Contrôle de la qualité d'un béton au moyen de la densité de celui-ci

Autor(en): **Bolomey, J.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **63 (1937)**

Heft 7

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-48438

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

63e année — 27 mars 1937 — N° 7

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; *Vaud :* MM. C. Butticaz, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur cantonal ; *Valais :* MM. J. Couchepin, ingénieur, à Martigny ; Haenny, ingénieur, à Sion.

Rédaction : H. Demierre, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, La Tour-de-Peilz.

ANNONCES
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm :
20 centimes.
Rabais pour annonces répétées.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Dommer, ingénieur, président ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer.

SOMMAIRE : *Contrôle de la qualité d'un béton au moyen de la densité de celui-ci*, par J. Bolomey, professeur à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne. — *Concours pour un projet de Crématoire, à Vevey.* — *Chaudière électrique à haute tension à jets d'eau. Système Brown Boveri.* — *L'activité du Bureau d'entr'aide technique de Lausanne (B. E. T.).* — *Conférence internationale : l'esperanto dans la vie moderne.* — *Réunion internationale d'architectes.* — *VIme congrès du chauffage et de la ventilation des bâtiments habités.* — Correspondance : *A propos du concours d'idées pour la construction d'un bâtiment administratif et pour l'aménagement de la place de la Riponne, à Lausanne.* — *Exposition nationale, Zurich 1939.* — *Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne et Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.* — *Section genevoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — Bibliographie. — Nouveautés. — Informations.

Exceptionnellement, ce numéro contient 16 pages de texte rédactionnel.

Contrôle de la qualité d'un béton au moyen de la densité de celui-ci,

par J. BOLOMEY,
professeur à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne.

La résistance à la compression d'un béton est donnée, avec une précision suffisante pour les besoins du chantier, par la formule :

$$1.\quad R = (C/E - 0{,}50) \times K$$

qui est une simplification de notre formule générale :

$$2.\quad R = \left[\left(\frac{\Delta}{2{,}35}\right)^2 \times \frac{C}{E}\right]^{3/2} \times \frac{K}{2}.$$

R = Résistance à la compression, en kg/cm².
C/E = Rapport du poids du ciment au poids de l'eau de gâchage.
Δ = Densité du béton lors de sa mise en œuvre.
K = Coefficient de résistance, variable avec la qualité du ciment, le mode et la durée du durcissement. Pour les ciments suisses actuels K est compris dans les limites suivantes :

		3 jours	7 jours	28 jours
C. P. ordinaire	$K =$	70—100	140—170	180—250
C. P. spécial	$K =$	130—160	200—260	280—350

Le coefficient K étant connu, la résistance probable du béton le sera aussi dès que nous aurons déterminé le rapport C/E, c'est-à-dire dès que nous connaîtrons le dosage effectif en ciment et la quantité d'eau de gâchage totale (eau retenue par le ballast humide et eau ajoutée) par m³ de béton.

Détermination du dosage effectif. Le dosage effectif du béton peut être déterminé exactement, sans perte de temps, en comptant le nombre de gâchées nécessaires pour exécuter un élément de l'ouvrage dont le volume est facile à calculer en raison de sa forme géométrique (sommier, mur coffré, etc.). Connaissant le nombre de gâchées, le poids du ciment par gâchée, le volume exécuté, nous en déduisons immédiatement le dosage par m³ de béton :

$$\text{Dosage en kg/m}^3 = \frac{\text{Poids du ciment utilisé}}{\text{Volume de béton exécuté}}.$$

Le dosage effectif peut aussi être déterminé en mesurant exactement (par exemple au moyen d'une caisse sans fond posée sur une surface plane) le volume occupé par une seule gâchée de béton.

Détermination de la quantité d'eau de gâchage. Nous pouvons calculer la quantité d'eau de gâchage dès que nous connaissons les densités absolues (vides nuls) du béton, du ciment et du ballast.

