

# Contrôle du dosage en ciment du béton

Autor(en): **Nyffeler, Arthur**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **95 (1969)**

Heft 20

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70250>

## **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.

693.542.3  
O.T.A

# CONTRÔLE DU DOSAGE EN CIMENT DU BÉTON<sup>1</sup>

par Arthur NYFFELER, ingénieur civil dipl. EPUL

## 1. Calcul du rendement d'une bétonnière

Il est d'usage d'estimer, par expérience, le rendement d'une bétonnière donnée, c'est-à-dire de prévoir la quantité volumétrique de béton fini que fournira chaque gâchée de cette bétonnière. A partir de cette estimation, on obtient une première valeur approchée du dosage en ciment, valeur qui devra être contrôlée et éventuellement corrigée par l'essai de rendement.

Mais il nous a paru intéressant, plutôt que d'estimer le rendement d'une gâchée, de le calculer en tenant compte des facteurs qui le conditionnent, à savoir :

- le type de la bétonnière dont la benne d'alimentation peut être soit une benne à mélange sable-gravier, soit une benne à mélange sable-gravier-ciment ;
- le contenu de la benne d'alimentation,  $m'$  ou  $k'$  en l ;
- le dosage en ciment par  $m^3$  de béton fini  $P$  (en kg) qui est en général prescrit.

Nous nous limiterons ici à l'emploi d'agrégats ronds 0-30 mm mélangés.

Soit  $M'$  le contenu de la benne d'alimentation à mélange sable-gravier-ciment d'une bétonnière telle que son rendement  $B^*$  soit  $1000 \text{ dm}^3$  de béton fini, et  $K'$  le contenu de la benne à mélange sable-gravier d'une bétonnière dont le rendement soit aussi  $B^* = 1000 \text{ dm}^3$ .

Par analogie soit  $m'$  ou  $k'$ , selon le cas, le contenu connu de la benne d'alimentation de la bétonnière donnée, dont le rendement à calculer est  $b_m^*$  ou  $b_k^*$ . Comme les rendements et les contenus de benne de deux bétonnières sont proportionnels, on peut écrire :

$$b_m^* = \frac{B^*}{M'} \cdot m' = \frac{1000}{M'} \cdot m' \quad (\text{dm}^3)$$

$$b_k^* = \frac{B^*}{K'} \cdot k' = \frac{1000}{K'} \cdot k' \quad (\text{dm}^3)$$

Il faut donc calculer  $M'$ , respectivement  $K'$ .

Nous avons :

$$\begin{aligned} M' &= P' + S' \quad (\text{en l}) \\ K' &= S' \end{aligned}$$

si  $P'$  est le volume apparent du ciment et  $S'$  celui des agrégats pour une gâchée de  $1000 \text{ dm}^3$  de béton fini. La densité apparente du ciment, supposé chargé d'une couche d'agrégats, est d'après la norme SIA n° 166 :  $\rho_p = 1,275 \text{ kg/l}$  ; on a donc :

$$P' = \frac{P}{\rho_p} = \frac{P}{1,275} \cong 0,784 \cdot P \quad (\text{en l})$$

Pour calculer  $S'$  il faut alors partir de l'équation fondamentale de la composition volumétrique du béton qui exprime qu'un volume absolu de  $1000 \text{ dm}^3$  de béton vibré est égal à la somme des volumes absolus du ciment, des agrégats et de l'eau, si l'on néglige l'influence des pores ( $V \cong 0$ ), c'est-à-dire :

$$B^* = P^* + \bar{S}^* + E^* = 1000 \text{ dm}^3,$$

$\bar{S}^*$  étant le volume absolu des agrégats secs et  $E^*$  la quantité totale d'eau, y compris l'humidité naturelle

<sup>1</sup> Cet article est extrait de l'ouvrage du même auteur sur la composition du béton et qui paraîtra prochainement aux Editions Hallwag SA, Berne.

