

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)
Band: 56-57 (1988-1989)
Heft: 21

Artikel: Les résistances du béton selon la norme SIA 162 (1989)
Autor: Hegner, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-146204>

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: 15.03.2025

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

BULLETIN DU CIMENT

SEPTEMBRE 1989

57E ANNEE

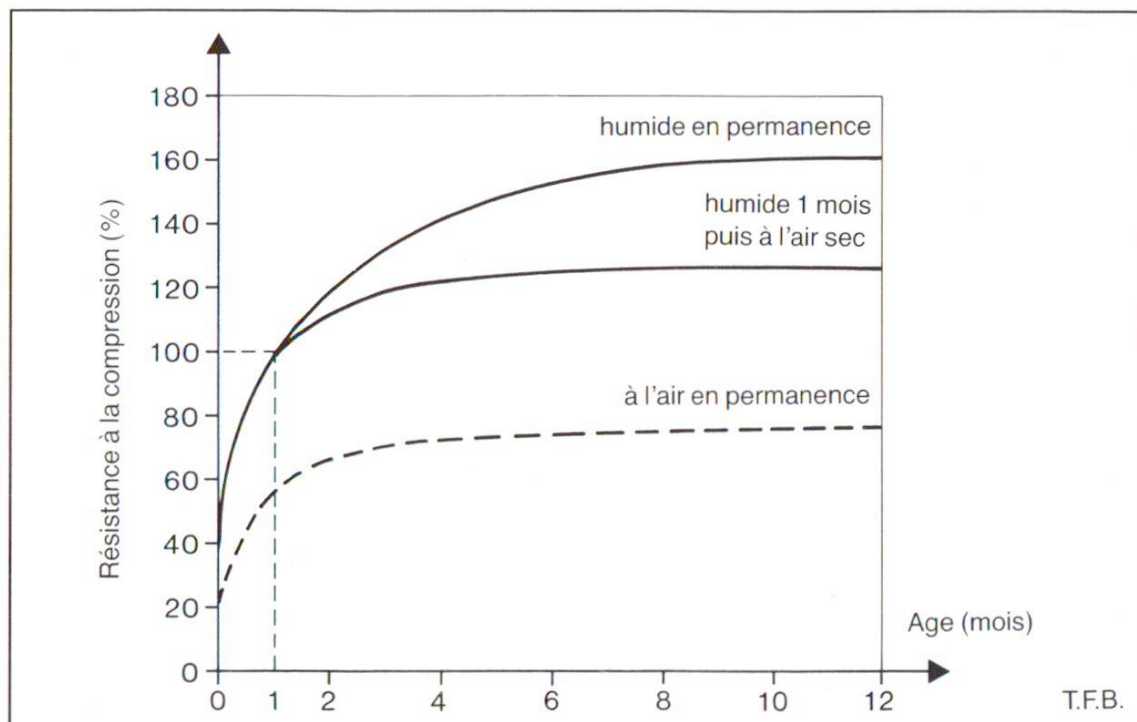
NUMERO 21

Les résistances du béton selon la norme SIA 162 (1989)

Les lois de la statistique et les nouvelles classes de résistance. Comment assurer la résistance. Comparaison avec l'ancienne norme.

La caractéristique la plus importante d'un matériau ayant une fonction de portance est bien sa résistance. Cela concerne aussi le béton, bien que sa résistance ne soit pas une grandeur stable, mais qu'elle varie avec le temps, en général en augmentant, et que son développement dépende aussi de conditions extérieures (fig. 1).

Fig. 1 Evolution de la résistance et résistance finale du béton. Influence des conditions de durcissement, tiré de «Informationsblätter für Baufachlehrer <Beton>».



T.F.B.

2 Pour la connaître dans chaque cas, il faut prendre en considération l'âge du béton, mais aussi ses conditions de durcissement (température, humidité).

Parmi les éléments qui caractérisent les sortes de béton, la norme SIA 162 (1989) révisée, comme d'ailleurs l'édition de 1968 et les précédentes, utilise la résistance à la compression f_{cw} atteinte par le béton après 28 jours et mesurée sur des cubes de 20 cm d'arêtes. 1 cube donne 1 résultat d'essai. Pour les éprouvettes forées (carottes), des règles particulières sont applicables. (Pour la désignation du béton, v. «Bulletin du ciment» No 19/1989.)

