'au moment où le béton de cet élément et de ses appuis définitifs possède une résistance suffisante pour supporter, avec une sécurité au moins égale à celle que l'on exige pour les charges totales, celles que l'on est tenté de leur faire supporter prématurément. Pour arriver à ce degré de sécurité, variable suivant les proportions des sollicitations dues aux poids permanents et à la charge totale, il faut au béton un temps de repos complet ; les délais qui garantissent les sécurités indispensables se trouvent fixés dans les règlements officiels. Au surplus nous connaissons aujourd'hui les méthodes d'essai de bétons au moyen desquelles il est extrêmement simple de connaître, à quelque instant que ce soit, la résistance acquise par le béton.

Le moment du décintrage est l'instant peut-être le plus critique d'un ouvrage ; car, c'est à ce moment-là qu'il est le plus sensible à tout surmenage, provenant soit des charges à supporter, soit de l'action du retrait, ou des effets de causes accessoires. Et pourtant que se passe-t-il en réalité, Messieurs ?

D'après ce que nous avons dit au début de notre conférence, c'est précisément au sujet du décintrage que l'on commet les plus graves erreurs. C'est là que les méthodes expéditives, c'est-à-dire la déplorable réduction des délais, se vengent en premier lieu ; c'est presque toujours au moment du décintrage qu'ont lieu les écroulements plus ou moins graves ou que les ouvrages sont susceptibles de lésions qui, la plupart du temps, ne sont réparables que par des moyens très coûteux, puisque un renforcement direct des parties affaiblies, généralement praticable sur constructions en fer ou en bois, par exemple, n'est que rarement possible sur du béton armé.

Nombre d'entrepreneurs, d'architectes et des ingénieurs mêmes croient aujourd'hui avoir trouvé leur salut dans l'emploi du ciment spécial, dit à durcissement rapide. S'il ne s'agissait que de cette seule propriété de ce liant, ils auraient évidemment pleine raison de s'y fier. Mais il intervient encore au moment du décintrage le facteur plus important de la résistance effective du béton, qui dépend de bien d'autres facteurs encore, ainsi que M. Bolomey vous l'a si clairement exposé et que nous avons encore rappelé en parlant de la fabrication du béton. A ce dernier sujet le ciment à durcissement rapide n'est qu'un faible correctif aux péchés commis auparavant, soit, répétons-le, dans le choix des matériaux sable et gravier et de leur composition granulométrique, de la quantité d'eau de gâchage et des soins à apporter au béton durant son durcissement. Les délais fixés dans les règlements officiels prennent judicieusement garde à la possibilité d'obtenir accidentellement des bétons de qualité inférieure à celle prescrite, soit des bétons d'une résistance éventuellement quelque peu inférieure à 150 kg/cm², après 28 jours de durcissement, et se rapportant en particulier à un béton de plasticité non exagérée. Or, Messieurs, des bétons de cette dernière qualité, et de qualité moindre encore, sont extrêmement fréquents dans les constructions de bâtiments surtout, tandis qu'on les retrouve plus rarement dans les constructions de ponts ou autres ouvrages d'importance similaire ; la cause en est essentiellement à un excès d'eau de gâchage, dont les conséquences sont de beaucoup plus importantes pour les bâtiments où l'on rencontrera des sections de béton généralement plus faibles que dans les ouvrages de pont. Et c'est précisément dans les constructions de bâtiments, pas toujours dirigées par des agents qualifiés, que se présente cette tendance à la réduction des délais, contre laquelle, entre autres, la Société des entrepreneurs a si énergiquement protesté.

Pour terminer la série d'erreurs commises au décintrage, rappelons encore l'imprudence par trop fréquente d'entasser, sur des éléments à peine dépourvus de leurs supports provisoires, des charges parfois considérables de briques, de sacs de ciment et autres matériaux de construction. Les entrepreneurs et leurs contremaîtres estiment généralement qu'il n'y a aucun danger à cette pratique, pourvu que ces charges soient déposées dans le voisinage des murs ; cela provient de ce qu'ils ne pensent qu'à la seule sollicitation à la flexion en oubliant, la plupart du temps faute de connaissances, les efforts tranchants souvent plus dangereux que les sollicitations dues aux moments fléchissants.