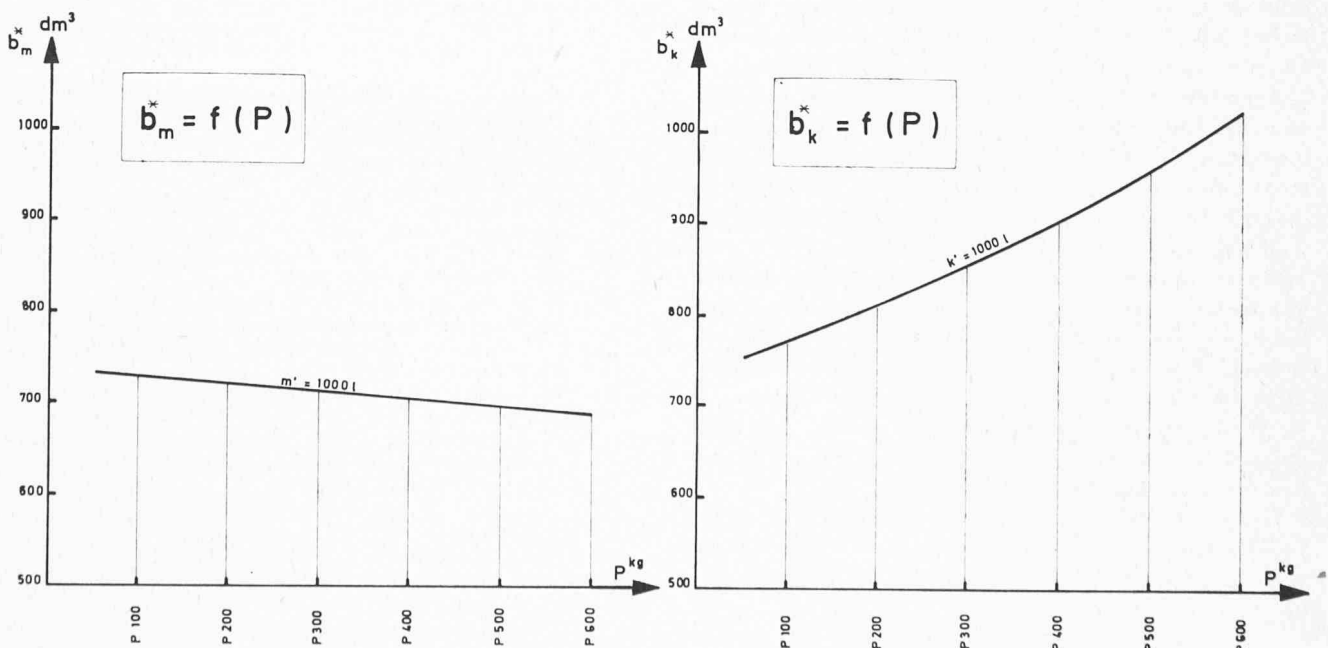


Fig. 1. — Rendement d'une bétonnière.

