

**Zeitschrift:** Bulletin du ciment  
**Herausgeber:** Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)  
**Band:** 42-43 (1974-1975)  
**Heft:** 7

**Artikel:** La prévision des résistances du béton  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-145871>

### **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:** 03.04.2026

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

# BULLETIN DU CIMENT

JUILLET 1974

42e ANNÉE

NUMÉRO 7

---

## La prévision des résistances du béton

**Relation entre la résistance du béton et le rapport «gel-espace». Formules pour la prévision de la résistance. Comment tient-on compte des différents facteurs d'influence.**

Lors du durcissement du ciment Portland, il se forme un gel qui remplit progressivement l'espace disponible. Ce gel résulte de la combinaison entre le ciment et l'eau, et l'espace disponible est constitué par le ciment hydraté et l'eau libre. Le gel se développe dans l'espace rempli d'eau. Il occupe deux fois plus de place que le ciment dont il est issu (exactement 2,06 fois). La figure 1 donne une représentation schématique des volumes en présence.

La formation de gel liée au remplissage progressif des espaces situés entre les grains de ciment dans la suspension aqueuse où ils se trouvent est la cause du développement de la résistance. Il existe entre ces phénomènes des relations que nous allons examiner de plus près. On est habitué à mettre la résistance de la pâte de ciment ou du béton en relation avec le facteur eau : ciment, mais il est difficile de justifier directement cette relation. Pour en donner une explication valable et pour prévoir la résistance du béton par un calcul, il faut suivre une voie détournée.

2 Dans ses recherches sur le ciment, le savant américain T. C. Powers a proposé d'exprimer la résistance en fonction du rapport entre le volume du gel et celui de l'espace disponible (voir bibliographie). La figure 2 illustre cette relation. Le rapport gel-espace varie entre 0 (pas encore de gel) et 1 (le gel occupe tout l'espace disponible). A la valeur 1 correspond le maximum théorique de la résistance.

Sur cette base, diverses formules ont été proposées. Examinons celle de J. Karni (voir bibliographie).

F (%) = résistance relative de la pâte de ciment ou du béton

$Z_v$  (cm<sup>3</sup>/l; l/m<sup>3</sup>) = volume absolu du ciment par gâchée

$Z_g$  (g/l; kg/m<sup>3</sup>) = poids du ciment par gâchée

W (g/l; l/m<sup>3</sup>) = poids de l'eau par gâchée

w (= W/ $Z_g$ ) = facteur eau : ciment

s (= 3,1 g/cm<sup>3</sup>) = poids spécifique du ciment

H (%) = part du ciment déjà hydraté

Si la résistance est proportionnelle au rapport gel-espace, la résistance relative peut être exprimée par :

$$F (\%) = \frac{\text{volume du gel}}{\text{espace disponible}} \cdot 100$$

Cette valeur se rapporte à la résistance maximale théorique et croît quand l'hydratation progresse.

Le « volume du gel » est donné par  $2 \cdot \frac{H}{100} \cdot Z_v$  qui exprime simplement que ce volume est le double de celui du ciment dont il est issu.

L'« espace disponible » est égal au volume de la pâte de ciment, diminué du volume du ciment non encore hydraté; il peut donc

s'exprimer par  $(Z_v + W) - \frac{100 - H}{100} \cdot Z_v$

3 La résistance relative sera donc :

$$F (\%) = \frac{2 \frac{H}{100} \cdot Z_v}{(Z_v + W) - \frac{100 - H}{100} \cdot Z_v} \cdot 100$$

et par transformations diverses :

$$F (\%) = \frac{H}{\frac{W}{2 Z_v} + \frac{H}{200}}$$

Si on introduit dans  $Z_v$  le dosage du ciment en poids  $Z_g$ , par

$$Z_v = \frac{Z_g}{s}, \text{ (où } s = 3,1 \text{ g/cm}^2\text{) on obtient :}$$

$$F (\%) = \frac{H}{1,55 \frac{W}{Z_g} + \frac{H}{200}} = \frac{H}{1,55 w + \frac{H}{200}} \quad (1)$$

Ainsi le facteur eau : ciment  $w$  apparent logiquement dans la formule et son importance est confirmée.

Toutefois cette formule n'est pas d'une grande utilité pour le praticien car le facteur  $H$  dépend de nombreuses influences. Il s'agit notamment de la durée, de la température et de la finesse du ciment qui toutes agissent sur le développement de l'hydratation et par conséquent sur  $H$ . Le tableau 1 donne une estimation des valeurs de  $H$ .