Ne vous illusionnez pas trop du fait que nous n'avons pas d'accidents graves à enregistrer ; car tout ce qui se passe en réalité sur les chantiers ne vient pas nécessairement à la connaissance de tout le monde parce que nous n'avons malheureusement pas d'instance à laquelle on puisse signaler en toute confiance les déboires qui se vérifient un peu partout. N'oublions pas non plus que d'une sécurité amoindrie à une catastrophe il n'y a souvent qu'un pas.

f) *Des épreuves à la surcharge.*

Nous estimons devoir consacrer encore quelques mots aux épreuves à la surcharge. Nous entendons en effet des opinions si diverses quant à leur valeur qu'il vaut bien la peine de les prendre un peu sous la loupe, afin de détruire bien des illusions qu'on se fait sur ce moyen dit de preuve. Ces essais ne

se font pas régulièrement puisqu'ils entraînent toujours des frais que l'on préfère éviter, sauf nécessité absolue. Il est du reste parfaitement exact qu'on peut y renoncer si les calculs et l'exécution ne donnent pas lieu à des suspicions, à moins que — et c'est là l'essentiel — on désire élucider par cette même occasion un problème statique intéressant ou bien vérifier des hypothèses spéciales mises à la base des calculs. Nous reconnaissons également l'intérêt qu'il peut y avoir, dans certains cas, à procéder à un essai à la surcharge, lorsqu'il s'agit de rassurer le public d'une exécution par exemple de grandes galeries dans des salles de spectacle, ou d'autres constructions qui sortent de l'ordinaire. Mais alors, Messieurs, ne vous contentez pas de relever une ou deux flèches seulement et sous charges partielles encore, lorsque avec un petit effort supplémentaire il y a possibilité d'ausculter l'ouvrage de façon à en retirer un profit personnel en étudiant, à l'aide de résultats plus complets, les lois statiques auxquelles l'ouvrage obéit en réalité ; il suffit d'un nombre plus grand de fleximètres ainsi que de quelques clinomètres, que le groupe *S. I. A.* des ingénieurs s'occupant de travaux de béton, qui possède six exemplaires de chacun de ces deux instruments, tient à la disposition de ses membres, moyennent un modique prix de location.

Si toutefois pareil effort spécial est jugé excessif, du moins, Messieurs, n'essayez pas de faire état quelconque des résultats incomplets auxquels vous arriverez en voulant les comparer à des flèches calculées au préalable, à moins que dans ces calculs vous ayez bien tenu compte des répartitions des charges appliquées presque toujours partielles, des encastrements existants, des influences mutuelles des éléments (liés les uns aux autres par suite du caractère monolithique du béton armé) des variations des moments d'inertie et enfin du module d'élasticité correspondant à la résistance moyenne du béton en jeu. Sinon vous vous exposez à des conclusions fausses, voire même ridicules au point de muer en une simple comédie un essai en lui-même justifié par le but psychologique poursuivi. Permettez, à l'appui de cette dernière remarque, la citation d'un exemple récent, suivant lequel la flèche dite théorique d'une galerie assez importante était calculée à 7 mm, pour la charge d'essai bien entendu, tandis que la flèche effectivement mesurée n'était que de 0,7 mm ; ce résultat de l'essai fut enregistré tel quel à l'intention du public, faisant ainsi croire à une sécurité extraordinaire, alors qu'en réalité l'ingénieur de l'ouvrage aura très probablement négligé dans ses calculs préliminaires sinon tous, du moins l'un ou l'autre des facteurs précités, tendant, sans exception à une diminution des flèches telles qu'on les calcule généralement, soit en particulier, en négligeant les répartitions des charges, et en admettant un module d'élasticité du béton de 140 ou de 200 t/cm² qui, entre parenthèse, ne correspondrait qu'à une résistance à la compression de 60 à 100 kg/cm² seulement, au moment de l'essai.