Il est malheureusement impossible de fabriquer un béton qui aura à coup sûr une résistance fixée à l'avance, ceci pour différentes raisons telles que fabrication par gâchées comportant la mesure de plusieurs composants, structure hétérogène, influence des maintenances (démélange, différences de compactage) et conditions de durcissement variables. Il est donc facile à comprendre qu'on fixe une valeur minimale de la résistance au-dessous de laquelle aucun résultat d'essai ne doit se trouver.

La valeur minimale d'une série comportant un grand nombre de résultats f_{cw} peut être déterminée en appliquant les lois de la statistique. En classant ces résultats, on constate qu'ils se répartissent normalement de part et d'autre de leur moyenne arithmétique (courbe en cloche de Gauss). Leur écart type est une mesure de la dispersion. On constate aussi que dans le domaine $f_{cwm} \pm s$ de part et d'autre de la moyenne se trouvent environ $\frac{2}{3}$ des résultats (exactement 68,26%). Au-dessus et au-dessous de ce groupe moyen se trouvent 16% des résultats (fig. 2).

Si l'on place des limites aux distances de $2s$, soit deux fois l'écart-type de chaque côté de la moyenne, pour une répartition normale, on trouve env. 96% des résultats entre ces limites et par conséquent 2% de chaque côté en dehors d'elles (fractile 2%).

Les nouvelles classes de résistance

La norme 162 révisée se base sur les lois de la statistique évoquées et désigne les bétons par des paires de valeurs de la résistance à la compression à 28 jours en N/mm^2 , p. ex. béton léger BL 20/10, béton B 25/15 ... B 40/30 etc. Les anciennes classes BN, BH et BS disparaissent. En lieu et place, on peut prescrire des propriétés particulières.

Le second chiffre d'une telle paire, le plus bas et le plus important, est la valeur minimale exigée $f_{cw, min}$ au-dessous de laquelle seuls 2% des résultats peuvent se trouver, soit par exemple 1 sur 50. Par

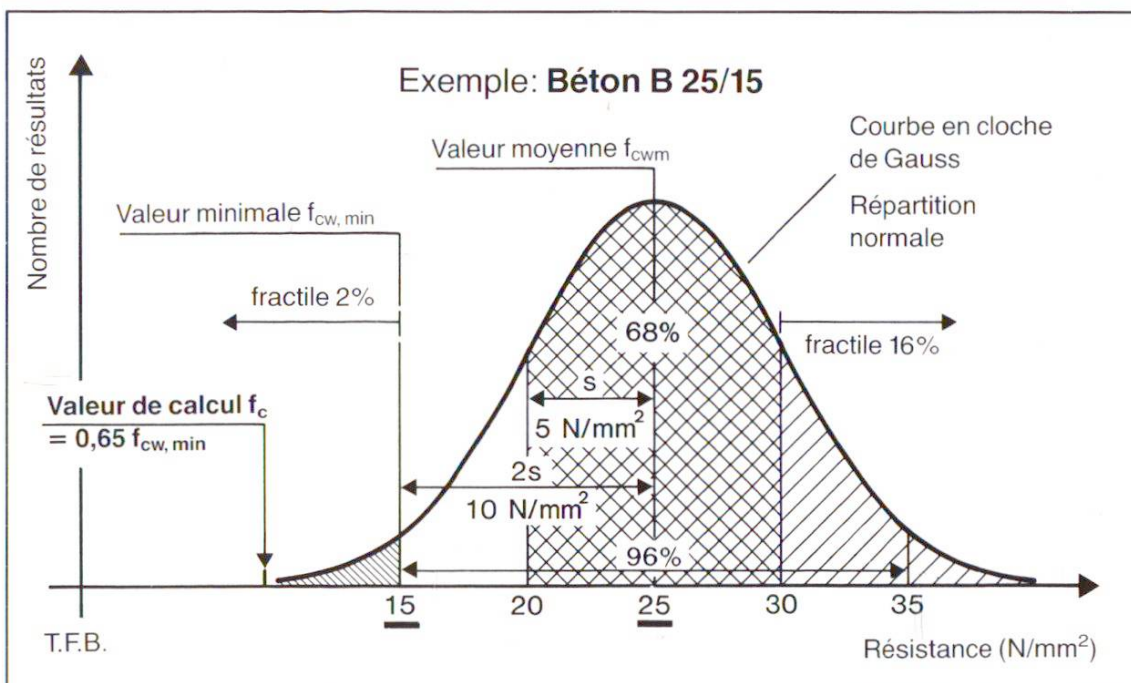


Fig. 2 Classification de la résistance du béton selon norme SIA 162 (1989). Base pour exemple: Résultats d'une série d'essais de béton B 25/15.

conséquent 98% des résultats doivent être supérieurs ou au moins égaux à cette valeur minimale $f_{c_w, \min}$.

