

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 120 (1994)  
**Heft:** 24  
  
**Artikel:** Normes européennes du ciment (suite et fin)  
**Autor:** Schrämli, Werner  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78355>

### **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:** 04.07.2025

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

# Normes européennes du ciment (suite et fin)<sup>1</sup>

Par Werner Schrämli,  
Dr ès sc. techniques  
Illtistrasse 11,  
5212 Hausen b.  
Brugg

## 4.3 Critères de conformité à la norme

Par rapport à ce qui existait jusqu'à présent, la norme ENV 197-1 suit une voie nouvelle en ce qui concerne la procédure de conformité à la norme. Cette voie nouvelle est fondée sur l'*exploitation continue des résultats d'essais par des méthodes statistiques* – un procédé utilisé depuis un certain temps déjà pour le contrôle de la qualité du béton. L'emploi de méthodes statistiques est justifié par le fait que la qualité des produits de masse ne peut être évaluée que par l'examen systématique d'échantillons prélevés au hasard. Ces examens eux-mêmes ne fournissent pas de résultats exacts, mais des valeurs qui présentent une certaine dispersion, de sorte que la valeur moyenne ne peut être qu'une estimation. Ce sont les mathématiques statistiques qui fournissent la méthode permettant d'obtenir la meilleure estimation. Le fait que la qualité ne peut être qu'estimée induit la possibilité d'erreurs. On parle dans ce cas d'un «risque du consommateur», parce que celui-ci acquiert, d'après l'examen statistique, une marchandise conforme à la norme, mais qui ne l'est peut-être pas en fait. De même, le fabricant prend le risque que sa marchandise soit déclarée non conforme sur la base de l'examen statistique, alors qu'elle l'est peut-être quand même. On parle dans ce cas de «risque du producteur». La statistique fournit le moyen de quantifier ces deux risques.

Au niveau formel, la norme précise que le fabricant est tenu d'assurer le contrôle continu de la qualité de ses ciments – une évidence qui s'est imposée depuis longtemps. Des règlements internationaux ou nationaux peuvent de plus prescrire que

l'autocontrôle de la qualité devra être complété par une surveillance extérieure exercée par un institut reconnu de l'Administration. En Suisse, ce mandat est confié à l'EMPA, selon un accord passé entre la SIA, la Société suisse des entrepreneurs et l'industrie cimentière.

Le tableau 4 indique la fréquence des contrôles exigés. La conformité avec les exigences de qualité doit être prouvée à l'aide d'une série d'échantillons qui doivent être prélevés dans un intervalle qui ne sera ni inférieur à 6 mois ni supérieur à 12 mois. On peut observer qu'une certaine liberté de manœuvre a été concédée à ce niveau en omettant de préciser le nombre d'échantillons nécessaire par série, pour prouver la conformité. L'examen statistique implique que certains résultats d'essais peuvent être au-dessous des valeurs minimales ou au-dessus des valeurs maximales prévues sans que le produit soit forcément déclaré non conforme.

La norme fixe le pourcentage d'erreur qui peut exister avec un «risque du consommateur» donné de 5%, sans que cela provoque la non-conformité du ciment. On utilise pour cela le contrôle des variables lorsqu'il s'agit de juger la résistance, et – dans le cas normal – le contrôle des attributs lorsqu'il s'agit de juger les autres exigences de caractéristiques physiques et chimiques (bien que dans ce dernier cas, le contrôle des variables soit également autorisé). En principe, le pourcentage total d'erreurs dans un lot dont on a tiré les échantillons pris au hasard est estimé sur la base d'un procédé statistique. A ce niveau, le contrôle des variables constitue un procédé moins sévère; il est autorisé pour les essais de résistance, parce que les faibles dépassements de la résistance normalisée minimale n'ont, c'est bien connu, presque pas d'effet sur la valeur utile du ciment.

Tableau 4 – Fréquences minimales d'essais

| propriété                                                               | nombre d'échantillons |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| résistance<br>teneur en sulfates<br>début de prise<br>stabilité         | 2 x par semaine       |
| teneur en chlorures<br>perte au feu<br>résidu insoluble<br>pouzzolanité | 1 x par mois          |

Concrètement, il faut prouver que la moyenne  $\bar{x}$  de tous les résultats d'essais de résistance, moins le terme  $k_L \cdot s$ , ou plus  $k_U \cdot s$  (termes qui tiennent compte du degré d'incertitude statistique), est soit supérieure ou égale à la limite inférieure de résistance  $L$ , soit inférieure ou égale à la limite supérieure de résistance  $U$ .