Sans valeur aucune sont les essais tels qu'on aime les exécuter pour démontrer la sécurité d'une construction suspecte. On se contente, dans la majeure partie des cas, de l'observation d'un nombre trop restreint de flèches qui ne permet alors aucune conclusion exacte, et cela dans des cas précisément qui exigeraient le maximum de minutie. Tout ce que l'on arrive à prouver de la sorte c'est, en somme, que la partie de la construction soumise à l'épreuve ne s'est pas écroulée sous la charge d'essai, ou tout au plus que la flèche permanente ne représente qu'une proportion x de la flèche totale observée ; dans l'un et l'autre cas on ne pourra tirer aucune déduction concluante au sujet de la sécurité effective. Ici encore l'essai à la surcharge n'est en définitive que simple comédie et d'autant pire que la qualité de l'ouvrage et la possibilité de constater des fissurations éventuellement inquiétantes, telles que c'est le cas pour tous les planchers à nervures cachées, diminuent. Dans de tels cas de doutes, plus fréquents peut-être qu'on ne le croit, il n'y a que des essais très complets et prudents qui puissent renseigner ; mais ces essais ne peuvent être confiés qu'à des ingénieurs spécialement qualifiés, vu les très grandes difficultés qui se présentent à une interprétation exacte des résultats de pareille auscultation.

Messieurs,

Arrivé à la fin de notre exposé sur des constructions vicieuses en béton armé, nous estimons utile de résumer encore une fois, à grands traits, les résultats obtenus par l'étude analytique des principaux défauts que l'on rencontre dans la construction en béton armé, ainsi que des circonstances par lesquelles les imperfections relatées se trouvent favorisées, pour conclure ensuite, en forme concise, aux efforts qui s'imposent encore, tant pour assainir des situations capables d'ébranler la confiance que mérite le béton armé non moins que d'autres genres de construction que pour réaliser des perfectionnements ultérieurs dans ce genre de construction si spécial et si important aussi pour notre vie économique.

Les défauts commentés ne se rencontrent malheureusement pas dans des cas isolés seulement, vous en conviendrez certainement. Analysés de plus près, ils nous démontrent que les vices les plus graves sont dus à des incapacités et des circonstances auxquelles on peut et on doit remédier, mais que le système de construction en béton armé offre, en lui-même, des sécurités hors de discussion à la condition péremptoire toutefois qu'il ne soit traité que par des spécialistes.

En particulier, nous avons pu nous rendre compte que c'est surtout l'exécution proprement dite qui souffre de l'influence pernicieuse d'incapables, qui trouvent dans le béton armé un champ d'activité bien plus favorable que dans tout autre genre de construction. C'est pour ces motifs que nos premiers efforts doivent se diriger contre ceux qui compromettent le béton armé, soit par manque de connaissances suffisantes soit par du mauvais travail. Dans ce but il faudra continuer à insister avec la plus grande ténacité pour que les administrations avant tout, en donnant ainsi l'exemple aux particuliers, tendent à une sélection entre les entrepreneurs de béton armé ; à cet effet et pour autant qu'elles ne sont pas elles-mêmes déjà organisées dans ce sens, il faut qu'elles se fassent conseiller par des personnes qualifiées, capables de vérifier tous calculs et de surveiller l'exécution. Avec cette revendication des plus importante nous aimerions nous adresser spécialement aussi à nos collègues architectes, qui généralement sont les premiers conseillers des maîtres d'ouvrages et par cela même moralement tout aussi responsables que leurs collaborateurs des inconvénients qui résultent de l'inobservation de la règle fondamentale énoncée, indispensable à la sécurité des constructions en béton armé.

Il faut ensuite que les maîtres d'ouvrages veillent avant tout à ne pas prêter la main à des offres nettement incompatibles avec les exigences capitales d'une sécurité hors de doute de tout ouvrage et qu'ils respectent non moins les délais qu'exigent le genre spécial du béton armé. A ce sujet il est à souhaiter en particulier que la portée de l'appel de la Société suisse des Entrepreneurs et d'autres avertissements identiques ne soit pas méconnue.

Les entrepreneurs devront, à leur tour, coopérer énergiquement à l'assainissement qu'ils revendiquent, en tendant

de plus en plus à se soumettre aux conditions par lesquelles nous visons tous le même but idéal qui est d'obtenir un maximum de sécurité pour les ouvrages avec un minimum d'efforts et de frais. Il faut ainsi que les entrepreneurs eux-mêmes manifestent qu'ils ont la volonté d'améliorer en particulier la qualité des bétons, en accordant confiance à un contrôle suivi et exact des bétons fabriqués sur les chantiers et au sujet duquel nous espérons arriver sans trop tarder à des directives générales, garantissant une certaine uniformité dans la fabrication du béton armé et dans les méthodes de son contrôle tout en réduisant le plus possible l'ampleur de ce contrôle. Il faut aussi qu'ils aident eux-mêmes à engager les fournisseurs des sables et graviers à modifier leurs installations de façon à pouvoir livrer les qualités et proportions désirées. Il faut enfin qu'ils cessent de se concurrencer mutuellement, à leur propre détriment, sur les prix et les délais.

