

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 52 (1926)
Heft: 2

Artikel: Le béton coulé
Autor: Stucky, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40255>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

Rapport de M. Walker Hines.

La Commission décide d'examiner au cours de sa session d'avril 1926 les questions soulevées par le rapport de M. Walker Hines.

Note du Secrétariat: Un extrait du rapport de M. Walker Hines a paru dans le *Bulletin technique* N° 25 du 5 décembre 1925, page 310).

Texte français du Règlement de Police.

Les modifications au texte français du Règlement de police de 1912, annexées au présent protocole, sont adoptées (voir *Bulletin technique* N° 12 du 6 juin 1925, page 137).

Note du Secrétariat: Ces modifications sont les suivantes :

Article 2, paragraphe 6 (franc-bord) au lieu de « 0,30 m » mettre « 0,50 m ».

Article 5, paragraphe 11, alinéa 1 (avant-dernière ligne) au lieu de « à babord » mettre « à tribord ».

Article 5, n° 13 au lieu de « d'un feu blanc du type prévu à l'article 24, n° 5 » il faudrait lire : « du feu blanc prévu etc... »

Article 18, paragraphe 4, alinéa b) au lieu de « signal avancé » mettre « premier signal ».

Article 21 n° 1a, b et c au lieu de 112°, 5 et 22°, 5, il faudrait lire 112°, 30' et 22° 30'.

En outre, aux n°s 1 b et 1 c du même article au lieu de « d'au moins 112°, 5 » il faudrait lire : « de 112° 30' ».

Article 27, n° 6, dernier alinéa au lieu de : « deux pavillons, l'un rouge et l'autre blanc », il faudrait lire : « un pavillon rouge et blanc ».

Annexe à l'article 33, paragraphe 3.

Dans la colonne « chaînes ou câbles en acier » inscrire pour un équipage de 13 à 16 hommes, le nombre de « 3 ».

Dans la remarque 2, au lieu de « embarcation triangulaire » mettre « une nacelle ».

Réglementation du travail.

Cette affaire est ajournée à la prochaine session (voir *Bulletin technique* N° 3 du 31 janvier 1925, page 25).

Date de la prochaine session.

La prochaine session commencera le 12 avril à 15 heures et se terminera le 27 avril.

Le Béton coulé

par M. A. STUCKY, ingénieur-conseil, à Bâle.

Le béton coulé aujourd'hui en usage dans tous les domaines du béton et du béton armé, doit sa grande popularité et son énorme développement surtout aux grands barrages-réservoirs américains. Il y a dix ans encore on enseignait à faire le béton à la consistance de terre humide puis à le damer vigoureusement. Un tel béton présentait évidemment le gros danger de manquer d'homogénéité si tous les ouvriers ne travaillaient pas très consciencieusement. Mais, d'autre part, les essais de laboratoire avaient déjà montré qu'un excédent d'eau de gâchage diminuait notablement la résistance des cubes d'essai. Ce dernier argument prévalut longtemps pour faire préférer la consistance de terre humide, éventuellement la consistance plastique, à la consistance liquide.

Les premiers murs-barrages étaient de hauteur moyenne et leur volume ne dépassait guère une centaine de milliers de mètres cubes. Les délais de construction n'étant pas

encore raccourcis comme aujourd'hui, on pouvait les bâtir sans trop de hâte en maçonnerie de pierres naturelles ou en béton soigneusement damé. Dès l'instant où la hauteur des barrages atteignit une centaine de mètres et où par conséquent leur volume s'élevait à 400 à 500 mille mètres cubes, alors que simultanément les délais accordés aux constructeurs diminuaient dans la même proportion, la maçonnerie, puis le béton damé firent défaut. Pour mettre en œuvre de 600 à 1500 m³ de béton par jour de travail, il fallait nécessairement renoncer au damage et c'est ainsi que, poussé par les circonstances, on en est arrivé à donner au béton des barrages une plasticité qui lui permit d'être coulé au moyen d'une goulotte.