En effet, soient :

C, S, E les poids du ciment, du ballast et de l'eau, en kg/m³ de béton.
c, s, e, v les volumes en litres occupés dans 1 m³ de béton par le ciment, le ballast, l'eau et les vides.
Δ_b le poids du m³ de béton au moment du gâchage, vides nuls, c'est-à-dire $v = 0$.
Δ_c et Δ_s les densités absolues du ciment et du ballast. En général on peut admettre, comme première approximation :

$$\Delta_c = 3{,}10 \qquad \Delta_s = 2{,}65.$$

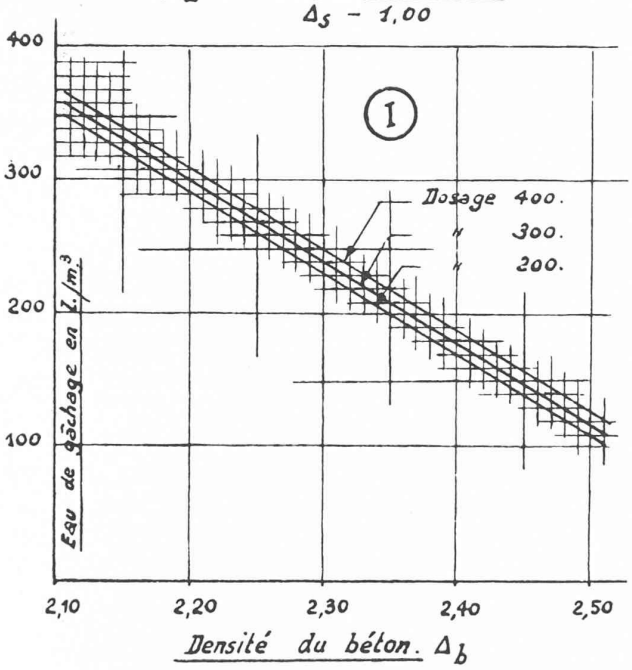
CONTROLE DE LA QUALITE DU BETON AU MOYEN DE SA DENSITE.

(Méthode du Laboratoire d'essai des matériaux de Lausanne.)

Eau de gâchage en l./m³ de béton.

$v = 0 \qquad \Delta_c = 3{,}10 \qquad \Delta_s = 2{,}65$

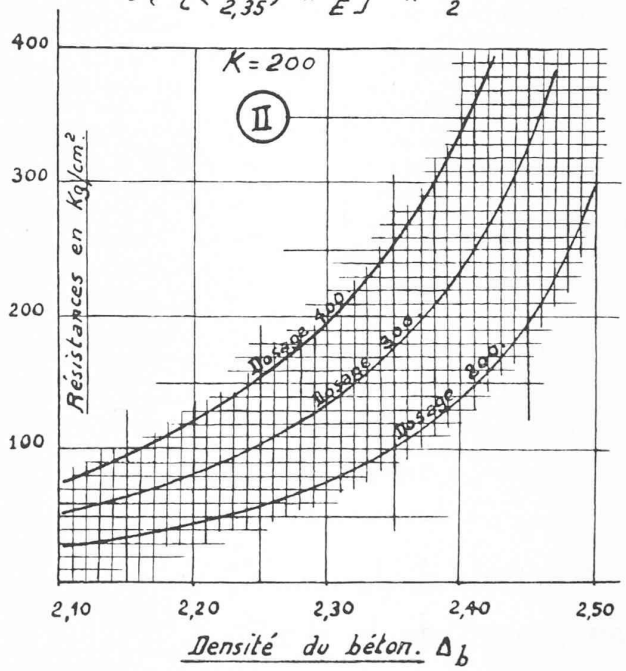
$$E = \frac{(1000 - C).\Delta_s - (\Delta_b - C)}{\Delta_s - 1{,}00}$$



Résistance à la compression du béton.

$v = 0 \qquad \Delta_c = 3{,}10 \qquad \Delta_s = 2{,}65$

$$R = \left[\left(\frac{\Delta_b}{2{,}35}\right)^2 \times \frac{C}{E}\right]^{3/2} \times \frac{K}{2}$$

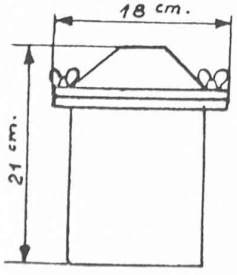


Valeurs de K.

	C.P. ordinaire.	C.P. spécial.
3 jours.	K = 70 - 100 Kg/cm²	K = 130 - 160 Kg/cm²
7 "	K = 140 - 170 "	K = 200 - 260 "
28 "	K = 180 - 250 "	K = 280 - 350 "

Appareils nécessaires.