Nous nous promettons aussi de réels succès d'une organisation de cours périodiques sur la fabrication et le contrôle du béton pour entrepreneurs et conducteurs de travaux en premier lieu, mais auxquels pourront également trouver intérêt des architectes et ceux des ingénieurs moins versés dans cette matière de plus en plus importante et toujours sujette à des progrès.

Un des plus grands inconvénients existants c'est, à notre avis, le manque d'un office neutre qui établirait la statistique des accidents en les classant suivant les causes en jeu. Il est de toute évidence que si pareille institution doit jouir de la confiance de tout le monde, les intéressés doivent avoir la garantie d'une discrétion absolue. C'est à cette seule condition qu'il sera possible d'obtenir que tous les cas d'insuccès, intéressants au point de vue technique, soient portés à la connaissance de l'office, qui devrait en outre être chargé de les interpréter objectivement à l'usage de tous les intéressés. Nous sommes d'avis que si pareille institution était placée sous les auspices de notre *S. I. A.* et de la Société suisse des Entrepreneurs, elle offrirait toutes les garanties voulues.

Une tâche des ingénieurs et des entrepreneurs plus spécialement serait encore l'étude suivie des publications périodiques. La presse des affaires ne le leur permet que rarement et les périodiques sont nombreux aujourd'hui et de ce fait pas accessibles non plus à tout le monde. Là encore un office central ou deux feraient œuvre utile en se chargeant de trier les périodiques les plus importants pour en tirer, classés par questions théoriques et pratiques, les résultats des études et d'expériences pouvant servir au progrès du béton armé.

Les ingénieurs chargés de l'élaboration de projets, les jeunes surtout, trouveront un avantage notable à étudier le plus possible les constructions existantes par les méthodes d'ausculation et d'observation directes. C'est, d'après notre grande expérience dans cette matière, le moyen par excellence pour élargir les notions acquises et, notamment, pour se garantir d'une part contre les erreurs de conception et reconnaître d'autre part les particularités si variées que l'on peut mettre au profit de constructions nouvelles. C'est aussi un des moyens les plus propres à animer cette fantaisie saine à laquelle nous engageait M. Caquot en clôturant son brillant exposé d'hier.

Notre dernier appel enfin va aux maîtres d'ouvrage, afin qu'ils prêtent la main à une collaboration loyale avec les ingénieurs et entrepreneurs qualifiés pour l'exécution de travaux en béton armé. Il faut absolument arriver à les convaincre que la construction en béton armé est un art que l'on ne doit confier — nous ne le répéterons jamais assez — qu'à des spécialistes, un art dont le succès dépend en grande partie de délais qu'il est extrêmement dangereux de réduire au delà de certaines limites dépendant uniquement de propriétés spéciales du béton, aujourd'hui suffisamment élucidées pour le but en question ici, ainsi que de la nature spéciale des calculs et plans de constructions.

Nous adresserons notre appel en particulier à nos collègues architectes qui sont la plupart du temps les conseillers des maîtres d'ouvrages privés ; car, à juger par les plaintes que nous entendons un peu de partout, il nous reste toujours l'impression que beaucoup d'entre eux ne se rendent pas suffisamment compte de toutes les difficultés qui caractérisent le béton armé et des devoirs qui leur incombent à l'égard des ingénieurs et entrepreneurs.

Des sécurités inférieures à celles fixées par des règlements officiels sont incompatibles avec notre dignité professionnelle ; ces sécurités limitent nettement les sollicitations admissibles ; ces dernières, à leur tour, ne dépendent cependant ni des fonds mis à disposition par les maîtres d'ouvrage, ni des vœux spéciaux des architectes, mais uniquement des propriétés spécifiques des matériaux en jeu et notamment de celles du béton, qui est un produit de chantier, ainsi que des charges prescrites et des conditions statiques encore réalisables avec les appuis qui sont disponibles pour les divers éléments de la construction ; aux sécurités indispensables correspondent certaines hauteurs minimales des sections au sujet desquelles la décision incombe à l'ingénieur seul et non à l'architecte ; enfin ces sécurités sont encore une fonction du temps qu'exige le durcissement du béton, variable suivant les propriétés des ciments et les saisons.