**Tableau 1**

**Valeurs  $H$  (% du ciment déjà hydraté)**

Age		Température							
Jours	CP normal				CP à haute résistance initiale				
	10°	15°	20°	25°	10°	15°	20°	25°	
7	30-32	34-36	37-39	39-41	38-40	45-47	48-50	54-56	
14	40-42	45-48	46-49	48-50	48-50	54-56	56-58	61-63	
28	52-54	56-59	58-61	61-64	56-59	62-65	66-69	70-73	
90	68-72	75-79	80-84	84-88	75-80	81-85	83-88	86-90	

4 Un autre renseignement utile au praticien serait le passage de la résistance relative  $F$  à la valeur absolue  $\beta$ . Karni donne pour cela une formule empirique qui tient compte du fait que la courbe de la figure 2 est à peu près linéaire dans la région des valeurs usuelles des résistances.

$$\beta = 11,25 (F - 20) \text{ kg/cm}^2 \quad (2)$$

On peut maintenant calculer ou évaluer à l'avance la résistance du béton en utilisant les formules (1) et (2), et le tableau 1. Le résultat n'a pas une grande précision, mais on pourrait l'améliorer par la connaissance de quelques points du système, à savoir quelques résistances réellement mesurées.

Pour terminer, nous indiquons encore comment les principales influences sont introduites dans le calcul :

La valeur  $H$  contient les influences :  
de la durée, de la température, de la finesse de mouture et éventuellement des adjuvants.

La valeur  $w$  contient les influences :  
de la composition granulométrique du béton en relation avec le grain maximum et la consistance; également de l'air occlu dont le volume est assimilé à un volume égal d'eau (augmentation correspondante de  $w$ ).

Les constantes de la formule (2) seront modifiées par :  
modifications profondes du caractère du béton, par exemple béton maigre; des agrégats de nature différente, de gros vides dans le béton.

Tr.

#### **Bibliographie :**

- T. C. Powers, T. L. Brownrad**, J. Am. Concr. Inst., Proc. **43** (1946/47)  
**A. M. Neville**, Properties of Concrete (Leeds, 1970)  
**J. Karni**, Matériaux et Constructions (RILEM) **7**, No 39 (Paris 1974)

5 Fig. 1 Représentation schématique des modifications du volume du gel lors de l'hydratation (durcissement) et du rapport important entre le volume du gel et l'espace disponible.

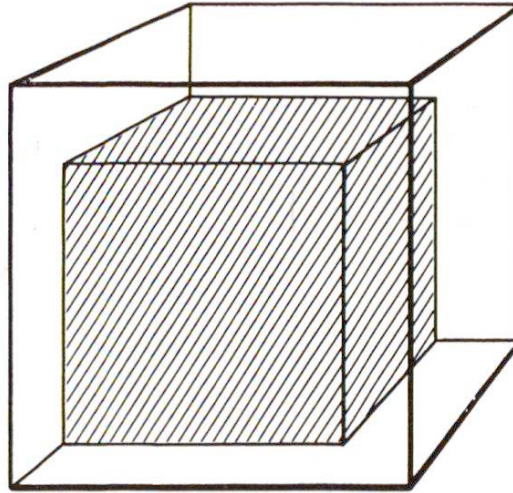
Cube hachuré: Volume du ciment non hydraté

Cube transparent: Volume de l'eau libre

Cube pointillé: Volume du gel

A: Avant le début de l'hydratation

$$\frac{\text{volume du gel}}{\text{espace disponible}} = 0$$

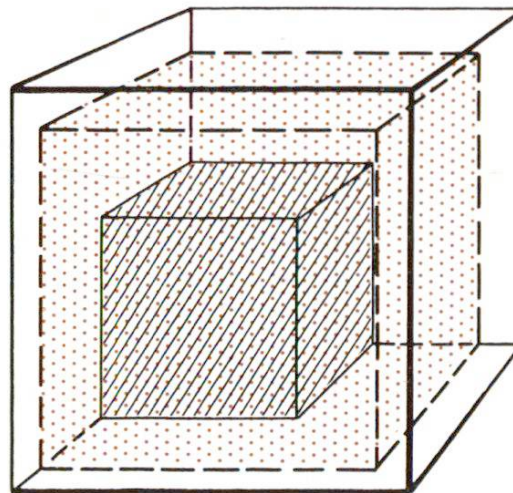


A

B: Après env. 4 semaines, le 60% du ciment est hydraté

$$\frac{\text{volume du gel}}{\text{espace disponible}} =$$

$$\frac{(\text{cube pointillé}) - (\text{cube hachuré})}{(\text{cube transparent}) - (\text{cube hachuré})} = 0,58$$

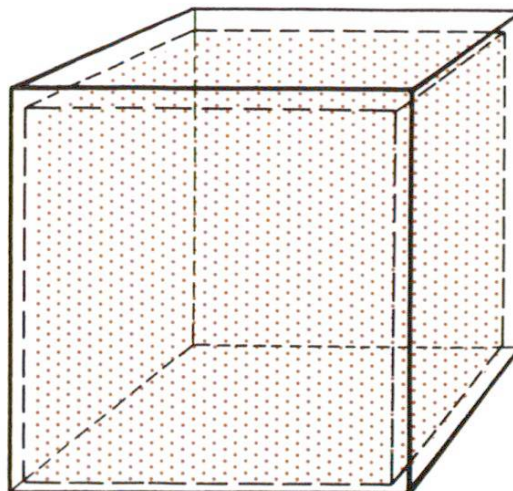


B

C: Tout le ciment est hydraté

$$\frac{\text{volume du gel}}{\text{espace disponible}} = 0,81$$

(exemple avec un facteur eau : ciment = 0,5)



C

T.F.B.