C'est cette valeur minimale qui est à la base des calculs statiques de l'ouvrage. La valeur de calcul f_c prescrite est $f_c = 0,65 \cdot f_{c_w, \min}$ (v. art. 3.23.12). On voit ainsi pourquoi il ne doit pas y avoir de résultats inférieurs à la valeur minimale.

Le plus grand chiffre de la paire est la valeur moyenne $f_{c_{wm}}$ de la série. Il résulte de la valeur minimale exigée $f_{c_w, \min}$ et d'un écart type $s = 5 \text{ N/mm}^2$.

L'écart entre les deux chiffres de la nouvelle désignation du béton est donc du double de l'écart type s . Dans la norme cet écart est de 10 N/mm^2 . Dans la pratique, les résultats d'essai seront plus ou moins dispersés, ce qui aura son importance quand il s'agira d'assurer la résistance.

Comment assurer la résistance

Un fabricant qui voudrait remplir toutes les conditions propres, p. ex. à un B 35/25, pourrait essayer de produire un béton dont la résistance moyenne $f_{c_{wm}}$ d'un grand nombre d'échantillons ($n > 100$) serait voisine de 35 N/mm^2 (c.-à-d. $s = 5 \text{ N/mm}^2$). Il peut alors admettre que seuls moins de 2% des résultats seront inférieurs à la valeur minimale $f_{c_w, \min} = f_{c_{wm}} - 2s = 25 \text{ N/mm}^2$. Il aurait alors reproduit

4 exactement les conditions qui sont à la base de la nouvelle classification. En pratique, il a toutefois des moyens plus simples et plus avantageux pour assurer la résistance, à savoir:

Essais par sondage (art. 5 13 14): Si le fabricant peut faire état de 15 résultats d'essai au moins, ceux-ci doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- a) La valeur moyenne des résultats doit être supérieure de 10 N/mm^2 à la valeur minimale exigée $f_{\text{cw, min}}$, et
- b) la différence Δf_{cw} entre le plus haut et le plus bas résultat ne doit pas être supérieure aux valeurs suivantes:

Nombre d'essais n	=	3	6	9	12	15
différence admissible $\Delta f_{\text{cw}}(n)$	=	9	11	13	15	16 N/mm^2

Un exemple: Béton B 30/20, c.-à-d. $f_{\text{cw, min}} = 20 \text{ N/mm}^2$

n	=	6 éprouvettes avec 29, 32, 22, 32, 33, 32 N/mm^2
$\Sigma f_{\text{cw}} 1 \dots 6$	=	$33 + (3 \times 32) + 29 + 22 = 180 \text{ N/mm}^2$
f_{cwm}	=	$180 : 6 = 30 \text{ N/mm}^2$. Condition a) remplie.
Δf_{cw}	=	$33 - 22 = 11 \text{ N/mm}^2$. Condition b) remplie.

Le calcul de contrôle suivant montre que cette prescription de la norme est bien justifiée:

$$\text{Ecart type } s(n) = 4,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{\text{cw, min}} = 20 \text{ N/mm}^2 < f_{\text{cwm}} - 2s = 30 - 8,3 = 21,7 \text{ N/mm}^2 < 22 \text{ N/mm}^2$$