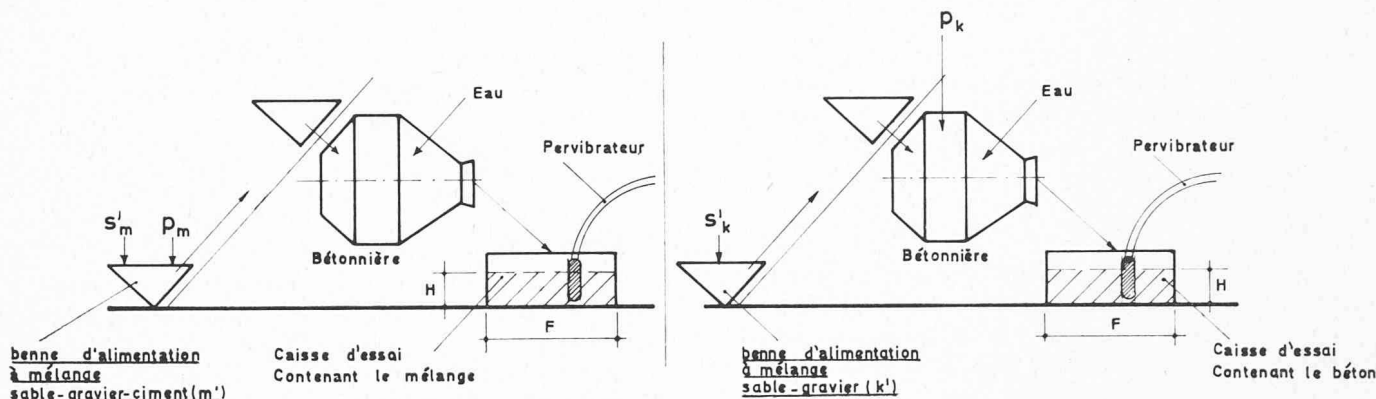


Fig. 2. — Essai de rendement.

des agrégats. Or, la norme SIA 166 fournit pour cette quantité d'eau :

$$E^* = 130 + 0,08 \cdot P \quad (\text{dm}^3).$$

Pour le volume absolu du ciment on a simplement :

$$P^* = \frac{P}{\gamma_p} = \frac{P}{3,05} = 0,328 \cdot P,$$

si l'on admet, selon la norme 166,  $\gamma_p = 3,05 \text{ kg/dm}^3$ .

L'équation fondamentale permet alors de calculer le volume absolu des agrégats secs en fonction de  $P$  :

$$\bar{S}^* = 1000 - P^* - E^* = 1000 - 0,328 \cdot P - 130 - 0,08 \cdot P, \text{ c'est-à-dire :}$$

$$\bar{S}^* = 870 - 0,408 \cdot P \quad (\text{dm}^3)$$

Nous admettrons ensuite que la teneur en humidité des agrégats, en pour-cent de leur poids à sec, est  $\phi = 3\%$  ; sachant que le poids spécifique des agrégats est en moyenne  $\gamma_s = 2,65 \text{ kg/dm}^3$  (norme SIA), on trouve le poids des agrégats humides :

$$S = (1 + \phi) \cdot \gamma_s \cdot \bar{S}^* \quad (\text{kg})$$

et de là le volume apparent des agrégats (humides) :

$\bar{S}' = \frac{S}{\rho_s}$ , où  $\rho_s$  est la densité apparente des agrégats humides ; d'après la norme SIA :  $\rho_s = 1,75 \text{ kg/l}$ , d'où :

$$S' = \frac{S}{\rho_s} = \frac{(1 + \phi) \cdot \gamma_s \cdot \bar{S}^*}{\rho_s} = \frac{1,03 \cdot 2,65}{1,75} \cdot (870 - 0,408 \cdot P), \text{ d'où :}$$

$$S' = 1357 - 0,636 \cdot P \quad (\text{en l})$$

On obtient alors pour  $M'$  et  $K'$  :

$$\begin{aligned} M' &= P' + S' = 1357 + 0,148 \cdot P \\ K' &= S' = 1357 - 0,636 \cdot P \end{aligned} \quad (\text{en l})$$

Finalement, on peut écrire pour le rendement théorique d'une bétonnière, pour un dosage en ciment  $P$  donné et un contenu  $m'$  resp.  $k'$  de la benne d'alimentation également donné :

$$(I) \quad \begin{aligned} b_m^* &= \frac{1000}{1357 + 0,148 \cdot P} \cdot m' \\ b_k^* &= \frac{1000}{1357 - 0,636 \cdot P} \cdot k' \end{aligned} \quad (\text{dm}^3)$$

Si nous considérons la représentation graphique des fonctions  $b_m^*(P)$  et  $b_k^*(P)$  pour  $m' = k' = 1000 \text{ l}$  (fig. 1), nous voyons que dans le premier cas  $b_m^*$  le rendement de la bétonnière diminue lorsque le dosage  $P$  augmente, alors que dans le cas  $b_k^*$  le rendement augmente en même temps que  $P$ .