Les premières appréhensions dues à la diminution de résistance des cubes de béton coulé étaient en partie contrebalancées par la constatation qu'un ouvrage de béton coulé acquiert sans aucun doute une homogénéité bien supérieure à celle d'un ouvrage de béton damé. La catastrophe des usines d'Oppau, due à une explosion, vint confirmer ces dernières suppositions. Comme nous le montrait M. le Prof. Probst de Carlsruhe, dans sa conférence au « Groupe des ingénieurs de béton » (Groupe de la Société suisse des Ingénieurs et des Architectes) les murs exécutés en béton damé furent tous cisailés le long des reprises du travail, et leurs ruines prirent le profil d'escaliers, mettant ainsi en lumière le point faible de ce béton.

Entrevoyant l'énorme essort que pourrait prendre l'industrie du béton dès l'instant où l'on admettrait le béton coulé, les ingénieurs américains entreprirent de vastes recherches théoriques et pratiques. Un laboratoire muni de ressources « américaines » fut confié au Prof. Duff. A. Abrams, qui consigna le résultat de ses travaux dans une publication remarquable : « Les Bulletins du Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute Chicago. » Nous reviendrons plus loin sur ces bulletins.

Le béton était lancé en Amérique. Lorsqu'il s'agit de construire le barrage de Barberine, l'entreprise Martin, Baratelli & C^{ie} commanda une installation de béton coulé système Lakewood qui avait déjà fait ses preuves en Amérique. Le même système fut adopté au barrage du Wæggital où l'avancement journalier devait être encore plus fort qu'à Barberine. D'autres entreprises suisses utilisèrent par la suite également le béton coulé, soit avec le système Lakewood, soit avec d'autres systèmes plus simples ou mieux appropriés aux conditions locales.

Ces essais ont sans doute confirmé les espoirs qu'avait fait naître l'introduction de ce nouveau mode de bétonner, mais ils en montrèrent aussi tous les dangers et les difficultés. On a usé et parfois même abusé du béton liquide, oubliant que béton liquide n'est pas synonyme de béton coulé. Il est évidemment indispensable que le mélange obtenu dans la malaxeuse reste intact jusque dans les coffrages. Or, c'est là que réside la grosse difficulté du

béton coulé. Il est en particulier inadmissible de verser le mélange liquide dans une benne destinée à circuler sur le chantier peut-être longtemps, à tel point que les diverses composantes du mélange ont le temps de se séparer et de précipiter ensuite sans autre le prétendu béton dans les coffrages. Ce qui sort ainsi de la benne n'est plus du béton. La seule manière de mettre le béton liquide en œuvre consiste à le couler dans les coffrages au moyen de goulottes appropriées. Si la composition du ballast, la consistance du mélange et la pente des goulottes ont été judicieusement choisies, on arrive à éviter suffisamment le démélange. Ajoutons encore, ce qui n'est pas sans intérêt pour le maître de l'ouvrage, que la bonne qualité du travail et le bon rendement de l'installation de l'entrepreneur vont de pair, puisque un débit très régulier des goulottes assure à la fois tous les deux.

Tous ces problèmes ont préoccupé les techniciens suisses, aussi s'est-il constitué au sein « du groupe des ingénieurs du béton » de la S. I. A. une commission dont l'objectif était précisément l'étude spéciale du béton coulé. Cette Commission vient de terminer ses travaux par la publication d'un opuscule intitulé : « *Gussbeton, Erfahrungen beim Schweizerischen Talsperrenbau. Bericht der Gussbeton-Kommission, bearbeitet von Dipl. Ing. Éd. Stadelmann* ». 1925. Verlag bei Hoch und Tiefbau A.-G. Zurich.

Le point de départ était donné par les études d'Abrams dont le « bulletin » principal fut traduit en allemand par la Commission et remis à tous les membres du groupe. Cette étude magistrale analyse l'influence de chacune des quatre composantes du béton : sable, gravier, ciment, eau, au double point de vue de la résistance et de la consistance, c'est-à-dire des qualités de mise en œuvre du béton. Tous les essais d'Abrams se rapportant exclusivement au béton liquide, il était intéressant de les comparer aux résultats de Féret établis pour du béton plutôt sec, ce qui fut fait dans la récente publication.