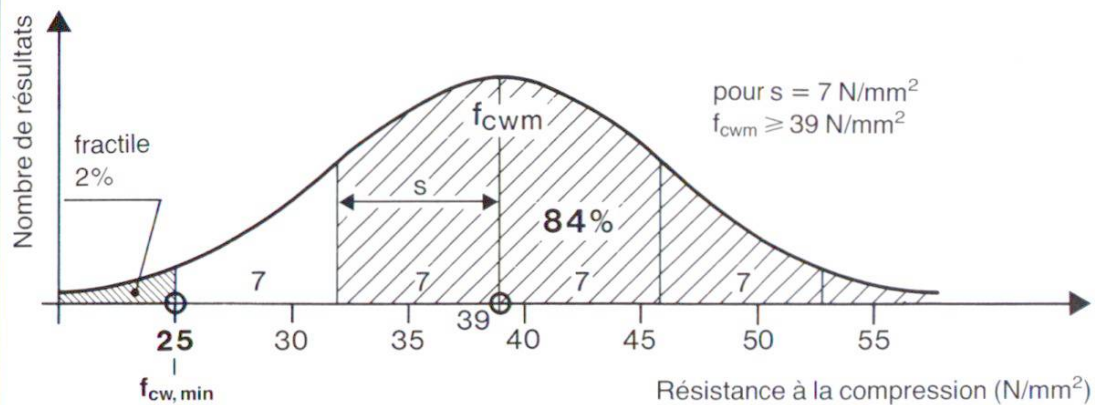
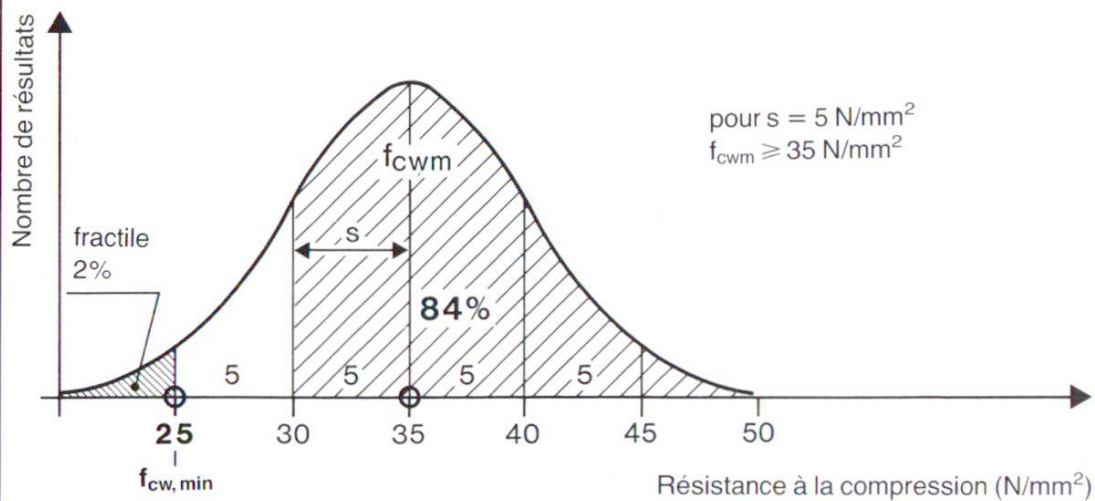
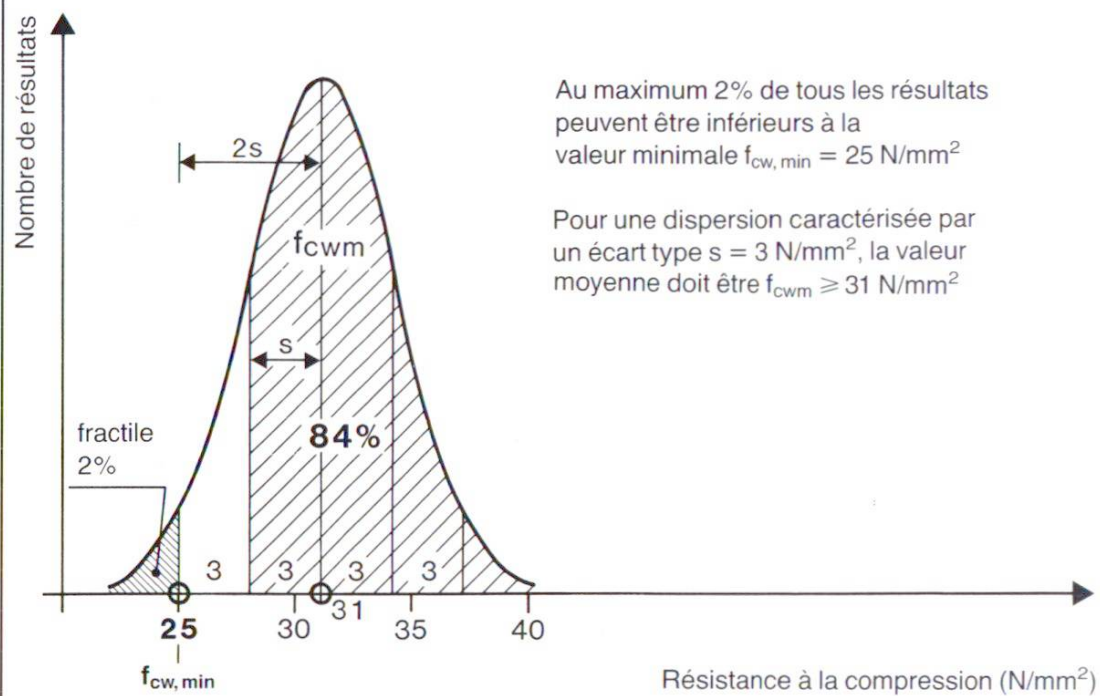
Comme on ne dispose que de 6 résultats, par sécurité, la norme place la valeur minimale exigée plus haut que celle qu'indique la désignation de la classe.