## 2. Calcul approché de la quantité de ciment par gâchée

A partir de  $b_m^*$ , respectivement de  $b_k^*$ , on obtient immédiatement la quantité de ciment nécessaire pour une gâchée, en kg :

$$(II) \quad \begin{aligned} p_m &= \frac{P}{B^*} \cdot b_m^* = \frac{P}{1000} \cdot b_m^* \\ p_k &= \frac{P}{B^*} \cdot b_k^* = \frac{P}{1000} \cdot b_k^* \end{aligned} \quad (\text{kg})$$

## 3. Contrôle par l'essai de rendement

On confectionne une gâchée de béton selon la méthode normalement utilisée sur le chantier. La quantité de ciment calculée plus haut sera mesurée à l'aide d'une balance contrôlée. La gâchée est versée dans une caisse de mesure ou mieux dans une benne étalonnée de façon que le volume de béton fini puisse être mesuré et, d'autre part, que ce béton puisse être ensuite réutilisé (fig. 2).

Le volume de béton vibré obtenu, mesuré dans la caisse d'essai, est :

$$b_{\text{mesuré}}^* = F \cdot H$$

Si  $b_{\text{mesuré}}^*$  est différent de la valeur calculée  $b_m^*$ , respectivement  $b_k^*$ , il faut alors corriger les quantités de ciment, puisqu'il y a donc sous-dosage ou surdosage :

$$(III) \quad p_{\text{corr}} = \frac{P}{1000} \cdot b_{\text{mesuré}}^* \quad (\text{kg})$$

De cette façon, le dosage en ciment est adapté directement au rendement de la bétonnière. On peut ensuite éventuellement confectionner une nouvelle gâchée avec

la quantité corrigée de ciment  $p_{\text{corr}}$ , et refaire la mesure du volume de béton fini pour prouver que la correction est juste, c'est-à-dire que l'on a bien le dosage en ciment  $P$  prescrit.

#### 4. Exemple

Nous supposons une bétonnière dont la benne d'alimentation est prévue pour le mélange sable-gravier-ciment et a une contenance de 500 l ; il s'agit de confectionner un béton dosé à 300 kg de ciment par  $\text{m}^3$  ( $P$  300).

La formule (I) donne le rendement théorique, avec  $m' = 500$  l :

$$b_m^* = \frac{1000}{1357 + 0,148 \cdot 300} \cdot 500 = 357 \text{ dm}^3.$$

La formule (II) donne la quantité correspondante de ciment :

$$p_m = \frac{300}{1000} \cdot 357 = 107 \text{ kg}.$$

Nous procédons ensuite à l'essai de rendement pour mesurer le volume effectif de béton vibré fourni par la bétonnière ; admettons que nous ayons obtenu  $b_{\text{gem}}^* = 380 \text{ dm}^3$ . Avec la quantité de ciment calculée avant

(107 kg), nous aurions donc eu un sous-dosage ; la formule (III) nous permet alors de la corriger :

$$p_{\text{corr}} = \frac{300}{1000} \cdot 380 = 114 \text{ kg}.$$

#### 5. Conclusion

Comme le rendement d'une bétonnière varie d'une façon très sensible d'une gâchée à l'autre, par suite de l'inconstance des propriétés physiques des matériaux (humidité, volume apparent et granulométrie des agrégats, etc.), il sera utile sinon nécessaire d'effectuer régulièrement des essais de rendement, en tous les cas avant le bétonnage de chacune des parties importantes d'une construction ; comme l'emploi d'une benne étalonnée permet la réutilisation immédiate du béton qui a servi à l'essai, ces essais seront peu coûteux et auront l'avantage d'éviter des surdosages en ciment onéreux ou des sous-dosages inadmissibles. Il serait dès lors souhaitable que les firmes fournissant les bétonnières livrent en même temps (en tant qu'accessoire) une benne d'essai étalonnée qui faciliterait les essais de rendement et la mise en place du béton employé pour l'essai dans le coffrage de l'ouvrage en construction.