La commission se proposait de vérifier les conclusions de ces deux premiers auteurs à la lumière des expériences faites en Suisse. Elle étendit ses investigations au domaine plus pratique des chantiers ; les recherches portèrent également sur la question de l'imperméabilité, et de la gélivité des bétons, des coffrages, etc.

La confirmation des lois d'Abrams et les nouveaux résultats pratiques acquis méritent de retenir l'attention, aussi reproduisons-nous un bref compte rendu de l'ouvrage de M. Stadelmann, paru dans la « Revue du Bâtiment »¹.

« Le rapport est subdivisé en quatre chapitres principaux. Le premier traite de la composition du béton coulé, le second de sa mise en œuvre ; le troisième est consacré aux observations faites sur le béton exécuté ; enfin, un quatrième chapitre concerne les essais exécutés au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux de construction et la comparaison des résultats obtenus avec les théories d'Abrams.

» Au sujet de la composition du béton, le rapport relève tout d'abord l'influence de la nature du ballast, selon qu'il est

roulé ou concassé. Le ballast roulé coule mieux et présente moins de vides que le ballast de concassage : par contre, le sable et le gravier de rivière sont en général dépourvus d'une quantité suffisante d'éléments fins. La préparation artificielle donne un ballast plus régulier et plus aisément contrôlable que le sable et le gravier de rivière. Le béton préparé avec du ballast concassé a plus facilement la tendance à se dissocier au cours du coulage, et l'on est davantage tenté d'ajouter un excès d'eau pour faciliter l'opération.

» A propos du liant, le rapport traite particulièrement de l'addition de chaux éteinte faite au ciment pour faciliter le coulage, point sur lequel les opinions sont encore divisées. Cette addition peut rendre de bons services pour améliorer la plasticité et l'étanchéité, lorsque le sable ne contient pas suffisamment d'éléments fins. La résistance du béton n'en souffre pas si cette addition est limitée à des proportions convenables.

» L'eau de malaxage, qui ne jouait dans le béton damé qu'un rôle secondaire, car on la limitait autant que possible à la quantité nécessaire à l'hydratation du ciment, a pris dans le béton coulé une importance capitale. Sa fonction prédominante n'est plus de nature chimique, mais de nature physique et mécanique. Son rôle s'exerce dans la mise en œuvre tout d'abord, en ce sens qu'un excès d'eau peut avoir pour conséquence une dissociation des éléments du béton au cours du coulage ; l'excès d'eau se sépare de la masse aussitôt le béton en place ; une autre partie reste dans le béton à l'état hygroscopique ; enfin une certaine quantité s'allie chimiquement au ciment. La quantité d'eau exerce en outre une influence définitive sur les qualités du béton, en particulier sur sa résistance et sur son étanchéité.

» Le chapitre consacré à la mise en œuvre du béton contient une description très détaillée des installations de confection et de transport. Ce chapitre contient en outre des enseignements précieux au sujet des coffrages et des revêtements. Les dimensions des blocs coulés, la nature des coffrages (fer ou bois), le temps durant lequel ils sont maintenus en place, sont autant de facteurs qui influencent la qualité du béton. La hauteur des coffrages, ou plus exactement des blocs coulés ne doit pas être trop grande, afin de permettre à la chaleur développée par la prise du ciment de rayonner à l'extérieur. Le temps au bout duquel on peut enlever les coffrages dépend avant tout de la résistance acquise par le béton, et varie aussi avec la température extérieure. Le coffrage métallique lisse a l'avantage de provoquer la formation sur le parement d'une couche imperméable analogue à un enduit ; en hiver, la conductibilité du métal est par contre un défaut ; de plus, le coffrage ne permet pas à l'excédent d'eau de s'échapper ; cet excédent reste dans le béton, et par les basses températures gèle et provoque ultérieurement la désagrégation du parement.