Dans tous les cas, il faut avoir *au moins trois résultats d'essai*.

Contrôles réguliers (art. 5 13 12): Si l'on dispose de plus de 30 résultats d'essais d'éprouvettes préparées dans les mêmes conditions, on parle de «contrôles réguliers». En pareil cas, ce sont les lois de la statistique qui règlent la façon d'assurer la valeur minimale. La dispersion due à la fabrication correspond à un écart type s. Pour une valeur minimale donnée, 2s est donc comme une *mesure d'«avance»* pour obtenir la valeur moyenne.

Un fournisseur qui, pour une classe de béton donnée, peut faire état de faibles variations de qualité (écart type s petit) peut aussi déclarer une valeur moyenne plus basse que celui dont la production présente une grande dispersion de la qualité. Pour le second, l'«avance» nécessaire est plus grande. La figure 3 illustre cette

Exemple: **Béton B 35/25**
Trois séries d'essais de plus de 100 résultats



T.F.B.

Fig. 3 Contrôles réguliers d'un béton B 35/25: trois séries d'essais avec des dispersions différentes. Ce qui doit être assuré, c'est la valeur minimale. Quand la dispersion est grande, la valeur moyenne à atteindre doit être plus élevée.

6 Tableau 1 Facteur de correction λ en fonction de l'écart type s pour 30... 100 échantillons et «avance» correspondante

Nombre d'éprouvettes n	30	40	50	75	> 100
Facteur de correction $\lambda (n)$	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0
Ecart type s	«Avance»: $\lambda (n) \cdot s (n)$ en N/mm^2				
7 N/mm^2	17,5	16,8	16,1	14,7	14,0
5 N/mm^2	12,5	12,0	11,5	10,5	10,0
3 N/mm^2	7,5	7,5	6,9	6,3	6,0

situation pour le cas de 100 essais et plus pour trois écarts type $s = 3$, $s = 5$ et $s = 7 \text{ N/mm}^2$. La mesure d'«avance» $f_{\text{cwm}} - f_{\text{cw, min}} = 2s$ est alors de 6 N/mm^2 , 10 ou 14 N/mm^2 .

Si on ne dispose que de 30 à 100 essais, la mesure d'«avance» doit être plus grande, afin qu'avec certitude aucun résultat ne soit inférieur à la valeur minimale exigée. La nouvelle norme fixe dans ce but un facteur $\lambda (n)$ de correction qui dépend du nombre d'échantillons. L'écart type des résultats obtenus doit être calculé de la façon suivante:

$$f_{\text{cwm}} > f_{\text{cw, min}} + \lambda (n) \cdot s (n) \quad (\text{v. tableau 1})$$

La valeur moyenne ainsi déterminée se trouve également dans deux graphiques de la norme SIA 162/1 (art. 3 01 381).

Pour les bétons de centrales dont l'écart-type est connu, des contrôles réguliers peuvent aussi être faits si l'on possède moins de 30 résultats d'essai. Le facteur $\lambda (n)$ doit alors être majoré (art. 5 13 13).

Comparaison entre la nouvelle et l'ancienne classification

La révision de la norme rend nécessaire une comparaison entre ce qu'il y a de commun et ce qu'il y a de nouveau dans la désignation des bétons selon l'ancienne et la nouvelle conception. En effet, l'ingénieur, le fournisseur de béton et l'entrepreneur doivent savoir comment un béton dont ils connaissent bien la qualité doit être désigné selon la nouvelle manière.

Les deux systèmes de classification sont basés sur la résistance à la compression d'éprouvettes cubiques à l'âge de 28 jours et sur une répartition normale des résultats. La version 1968 classait d'abord