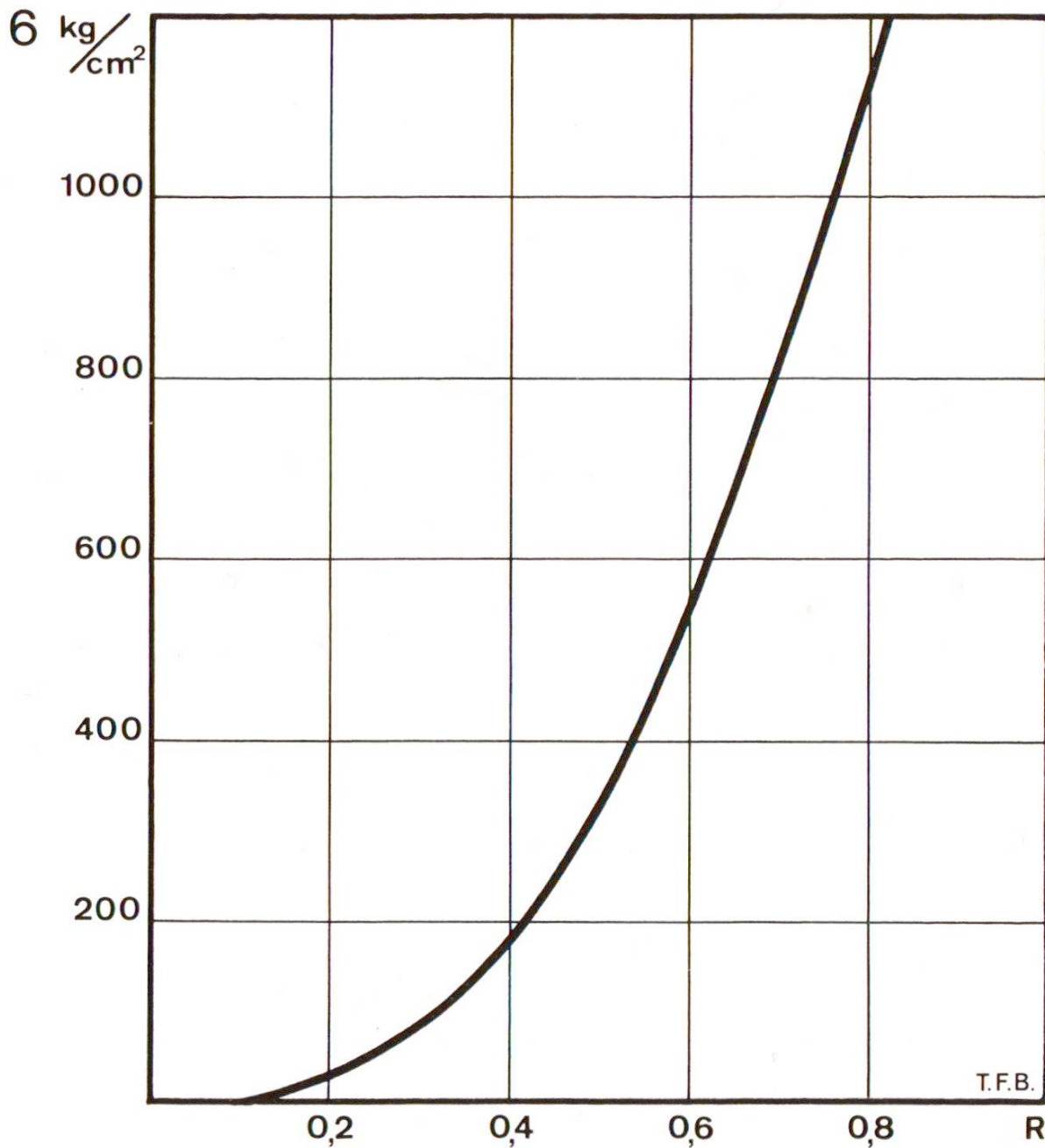


Fig.2 Relation entre la résistance à la compression d'un mortier de ciment et le rapport  $\frac{\text{volume du gel}}{\text{espace disponible}}$  (d'après Powers)

**TFB**

Pour tous autres renseignements s'adresser au  
 SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES  
 DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE  
 5103 Wildegg Case postale Téléphone (064) 53 17 71