1 Vase d'une contenance de 1 litre env.
1 Récipient d'une contenance de 2 litres env. pour la mesure du volume béton + eau.
1 Baguette pour mélanger le béton et l'eau.
1 Balance permettant de peser un poids de 10 Kg. au gramme près.



Croquis du récipient.

Mode opératoire.

1°) Peser le vase rempli d'eau (Poids 1).
2°) Verser env. 0,5 l. d'eau dans le récipient
3°) Introduire le béton dans le récipient et le mélanger avec l'eau.
4°) Fixer la partie supérieure du récipient après en avoir soigneusement „suiffé" le joint et en serrant à fond les 2 vis à ailettes.
5°) Achèvement du remplissage avec l'eau.
6°) Peser le récipient rempli (Poids 6)
7°) Peser le vase avec l'eau restante. (Poids 7)

E_a = Poids 1 - Poids 7.
P_b = Poids 6 - Tare - E_a.
V_b = Contenance récipient - E_a.

$$\Delta_b = P_b : V_b.$$

Nous avons :

$\Delta_b = C + S + E$ d'où $\Delta_b - C = A = S + E$

$1000 = c + s + e + v$ si $v = 0$, nous en tirons

$1000 - \frac{C}{\Delta_c} = \frac{S}{\Delta_s} + E$ en effet $c = \frac{C}{\Delta_c}$ $s = \frac{S}{\Delta_s}$.

Connaissant C et Δ_c, nous en déduisons, sans autre, les valeurs de A et B et nous trouvons :

$$3. \quad E = \frac{B \times \Delta_s - A}{\Delta_s - 1}.$$

Exemple : Supposons que nous ayons :

$\Delta_b = 2400$ kg/m³ $C = 300$ kg/m³

$\Delta_c = 3{,}10$ $\Delta_s = 2{,}65$ $v = 0$.

Nous avons :

$$A = 2400 - 300 = 2100$$
$$B = 1000 - \frac{300}{3{,}10} = 903$$
$$E = \frac{903 \times 2{,}65 - 2100}{2{,}65 - 1} = 177 \text{ l/m}^3$$
$$C/E = 300 : 177 = 1{,}69$$
$$R = (1{,}69 - 0{,}50) \times K = 1{,}19\ K.$$

Nous basant sur la formule 3 nous avons établi le graphique *I* qui donne directement, pour les dosages de 200, 300 et 400 kg/m³ de béton, les quantités d'eau de gâchage correspondant aux densités de béton comprises entre 2,10 et 2,50, lorsque $\Delta_c = 3{,}10$, $\Delta_s = 2{,}75$, $v = 0$.

Connaissant C et E, nous en déduisons le rapport C/E et la résistance. Le graphique *II* a été établi en partant de la formule générale 2 pour $K = 200$. Si K est différent de 200, il n'y a qu'à multiplier les résistances données par le graphique *II* par le rapport $\frac{K \text{ effectif}}{200}$.

Considérations pratiques.

La précision de la méthode exposée ci-dessus dépend essentiellement de celle de la détermination de la densité du béton, lorsque la porosité de celui-ci est nulle ($v = 0$).

Si, dans l'exemple traité plus haut, nous avions commis une erreur de 0,4 % dans la détermination de la densité du béton, c'est-à-dire si nous avions trouvé par exemple 2,39 au lieu de 2,40 pour la densité du béton compact, nous aurions trouvé une quantité d'eau de gâchage de 183 l/m³ au lieu de 177, erreur de 3,4 %.

Si la densité absolue du ballast avait été, en réalité, de 2,70 au lieu de 2,65 admis, nous aurions trouvé $E = 199$ au lieu de 177. Erreur de 12,4 %.

Si la densité absolue du ciment avait été, en réalité, de 3,00 au lieu de 3,10 admis, nous aurions trouvé $E = 173$ au lieu de 177. Erreur de 2,3 % qui est encore admissible.

Enfin, si la porosité du béton n'est pas nulle, mais atteint le 1 % de son volume par exemple, ce qui est peu, nous aurions trouvé $B = 1000 - \frac{300}{3{,}10} - 10 = 893$ au lieu de 903 et $E = 161$ au lieu de 177, erreur de 9 %, ce qui est beaucoup.