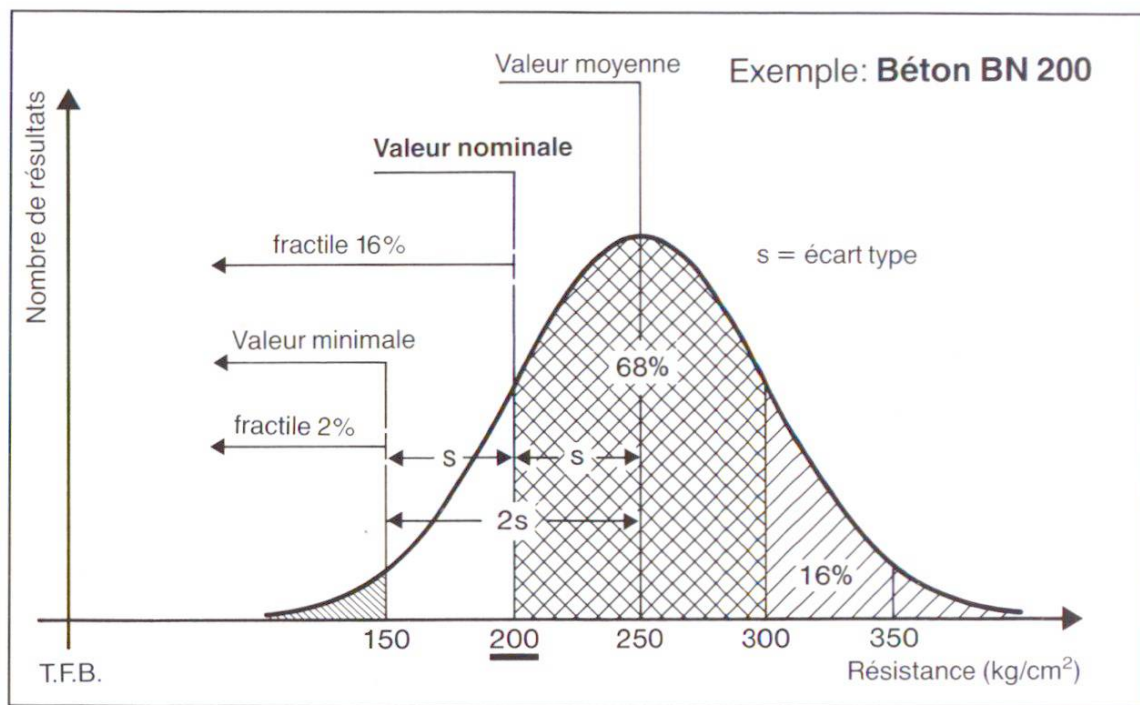


Fig. 4 Classification de la résistance du béton selon norme SIA 162 (1968). Base pour l'exemple: Résultats d'une série d'essais d'un béton BN 200.

les bétons en trois groupes BN, BH et BS en ajoutant la valeur nominale de la résistance, p. ex. BH 300 (c.-à-d. $\beta_{w28} = 300 \text{ kg/cm}^2$) v. «Bulletin du ciment» No 11/1974.

Pour un petit nombre de résultats d'essai ($n < 17$), aucun d'eux ne devrait être inférieur à la valeur nominale; pour 30 résultats, trois peuvent être inférieurs et pour 60 résultats et plus, $\frac{1}{6}$, soit un fractile de 16%. La valeur nominale était définie comme valeur moyenne moins l'écart type (art. 9.07), v. fig. 4.

En outre, pour les trois groupes on donnait *des valeurs minimales* auxquelles aucun résultat ne devait être inférieur, si ce n'est 1... 2% d'entre eux s'il s'agissait d'un grand nombre d'essais. L'écart entre valeur minimale et nominale était de 25% pour un BN, de 20% pour un BH et de 15% pour un BS.

Avec cette prescription, *les écarts type s* étaient définis comme différences entre valeurs moyennes et valeurs nominales. Une valeur moyenne à atteindre pouvait être calculée en ajoutant l'écart type à la valeur nominale. Ainsi pour un BH prêt à l'emploi de valeur nominale 300 kg/cm^2 , et à condition que l'écart type des résultats d'essai ne soit pas supérieur à 60 kg/cm^2 , le fournisseur de ce béton pouvait se fixer comme but une *valeur moyenne* de 360 kg/cm^2 . S'il s'agissait d'un grand nombre d'essais, il pouvait être sûr qu'il n'y aurait pas plus de 2% de résultats inférieurs à une valeur moyenne de 240 kg/cm^2 .

Tableau 2 Comparaison entre les résistances du béton selon norme SIA 162 (1968) et (1989)

Sortes de béton	BN			BH	BS		
	100	150	200		375	400	450
Valeurs nominales	kg/cm ²			300			
Valeurs minimales	%	75 %		80 %		85 %	
Valeur nominale – valeur minimale = écart type s	kg/cm ²	75	112,5	150	240	318,75	382,5
Valeur nominale + s	kg/cm ²	25	37,5	50	60	56,25	67,5
= valeur moyenne f_m à atteindre double de l'écart type	kg/cm ² N/mm ²	125 (5)	187,5 (7,5)	250 (10)	360 (12)	431,25 (11,25)	517,5 (13,5)
Valeur nominale ¹⁾	N/mm ²	10	15	20	30	37,5	45
Valeur moyenne / valeur minimale double écart type 2 s	N/mm ² N/mm ²		20/10 10	25/15 10	35/25 10	42,5/32,5 10	50/40 10