» Les observations faites sur le béton exécuté ont fait également l'objet d'une étude très complète. Au point de vue de l'homogénéité du produit obtenu, la comparaison entre le béton damé et le béton coulé est tout à l'avantage de ce dernier. La résistance au gel est un point que la forte teneur en eau du béton coulé a rendu aussi délicat. La perméabilité du béton a fait l'objet de très nombreux essais, et le rapport aboutit à ce sujet à des conclusions très intéressantes ; l'augmentation de la teneur en eau fait croître la perméabilité ; mais d'autre part, les expériences antérieures ont montré que le béton damé, humide, est moins étanche que le béton plastique. Le rapport éclaircit ingénieusement cette contradiction apparente par des considérations sur la nature des pores et la relation entre leur volume et la quantité d'eau de malaxage. Un des principaux résultats de l'étude est que les conditions qui correspondent à un béton étanche ne coïncident pas avec celle qui déterminent le béton de résistance maxima, mais que le plus souvent, l'une de ces qualités est réalisée au détriment de l'autre.

» La commission a voué ensuite son attention à l'élévation de température à l'intérieur des grandes masses de béton, et aux problèmes qui en relation étroite, se greffent immédiatement sur ce dernier, celui du retrait et des joints de contraction.

¹ Revue du Bâtiment N° du 19 décembre 1925, « Le béton coulé », par H. Gicot, ingénieur.

» Les essais exécutés au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux de construction font l'objet d'un chapitre très détaillé. Sans vouloir nous étendre plus longuement sur ce sujet, nous relèverons seulement que ces essais ont mis en lumière l'influence de la proportion de ciment et d'eau et confirmé dans l'ensemble les théories d'Abrams. En introduisant un facteur que le rapport dénomme le facteur ciment-eau, c'est-à-dire le rapport de la quantité de ciment à la quantité d'eau, on obtient pour un ballast donné une relation très simple entre la résistance à l'écrasement et ce facteur ciment-eau. Cette relation se traduit graphiquement par une ligne droite. »

Le fait que les recherches résumées dans cette publication ont été faites sur de grands chantiers, ne doit pas faire croire que ces théories modernes du béton, n'ont de valeur que pour les barrages. J'ai souvent entendu dire à ce sujet : « Tout cela est très intéressant sans doute, mais n'a aucun intérêt pour les petits chantiers de béton et de béton armé ». Il va sans dire que sur un chantier moyen on n'entreprendra pas des essais de l'envergure de ceux que relatait M. Bolomey dans le *Bulletin technique*. C'est bien pour cela que le « Groupe des ingénieurs du béton » a tenu à ce que ces résultats d'expériences ne restent pas connus que des constructeurs de grands travaux, mais qu'au contraire ils soient mis à la disposition de tous ceux qui font du béton et du béton armé. En terminant, je rappelle encore que depuis longtemps déjà M. le Professeur Paris avait à juste titre, comme on le voit aujourd'hui, appelé l'attention des constructeurs de béton armé sur ces problèmes. Il a donné sur ce sujet plusieurs notes fort intéressantes au *Bulletin technique*, qui doivent aussi être rappelées ici.

Bâle, décembre 1925.

La soudure autogène à l'arc électrique au moyen du courant alternatif¹.

par G. Burnand, ingénieur.

La soudure autogène consiste à faire fondre le métal des deux pièces que l'on veut assembler et à remplir l'intervalle par du métal en fusion, métal dit d'apport.

La soudure autogène au chalumeau oxyhydrique et oxyacétylénique est bien connue et ce procédé rend, depuis de nombreuses années, des services appréciés. Malheureusement le chalumeau, comme toute flamme ouverte, développe une quantité de chaleur assez importante ; il ne permet pas de localiser l'échauffement à proximité immédiate des lèvres de la fente. Le rendement thermique de l'opération est donc assez faible et l'échauffement des pièces produit des tensions intérieures qui se traduisent par des fentes dans les objets en fonte ou qui voilent les tôles et les profilés. Le procédé oxyacétylénique nécessite un appareillage assez compliqué ; si l'on produit l'acétylène dans un générateur, l'opération, le nettoyage surtout, n'est pas sans danger ; si l'on emploie l'acétylène dissous, le réapprovisionnement dépend de l'exactitude des fournisseurs, ce qui présente des inconvénients.