Mathématiquement, on peut exprimer cela à l'aide des deux équations suivantes:

$$\bar{x} - k_L \cdot s \geq L$$

$$\bar{x} + k_U \cdot s \leq U$$

où  $s$  est l'écart type des résultats d'essais,  $k_L$  et  $k_U$  les constantes d'acceptabilité exprimant le degré d'incertitude du procédé statistique. Comme le montre le tableau 5, cette incertitude est d'autant plus élevée que le nombre d'essais sur lesquels se fonde l'estimation est réduit. Inversement, la constante d'acceptabilité est d'autant plus petite que la probabilité d'erreur qu'on accepte est plus grande (équivalant au risque du consommateur de recevoir une marchandise non conforme à la norme malgré un contrôle statistique positif). Enfin, la constante d'acceptabilité est plus forte pour la limite de résistance inférieure que pour la limite supérieure, tant il est vrai qu'en limite inférieure, on ne peut accepter qu'un nombre réduit de résultats trop faibles.

Le contrôle des attributs consiste à déterminer le nombre des résultats qui ne remplissent pas les exigences de la norme, et à les comparer, à l'aide du tableau 6, au nombre des essais dont les résultats sont acceptables.

On peut représenter graphiquement la méthode utilisée pour le contrôle des variables sur l'essai normalisé de résistance à 28 jours (fig. 1). Les équations mentionnées précédemment peuvent être facilement converties en droites dans un diagramme dont l'abscisse représente l'écart-type  $s$ , et dont l'ordonnée représente la moyenne  $\bar{x}$  des résistances mesurées. Lorsque le produit est conforme à la norme, le point représentant le résultat de l'examen statistique doit se trouver à l'intérieur du triangle U-L-P.

Des valeurs isolées présentant des écarts excessifs par rapport à la valeur nominale sont toutefois inacceptables, car ceux-ci feraient peser des doutes sur la valeur utile du ciment concerné. C'est pourquoi la norme appelle de tels écarts des «défauts majeurs». Un lot d'un produit dans lequel des défauts majeurs sont constatés, est donc réputé non conforme à la norme. Le tableau 7 indique jusqu'à quelles valeurs on peut s'écarter des exigences, sans que cela soit considéré comme un défaut majeur.

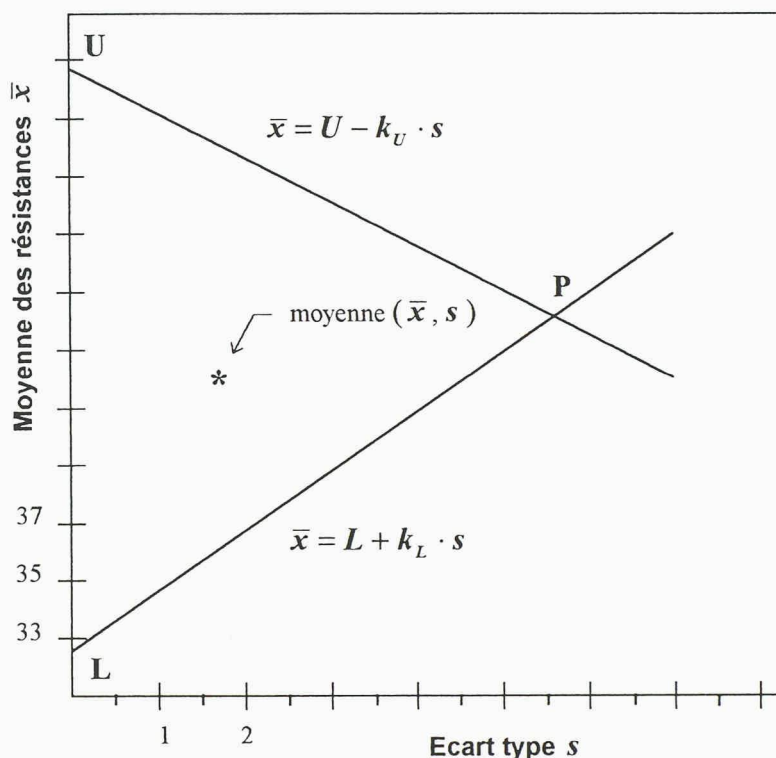


Fig. 1. — Représentation graphique du contrôle des variables dans le cas des résistances sur prismes normalisés

### 5. Les normes européennes pour le béton et les granulats

Des normes européennes harmonisées doivent être aussi élaborées pour d'autres produits que le ciment, à savoir: le béton en tant que matériau, les constructions en béton et les granulats du béton; plus tard

Tableau 6 — Nombre d'erreurs autorisées sur le contrôle des attributs pour un risque du consommateur de 5%

| nombre de résultats d'essais $n$ | nombre d'erreurs $C_A$ |
|----------------------------------|------------------------|
| < 20                             | 0                      |
| 20-39                            | 0                      |
| 40-54                            | 1                      |
| 55-69                            | 2                      |
| 70-84                            | 3                      |
| 85-99                            | 4                      |
| 100-109                          | 5                      |

Tableau 5 — Constante d'acceptabilité pour l'essai de résistance normalisé avec un risque du consommateur de 5%

| $n$     | Constante d'acceptabilité      |                                |
|---------|--------------------------------|--------------------------------|
|         | valeur limite inférieure $k_L$ | valeur limite supérieure $k_U$ |
| 40-49   | 2,13                           | 1,70                           |
| 50-59   | 2,07                           | 1,65                           |
| 60-79   | 2,02                           | 1,61                           |
| 80-99   | 1,97                           | 1,56                           |
| 100-149 | 1,93                           | 1,53                           |
| 150-199 | 1,87                           | 1,48                           |
| > 200   | 1,84                           | 1,45                           |

viendront les ajouts tels que les cendres volantes, les laitiers, etc., ainsi que les adjuvants chimiques. De plus, la normalisation de nombreux éléments préfabriqués en béton est déjà en cours ou en préparation.