¹⁾ Valeur nominale selon définition de la norme SIA 162 (1968)

9 Le passage de l'ancienne à la nouvelle classification ne cause pas de difficultés si l'on considère ce qu'il y a de commun entre les deux systèmes. Dans le tableau 2, on trouve dans chaque colonne les anciennes et au-dessous les nouvelles désignations des mêmes bétons. Cette corrélation se fait à partir de la valeur nominale $f_{cwm} - s$ ou $f_{cw, min} + s$. Les correspondances sont alors les suivantes:

Béton BN 200 et B 25/15

Béton BH 300 et B 35/25

Béton BS 400 et B 45/35

Le graphique de la figure 5 montre encore plus clairement que le tableau la corrélation entre les deux systèmes.

Fabrication du béton d'après la nouvelle norme

Une formule du béton doit d'abord remplir les conditions relatives aux essais par sondage, à savoir: La valeur moyenne des quelques essais doit être de 10 N/mm^2 supérieure à la valeur minimale exigée et la largeur de dispersion des résultats doit être au maximum de 9 N/mm^2 pour trois essais et pas plus de 16 N/mm^2 pour 15 essais. Plus tard, si l'on dispose d'un grand nombre de résultats et qu'on peut prouver que l'écart type s est inférieur à 5 N/mm^2 , la valeur moyenne peut être abaissée à $f_{cw, min} + 2s$ ou la valeur minimale placée à un niveau supérieur.

Pour le fabricant de béton, des informations complètes sur les «propriétés spéciales» attendues du client en matière d'aptitude du béton à l'usage auquel il est destiné ne sont pas moins importantes que la classe de résistance, la sorte de ciment et le dosage. A cet égard, la norme mentionne notamment l'étanchéité, la résistance au gel et au gel en présence de sel, la résistance aux agressions chimiques et la résistance à l'abrasion. Lors de la commande, les propriétés qu'il attend du béton frais doivent aussi être précisées par l'entrepreneur (consistance, aptitude au pompage, etc.) ou indiquées par le fournisseur sur la base de son expérience, v. «Bulletin du ciment» No 8/1986.

Critique

En regardant en arrière, on peut présumer que la valeur nominale de la résistance selon l'ancienne norme a été souvent mal interprétée et considérée faussement comme valeur minimale. Qui se rappelait que $\frac{1}{6}$ de tous les résultats d'essai de résistance d'un béton BH 300 pouvaient se trouver entre 240 et 300 /cm^2 . En outre on constate que pour un béton de meilleure qualité, soit de résistance plus élevée,