Pour éliminer ces diverses erreurs, qui peuvent prendre une importance telle que la valeur pratique de la méthode est fortement compromise, il faut :

a) Déterminer exactement la densité du béton, ce qui nécessite la connaissance précise du poids et du volume de l'échantillon de béton examiné.

b) Déterminer exactement la densité absolue du ballast utilisé, pour autant que celle-ci n'est pas déjà connue.

c) Eliminer complètement tous les vides du béton, de façon à être certain que $v = 0$.

a) *Densité du béton.* Nous utilisons un récipient d'une contenance d'environ 2 litres, exactement déterminée. Cette contenance suffit pour les bétons gradués jusqu'à 30 mm.

Ce récipient se compose de deux parties : un cylindre et un tronc de cône pouvant être boulonné à celui-là et s'y ajustant très exactement. Le cylindre est rempli le premier de béton et d'eau destinée à le liquéfier complètement, comme indiqué ci-après sous *c*. Le tronc de cône est ensuite boulonné au cylindre, après avoir suiffé le joint pour le rendre étanche, et le remplissage est achevé au moyen de béton et d'eau jusqu'au ras de l'orifice supérieur. (Frapper sur le *récipient* pour éliminer complètement les bulles d'air.) L'erreur dans la détermination du volume ne dépasse pas 1 ‰ (2 cm³).

Le récipient rempli de béton est ensuite pesé sur une balance Roberval ordinaire qui permet de déterminer les poids jusqu'à 10 kg, à un ou deux grammes près.

Exemple.

Contenance du récipient	2076 cm³
Tare du récipient	1280 g
Eau supplémentaire, ajoutée pour liquéfier complètement le béton	547 g ou cm³
Poids du récipient rempli de béton et d'eau	5425 g

Nous avons :

Volume occupé par le béton = 2076 — 547 = 1529 cm³

Poids du béton = 5425 — 1280 — 547 = 3598 g

Densité du béton : 3598 : 1529 = 2,353.

La précision sera augmentée en répétant l'opération deux ou trois fois.

b) *Densité absolue du ballast.* Nous utilisons le même récipient que ci-dessus. Nous y introduisons au préalable environ 0,8 l d'eau, puis 2500 g de ballast préalablement séché, en ayant soin de vérifier que celui-ci soit toujours complètement noyé, de façon à éliminer toutes les bulles d'air. Après avoir fixé la partie tronc-conique supérieure nous achevons le remplissage avec de l'eau jusqu'à l'orifice supérieur. Le récipient, rempli d'eau et de ballast, est ensuite pesé ; la différence de poids donne le volume de l'eau ajoutée et

$$\Delta_s = \frac{\text{Poids du ballast sec}}{\text{Contenance du récipient — eau ajoutée}}.$$

Exemple.

Contenance du récipient	2076 cm³
Tare du récipient	1280 g
Poids du ballast introduit	2500 g
Poids du récipient rempli	4919 g

Nous avons :

Eau ajoutée = 4919 — 1280 — 2500 = 1139 g ou cm³

$$\Delta_s = \frac{2500}{2076 - 1139} = 2{,}67.$$

La détermination de la densité absolue du ballast se fait une fois pour toutes sur un même chantier, tant que la provenance du ballast ne change pas.

c) *Elimination des vides du béton.* Nous avons admis que les vides du béton sont nuls, c'est-à-dire que celui-ci a été mis en œuvre dans le récipient de façon à éliminer complètement toutes les bulles d'air qu'il contient normalement.

Cette élimination est aisée lorsque le béton est fluent, par contre, elle devient d'autant plus difficile que le béton est plus sec. Un béton à la consistance de terre humide sera toujours plus ou moins poreux, cette porosité ne pouvant d'ailleurs pas être évaluée exactement à l'avance, de sorte que les résultats fournis par la densité risquent d'être faussés au point de devenir inutilisables.

Cette difficulté peut être aisément écartée en additionnant le béton, dans le récipient, d'une quantité d'eau supplémentaire E_a, largement suffisante (30-40 % du volume du récipient) pour le rendre complètement liquide. Ce procédé permet l'évacuation complète des bulles d'air, tous les vides du béton étant remplis par cette eau supplémentaire.