Une norme provisoire pour le béton en tant que matériau de construction — la norme ENV 206 (= SIA V162.051) — a été



Tableau 7 – Défauts majeurs

| Propriété                                                                                                        | Ecarts par rapport aux exigences selon tableaux 3 et 4 excédant:                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| limite inférieure de résistance<br>28 jours<br>2 jours<br>(7 jours)                                              | - 2,5 N/mm <sup>2</sup><br>- 2,0 N/mm <sup>2</sup>                                                 |
| limite supérieure de résistance<br>28 jours                                                                      | pas de valeur fixée                                                                                |
| début de prise:<br>classe de résistance<br>32.5 et 42.5<br>52.5                                                  | - 15 minutes<br>- 5 minutes                                                                        |
| stabilité:<br>perte au feu:<br>teneur en sulfates:<br>teneur en chlorures:<br>résidu insoluble:<br>pouzzolanité: | + 1 mm<br>pas de valeur fixée<br>+ 0,5 %<br>+ 0,01 %<br>pas de valeur fixée<br>pas de valeur fixée |

publiée en 1990. Toutefois, il est manifeste qu'à ce jour, elle n'est pratiquement pas utilisée. Cela n'est pas étonnant, puisqu'elle est formulée sous réserve des plus importantes prescriptions des normes nationales exis-

tantes. Etant donné les traditions de construction et les différences de conditions climatiques dans les diverses régions d'Europe, il sera certainement très difficile de parvenir dans un délai raisonnable à un compro-

mis qui pourrait être accepté partout comme norme définitive pour le béton.

L'euphorie actuelle de normalisation est également manifeste dans le projet de norme sur les granulats à béton. Ce projet veut non seulement soumettre leur conformité à une procédure de certification aussi rigoureuse que dans le cas du ciment, mais on a même prévu 22 tests différents, à exécuter successivement, pour déterminer la qualité des granulats. Ces examens de qualité largement excessifs sont-ils vraiment appropriés? Il faut souhaiter que la question sera posée aux institutions responsables, et qu'on saura y trouver une réponse raisonnable.

Pour terminer, notons qu'en plus des normes de produits présentées, il existe depuis peu en tant que norme provisoire l'Eurocode 2 (= SIA V162.001) sur le calcul des structures en béton (Partie 1-1: Règles générales, règles pour les bâtiments) et l'Eurocode 4 (= SIA V163.001) sur le calcul des structures mixtes acier-béton.

## Note de lecture

### Pour mesurer formes et déformations sans contact: l'interférométrie holographique

Depuis l'avènement de l'informatique, la technique des mesures, et en particulier les méthodes de dépouillement, ont fait des progrès foudroyants. Les données recueillies par des capteurs convertissant des déplacements en signaux électriques sont désormais traitées en temps réel, sur place ou par télétraitement. Ce type de mesure requiert toutefois un contact entre le capteur et les corps dont on veut mesurer la surface.

Il existe toutefois de nombreux cas où l'on ne veut ou ne peut pas assurer ce contact. Un exemple typique est celui du relevé de l'orniérage des routes, pour lequel le Laboratoire de mesure et d'analyse des contraintes (IMAC) du département de génie civil de l'EPFL a développé une méthode et un équipement recourant à l'holographie. Il est ainsi possible de parcourir à bonne allure les routes à

contrôler tout en collectant les données permettant de restituer sur ordinateur et de dessiner l'état de surface de la chaussée.

L'holographie est aujourd'hui popularisée par les images en relief qu'elle permet d'obtenir, ce qui fait oublier qu'il s'agit d'une technique complexe, requérant, pour ses applications, de solides connaissances théoriques. L'un des collaborateurs de l'IMAC, Pramod Rastogi vient de publier un ouvrage rassemblant diverses contributions et faisant le point sur l'état actuel de ces connaissances. Destiné en priorité aux spécialistes, il offre une image complète des méthodes et des applications de l'interférométrie holographique. Il constitue donc un outil indispensable à qui veut mettre en œuvre ce type de mesures.

RASTOGI PRAMOD (rédaction): *Holographic Interferometry – Principles and Methods*. – Un vol. 16 x 24 cm, relié, 330 pages avec 178 figures. Editions Springer, Berlin/Heidelberg, 1994. Prix: DM 98.–