Adresse de l'auteur :

Arthur Nyffeler, Breitenrainplatz 42, 3000 Berne.

## NÉCROLOGIE

### Alfred Stucky (1892-1969)

Le professeur Alfred Stucky, ancien directeur de l'École polytechnique de Lausanne, s'est éteint le 6 septembre 1969, des suites d'une broncho-pneumonie contractée lors d'une visite de chantier. Il laisse une œuvre remarquable.

Né le 16 mars 1892 à La Chaux-de-Fonds, il obtient le diplôme d'ingénieur civil de l'École polytechnique fédérale de Zurich en 1915. Il est immédiatement chargé d'une mission au Portugal. De 1916 à 1926, il est le collaborateur puis bientôt l'associé du bureau Gruner, à Bâle. En 1920, l'École polytechnique fédérale lui décerne le grade de docteur ès sciences techniques. Sa thèse, intitulée *Etude sur les barrages arqués*, est l'objet de sa première publication dans le *Bulletin technique* en 1922.

En 1926, le directeur de l'École d'ingénieurs de Lausanne, Jean Landry, qui avait pu apprécier ses capacités techniques, son jugement rapide, son audace réfléchie et sa clarté d'esprit, le fait appeler par le Conseil d'Etat en qualité de *professeur extraordinaire d'hydro-métrie et de travaux hydrauliques*.

M. Stucky s'établit alors à Lausanne et va mener de front son enseignement et son propre bureau technique. Invité à collaborer à d'importants travaux, il connaît en Suisse et à l'étranger un succès qui l'élèvera au rang des plus grands constructeurs de barrages de notre temps. Parmi les principaux ouvrages dont il a assumé les études et la direction générale des travaux ou pour lesquels son concours a exercé une influence déterminante, citons :

- en Suisse : Montsalvens, la première Dixence, Lucendro, Châtelot, Moiry, Mauvoisin, la Grande-Dixence, Malvaglia, Nalps, Luzzone, Limmern, Curnera, Z'mutt, Gries, Santa Maria, Cavagnoli, Naret ;
- en Autriche : Limberg, Mooserboden, Drossen ;
- au Portugal : Ermal, Belver, Pracana, Penide ;
- en Grèce : Kakavakia ;
- en Roumanie : Vidraru ;
- en Afrique du Nord : Hamiz, Beni-Bahdel et Mefrouch en Algérie ; Ben Métir en Tunisie ; Mechra-Homadi au Maroc ;
- en Iran : Menjil, Latiyan, Chah Abbas Kabir.

Tant en raison de sa haute compétence que de sa stricte objectivité, M. Stucky est souvent choisi comme expert. La Confédération lui confie un tel mandat pour les barrages de Mauvoisin, de la Grande-Dixence, de Valle di Lei et de Punt dal Gall.

Dans chacune de ses entreprises, M. Stucky apporte sa note personnelle, innovant et perfectionnant sans cesse les techniques de construction et les méthodes de calcul. Ses deux activités de professeur et d'ingénieur-conseil se développent et s'enrichissent mutuellement.

Soucieux de la formation de l'ingénieur civil, conscient du rôle de celui-ci dans la société et dans l'économie moderne, le professeur Stucky contribue à faire développer à l'École d'ingénieurs l'étude des sciences exactes et l'expérimentation en laboratoire ; il estime que le comportement des ouvrages doit être analysé par des moyens chaque jour perfectionnés. Dans le cadre de sa chaire, il crée le *Laboratoire d'hydraulique* en 1928, le *Laboratoire de géotechnique* en 1932 et le *Centre de recherches pour l'étude des barrages* en 1949.