Les calculs et les plans sont plus compliqués que pour des constructions en fer ou en bois. On attend du constructeur qu'il s'efforce à la plus grande économie possible. Cette économie n'est toutefois réalisable que par des calculs détaillés, parce que l'on ne peut pas se contenter de la vérification de quelques sections caractéristiques ; il est, bien au contraire, indispensable de vérifier nombre de sections, pour trouver la disposition la plus rationnelle des fers d'armatures qui doivent couvrir à la fois les lignes des moments et celles des efforts tranchants ; de ce fait les plans de détails, avec leurs listes des fers, représentent un travail également plus laborieux que partout ailleurs. Si l'on veut bien se rendre compte de toutes ces particularités, il est facile de concevoir les pertes de temps qu'occasionnent les changements continuels en cours d'exécution et quelle cause de danger surtout résulte de cette pratique volontiers suivie par des maîtres d'ouvrages et des architectes, et non de notre pays seulement à en juger par l'extrait suivant de l'article déjà invoqué du Dr Schmidtmann :

« Der Mangel jeglicher Rücksichtsnahme vieler neuzeitlich eingestellter Architekten auf den konstruktiven Aufbau, die moderne Architektur-Akrobatik mit ihren aufgelösten Grundrissen, grossen Ausladungen, Wand- und Pfeilerübersetzungen u. s. f. machen häufig selbst harmlose Bauwerke zu heiklen Konstruktionsgebilden, die umfangreiche statische Untersuchungen erfordern.

» Die Ausführungsfristen die der Private, der Staat oder die Gemeinde als Bauherr dem Ausführenden stellen und zwar meist um den durch verschleppte Vorverhandlungen und Unschlüssigkeit erlittenen Zeitverlust auf Kosten anderer wieder gutzumachen, sind in der Regel so kurz bemessen, dass diesem die Zeit mangelt, die technischen Unterlagen vor dem Beginn des Baues gründlich durchzuarbeiten. Die Folge davon ist einerseits, dass vielfach formal und sachlich sehr mangelhafte Bauvorlagen zur baupolizeilichen Prüfung vorgelegt werden, und andrerseits, dass die Ab-

sichten des Bauherrn oder entwerfenden Architekten schon kurz nach Einreichung der Baupläne oder während der Bauarbeiten immer wieder geändert werden. Welch grosser Arbeitsaufwand auf diese Weise häufig schmählich vertan wird, welcher Raubbau damit mit den geistigen Kräften der Konstrukteure und der Prüfungsstellen getrieben wird spottet oft jeder Beschreibung. »

Nous nous approchons d'autant plus rapidement du premier de ces buts proposés que nous apprendrons à vaincre dans un esprit de solidarité et de confiance mutuelle de petits avantages personnels, qui ne seront presque toujours que passagers pour nous, mais d'autant plus nuisibles à la cause générale plus importante, soit à l'autorité des ingénieurs et des architectes.

Il y a là — permettez, Messieurs, cette parenthèse — aussi un point, à notre avis très important, de ce fameux chapitre « Standesfragen ». Nos titres d'ingénieurs et d'architectes ne jouissent pas de la protection légale dont bénéficient d'autres professions libérales ; ainsi ce n'est seulement que par notre science et par une collaboration loyale que nous pouvons justifier les prétentions auxquelles nous avons droit.

Dans aucun autre domaine de l'ingénieur civil autant que dans celui du béton armé nous n'avons à lutter contre des incompétences. Nous n'avons cependant pas fait de longues et coûteuses études et, tant nos ancêtres que des savants de notre génération n'ont pas sacrifié de grandes parties de leur vie à la science du béton armé, pour que nous permettions, sans nous défendre passionnément, que des non-qualifiés puissent continuer à gâter notre beau métier en spéculant, à vrai dire, sur les sécurités jugées indispensables par ceux qui ont pénétré dans la matière.