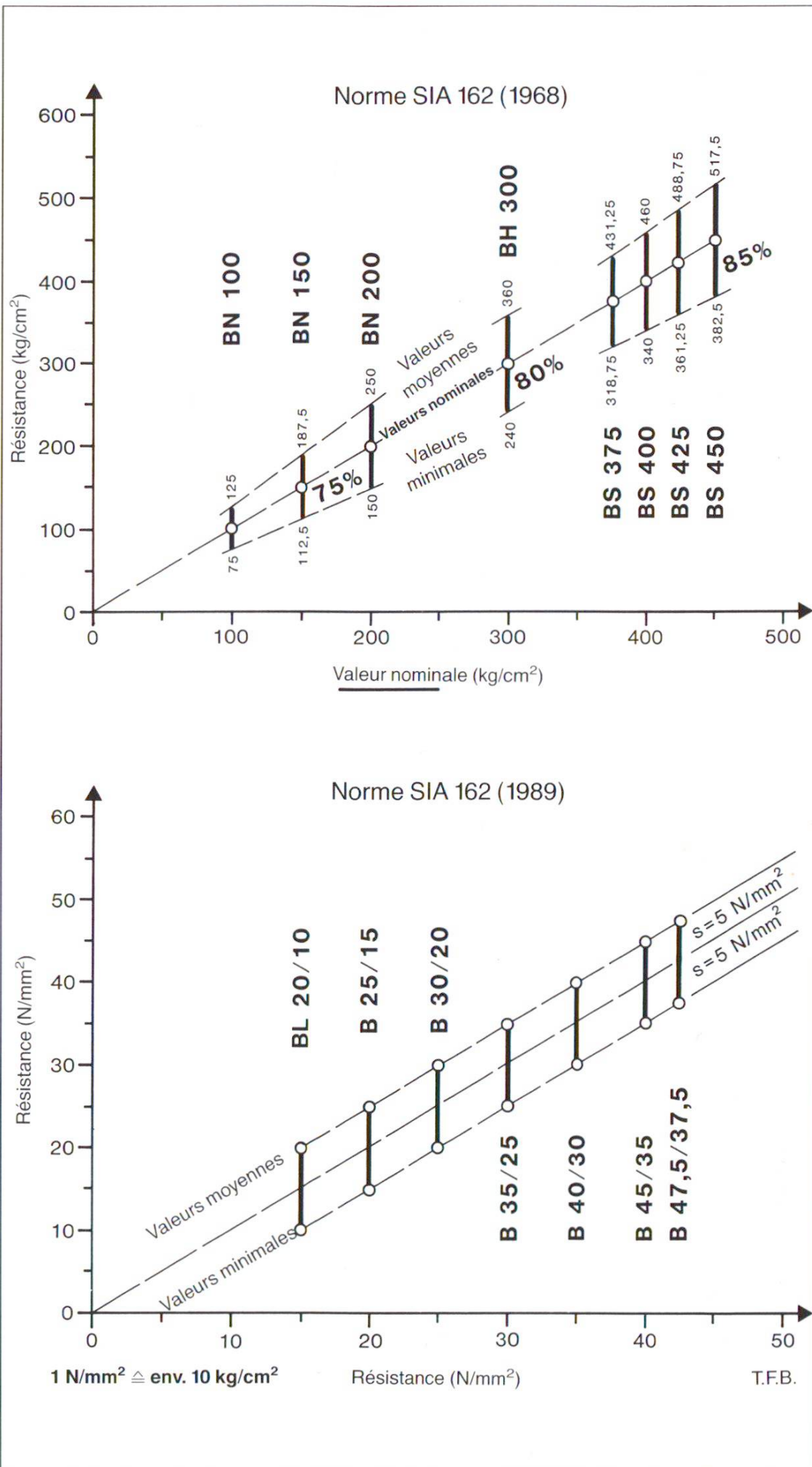


Fig. 5 Comparaison entre les valeurs nominales des résistances du béton, selon norme SIA 162. En haut: édition 1968, en bas: édition 1989.

11 l'ancienne norme fixait bien une dispersion plus faible, mais seulement en pour cent. En valeur absolue, un béton BS pouvait présenter un écart type bien supérieur à celui d'un béton maigre (fig. 5). La nouvelle désignation comportant deux valeurs de résistance marque un véritable *progrès* par rapport à l'ancienne car elle prescrit, explicitement une valeur minimale claire au-dessous de laquelle au maximum 2% des résultats peuvent se trouver et également une valeur moyenne, valable tant que manquent des informations sur la dispersion des résultats.

Auteur: *Rudolf Hegner*

Rédaction: *Bruno Meyer*

Correction

Malheureusement, une faute s'est glissée dans le «Bulletin du Ciment» no 20/89. Ce sont aussi les entreprises **Müller-Steinag Baustoff AG** de Rickenbach LU, et **Favre Baustoff AG** de Tagelswangen ZH qui nous ont fourni de la documentation technique concernant les dalles alvéolées, les pavés espacés par des cales perforées en bois et les pavés en béton poreux.

Symboles utilisés

f_{cw}	Résultat d'essai du cube (Résistance à la rupture sous sollicitation en compression)
n	Nombre de résultats d'essai d'une série
f_{cwm}	Valeur moyenne de la résistance à la compression sur cube
$f_{cw, min}$	Valeur minimale de la résistance à la compression sur cube
s	Ecart type d'une série d'essais
$\Delta f_{cw}(n)$	Différence admissible entre le plus haut et le plus bas résultat d'une série de $n = 15$ essais ou moins
$\lambda(n)$	Facteur de correction pour le calcul de l'«avance» dans une série de 30 à 100 essais
f_c	Valeur de calcul de la résistance du béton à la compression pour le calcul statique (art. 3 23 12)

Les résistances et les écarts type sont exprimés en N/mm^2 .
 10 kg/cm^2 selon l'ancienne norme correspondent à peu près à 1 N/mm^2 .

Bibliographie

Norme SIA 162 «Ouvrages en béton». Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 1989

Norme SIA 162/1 «Ouvrages en béton. Essais des matériaux». Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 1989

«Béton». Informationsblätter für Baufachlehrer. TFB Wildegg. 1987

«Bulletin du ciment» No 11/1974, No 8/1986, No 19/1989. TFB Wildegg