L'électricité constitue une source de chaleur qui est exempte des défauts que nous venons de signaler. L'arc électrique en particulier est le siège d'une température élevée et absolument

localisée : il était donc tout indiqué de chercher à l'employer pour la soudure autogène. Pour cela, on réunira un pôle du circuit (à basse tension) à la pièce à souder, l'autre à un bâtonnet de métal d'apport et on fera jaillir l'arc en rapprochant le bâtonnet (l'électrode) des lèvres de la fente. La chaleur intense de l'arc (3500° environ) fera fondre le métal adjacent tandis que la température du reste de la pièce restera sensiblement constante car, si le potentiel thermique de l'arc est considérable, la quantité de chaleur développée (en calories) est relativement très faible. Les tensions intérieures seront donc si minimes qu'elles ne seront nullement gênantes.

Les premiers essais de soudure à l'arc ont été faits, croyons-nous, au moyen de courant alternatif ; l'auteur de ces lignes se souvient d'avoir bouché des soufflures dans des pièces fondues en utilisant comme transformateur de soudure un vieil induit Gramme dont l'enroulement servait de primaire tandis

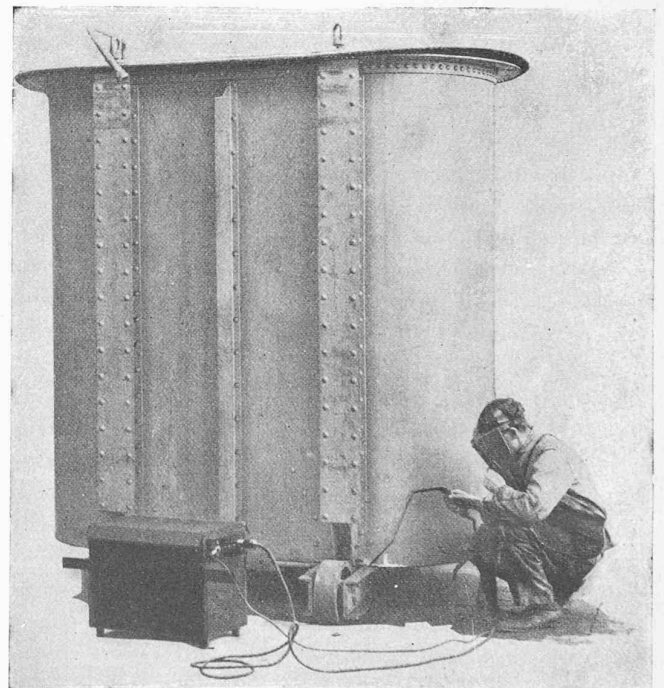


Fig. 1. — Réparation, au moyen de la soudure électrique à l'arc alternatif, d'une cuve non étanche, pour transformateur.

que l'arbre formait le secondaire. On constata bientôt que, si sous courant continu, l'arc électrique reste relativement stable entre électrodes métalliques, même si la tension est basse, l'arc à courant alternatif est instable même si la tension est élevée. On renonça donc à regret au courant alternatif et, jusqu'à ces dernières années, on n'utilisa guère que le courant continu pour la soudure à l'arc. On aurait eu pourtant tout intérêt à utiliser l'alternatif car la grande majorité des usines produisent l'électricité sous cette forme et la soudure électrique constitue un débouché précieux pour l'énergie de jour. Il fallut donc se résoudre à employer un groupe convertisseur rotatif transformant le courant alternatif simple ou polyphasé à tension usuelle (110 à 500 volts en général) en courant continu à la tension la plus favorable pour l'arc, soit 45 à 65 volts à vide, 20 à 30 volts en charge.

Il n'y a que quelques années que l'on a pu déterminer sous quelles conditions il était possible de souder au courant alternatif. En soudant au courant continu, on remarqua que l'électrode constituant le métal d'apport ne devait pas être nue. En

¹ Voir sur la soudure électrique à l'arc les notices publiées, page 229 du tome 49 (1923), pages 203 et 255 du tome 50 (1924) et page 172 du tome 51 (1925) du *Bulletin technique*. (Réd.)