Mais encore, pour vaincre, ainsi que nous l'espérons tout de même, il s'agit pour nous ingénieurs en particulier, de documenter à l'aide du dernier de nos ouvrages notre savoir et nos droits de spécialistes, en nous efforçant de plus en plus à une *judicieuse* application et combinaison des expériences théoriques, expérimentales et pratiques, par laquelle nous entendons la réalisation à la fois des sécurités légales aussi *uniformes* que possible et d'un maximum d'économie.

Les turbines

de la centrale automatique de la Fabrique de pâtes de bois de la Doux, St-Sulpice,

par M. *J. Weiss*, ingénieur
aux Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey, S. A.

Généralités. — Cette usine utilise les eaux de l'Areuse dont la dérivation se fait directement en aval des sources bien connues. La prise d'eau est constituée par un ancien barrage formant une retenue destinée autrefois à alimenter les turbines d'une fabrique. La nouvelle centrale automatique remplace en effet deux anciennes usines établies en escalier sur l'Areuse. Elle fournit de l'énergie à la Fabrique de pâtes de bois qui se trouve à une distance de 800 m environ de la centrale.

Depuis le barrage les eaux sont amenées à la chambre de mise en charge par un canal en béton armé de 200 m de longueur environ. Ce canal aboutit à la conduite forcée d'une longueur de 80 m et 1600 mm de diamètre.

La chute nette moyenne est de 23 m. Etant donné la forte variation du débit de l'Areuse, la centrale comprend deux groupes dont le premier absorbe deux tiers et le second un tiers du débit maximum, fixé à 4 m³/sec. Il est ainsi possible d'obtenir des rendements intéressants pour tous les débits qui entrent en ligne de compte, comme le démontre le diagramme de la figure 1.

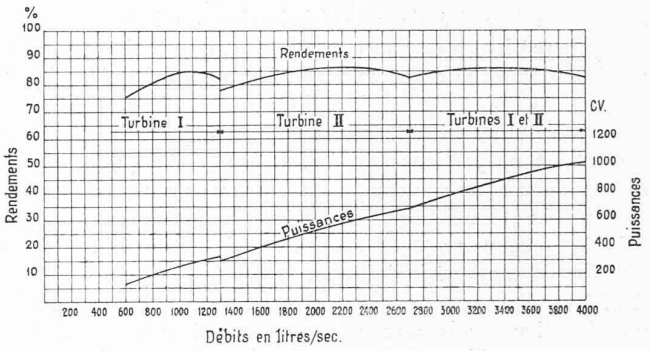

Fig. 1. — Centrale automatique de St-Sulpice. Rendements et puissances des deux turbines.

La centrale étant destinée à fonctionner d'une façon absolument automatique, la mise en marche se faisant à distance depuis la Fabrique de pâtes, il a été nécessaire d'étudier une disposition quelque peu spéciale pour adapter l'installation au régime fort variable de l'Areuse. En premier lieu il s'agissait de trouver un dispositif permettant la mise en marche automatique de l'un ou l'autre groupe ou des deux à la fois, suivant le débit d'eau disponible. Cette condition a été réalisée de la manière suivante :

Appareil de réglage de niveau. — Un appareil de réglage de niveau pneumatique installé dans la centrale et dont le fonctionnement ressort du schéma simplifié, fig. 2, permet de maintenir constamment le niveau amont à la cote maximum. L'appareil se compose d'un récipient dans lequel se trouve une cloche à air, mis sous pression par une petite pompe, commandée par un moteur électrique. De l'intérieur de la cloche part un tuyau d'air aboutissant à la chambre de mise en charge où il plonge dans l'eau d'une hauteur de 40 cm environ. En négligeant les pertes par frottement dans la tuyauterie on peut considérer que la pression de l'air dans la cloche est une fonction exacte de la hauteur d'eau entre l'embouchure du tuyau et le niveau amont. Si donc ce dernier baisse, la hauteur d'eau et, en conséquence, la pression dans la cloche diminuent et cette dernière s'abaisse par son propre poids. Ce mouvement de la cloche est transmis au moyen de câbles aux organes de réglage des régulateurs à pression d'huile des deux turbines. Le vannage des turbines suit donc exactement ces mouvements, respectivement ceux du niveau amont. Un appareil amortisseur se composant d'un réservoir en tôle communiquant avec le canal d'amenée, et dans lequel plonge l'embouchure du tuyau d'air mentionné plus haut, a pour but d'éviter les oscillations trop fortes qui pourraient se produire à la mise en marche ou lors d'une