Nous opérons comme suit :

Nous pesons exactement un vase quelconque, contenant environ 1 litre d'eau. Nous versons quelques décilitres de cette eau au fond du récipient dans lequel nous introduisons ensuite le béton à examiner, en ayant soin de vérifier qu'il reste toujours complètement noyé et en le travaillant avec une tige de fer pour faciliter l'élimination complète des bulles d'air. Le remplissage du récipient achevé jusqu'à l'orifice supérieur de la partie troncconique, nous pesons exactement le récipient rempli de béton et d'eau supplémentaire, ainsi que le vase avec l'eau qu'il contient encore.

Nous avons :

E_a = P_v initial — P_v final.
P_b = Poids récipient rempli — tare récipient — E_a.
V_b = Contenance récipient — E_a.
E_a = Poids (volume) de l'eau supplémentaire ajoutée.
P_v = Poids du vase avec l'eau qu'il contient.
P_b = Poids du béton introduit dans le récipient.
V_b = Volume occupé par le béton introduit dans le récipient.

Exemple.

Poids initial du vase + eau	=	1540 g
Poids final du vase + eau	=	953 g
Eau prélevée E_a	=	587 g ou cm³
Contenance du récipient		2076 cm³
Tare du récipient		1280 g
Poids du récipient rempli de béton et d'eau supplémentaire		5428 g

Nous trouvons immédiatement :

V_b = 2076 — 587 = 1489 cm³
P_b = 5428 — 1280 — 587 = 3561 g

$$\Delta_b = \frac{P_b}{V_b} = \frac{3561}{1489} = 2{,}391.$$

La contenance et la tare de chaque récipient ont été déterminées une fois pour toutes et sont gravées sur les parois de celui-ci.

* * *

La détermination de la densité du béton se fait donc au moyen de 3 pesées précises et du remplissage, par un mélange de béton et d'eau, d'un récipient de contenance connue. La durée totale de l'opération n'excède guère 10 minutes.

Comme matériel il faut :

1 balance permettant des pesées jusqu'à 10 kg avec sensibilité de 1 à 2 g ;
1 vase quelconque (pot en fer-blanc) d'une contenance d'environ 1 litre ;
1 récipient d'une contenance d'environ 2 litres permettant la détermination exacte (à 2 cm³ près) du volume du mélange béton et eau supplémentaire.

Connaissant le dosage en ciment C et la densité du béton Δ_b, nous déterminons immédiatement la quantité d'eau de gâchage E au moyen de la formule 3 ou au moyen du graphique I lorsque $\Delta_s = 2{,}65$ et $\Delta_c = 3{,}10$. Connaissant C et E, la formule 1 ou le graphique II donnent, à leur tour, la résistance probable du béton.

La méthode ci-dessus, très simple, mais qui exige de la précision dans les mesures, permet de déterminer en quelques minutes la qualité du béton qui sort de la bétonnière. Son emploi se recommande sur tous les chantiers, petits et grands.

Lausanne, janvier 1937.

Concours pour un projet de Crématoire, à Vevey.

Ouvert par la *Société vaudoise de Crémation* entre architectes vaudois, quelle que soit leur résidence, et architectes suisses, régulièrement établis dans le canton de Vaud, avant le 1er janvier 1935, pour l'établissement de projets destinés à la construction d'un *Crématoire* et à l'aménagement des alentours de cette construction dans le cimetière de Saint-Martin, à Vevey.

Le projet de bâtiment doit être prévu sur le terrain indiqué tout à l'ouest du plan de situation reproduit ci-après. L'accès principal est constitué par la route sud-nord.

Locaux prévus : a) Salle de cérémonies pour 100 places assises, avec possibilité d'agrandissement ultérieur, galerie pour orgue et chœur de 40 exécutants ; *b)* local pour parents et officiants (25 m²), en relation directe avec la salle de cérémonies ; *c)* local pour le dépôt provisoire des urnes de cendres et pour leur distribution (20 m²) ; *d)* un petit local-bureau pour le préposé aux incinérations ; *e)* toilettes pour les deux sexes ; *f)* porche d'entrée vu l'orientation et l'exposition du bâtiment ; *g)* halle postérieure, au nord, pour l'arrivée des corps avec entrée à la halle des fours ; *h)* trois salles pour dépôt et garde de