

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)
Band: 28-29 (1960-1961)
Heft: 22

Artikel: La résistance du béton à l'égard du gel
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-145579>

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: 30.03.2025

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

BULLETIN DU CIMENT

OCTOBRE 1961

29^E ANNÉE

NUMÉRO 22

La résistance du béton à l'égard du gel

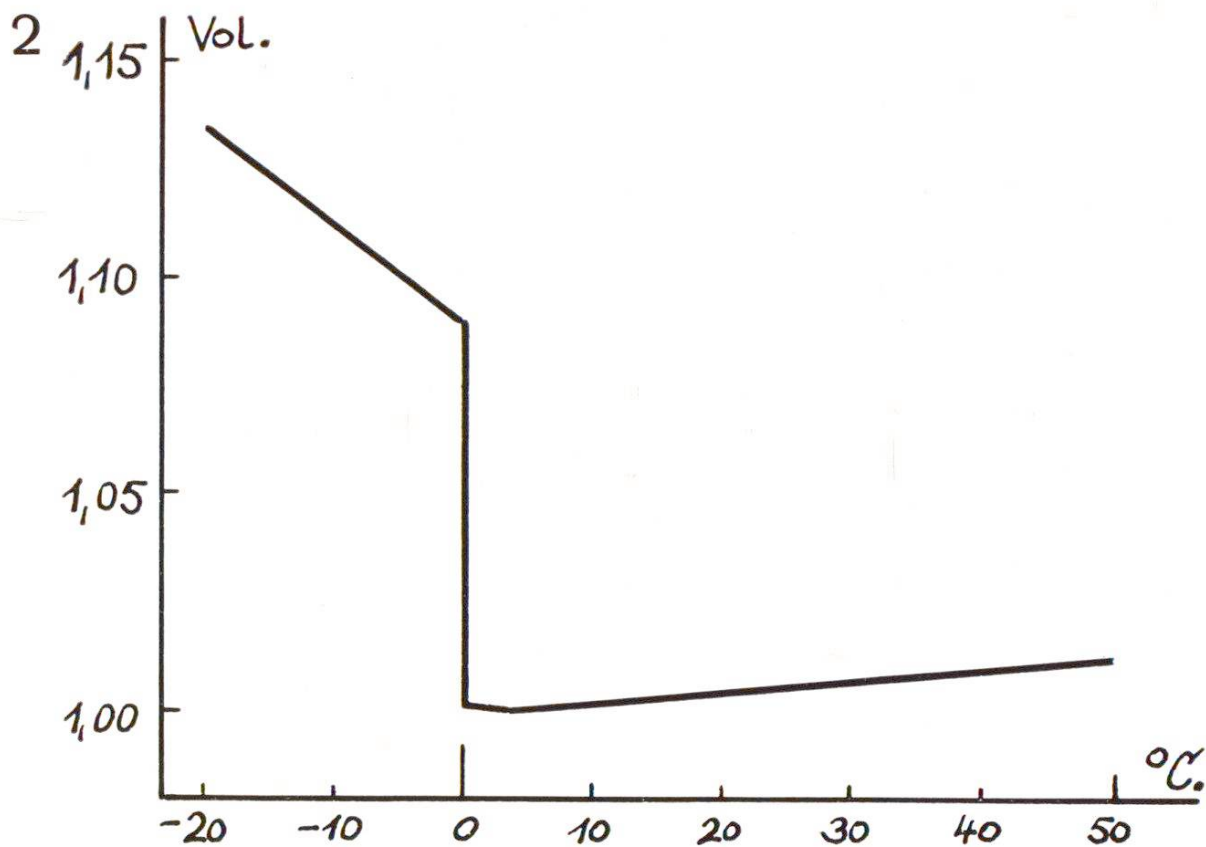
Le phénomène physique du gel. Influence de la structure du béton. Action du gel sur le béton. Dégâts dus aux sels utilisés contre le gel. Béton à air occlu. Mesures propres à immuniser le béton contre le gel. Bibliographie.

Le BC 1959/23 a montré l'influence du gel sur le béton frais. Le présent numéro traite de l'effet du gel sur le béton durci, des dégâts qui peuvent s'y produire et des moyens de les prévenir. (Voir aussi BC 1946/11.)

Les phénomènes physiques

Rappelons qu'en se congelant, l'eau subit une augmentation de volume d'environ 9 %. Si cette dilatation est entravée, elle développe des efforts de compression considérables qui peuvent rompre les obstacles qu'on lui oppose. La glace elle-même continue à se dilater quand sa température s'abaisse (fig. 1).

La congélation libère une certaine quantité de chaleur. C'est la raison pour laquelle, au moment où sa température atteint le point zéro, seule une partie de l'eau se congèle, la chaleur dégagée interrompant momentanément la poursuite du phénomène. La congélation se produit donc par étapes successives dans le temps et dans l'espace. Le temps écoulé entre deux étapes est d'autant plus long que le refroidissement est plus lent.



T.F.B.

Fig. 1 Modification du volume de la glace ou de l'eau en fonction de la température

On peut aussi constater un ralentissement de la congélation quand le phénomène a lieu sous pression. Or on a vu plus haut qu'une entrave mise à la dilatation de la glace formée crée des efforts de compression qui agissent sur l'eau liquide et provoque ce ralentissement en abaissant le point de congélation. La pression peut devenir si forte que la glace déjà formée se liquéfie à nouveau.

Le point de congélation de l'eau est également abaissé quand celle-ci contient des sels dissous.

L'eau absorbée superficiellement peut difficilement geler. Dans les pores extrêmement ténus ayant un diamètre de l'ordre du millionième de millimètre, toute l'eau se trouve dans cet état de tension superficielle.

Structure du béton

C'est la nature de la porosité du béton qui rend celui-ci gélif ou au contraire résistant au gel. Les cristaux expansifs de glace se forment dans les vides que recèle tout béton. Ces vides peuvent être classés de la façon suivantes :

a) **Macropores** plus gros que 0,1 mm provoqués par malaxage insuffisant, ségrégation des graviers ou manque de serrage. Ils sont aussi une conséquence de la ségrégation de l'eau (ressuage interne) notamment à la partie inférieure des gros grains de l'agrégat (fig. 2).

3 b) **Fissures internes de retrait** qui se produisent quand le retrait normal de la pâte de ciment est entravé par de gros grains de gravier.

c) **Pores capillaires** de 0,00001 à 0,001 mm provoqués par un excès d'eau de gâchage qui ne peut être fixé chimiquement lors de l'hydratation du ciment. Cette eau est librement mobile (fig. 3).

d) **Pores du gel** (il s'agit de la substance gélatineuse formée lors de la prise et du durcissement du ciment). Leur grosseur étant de l'ordre du 0,000001 mm, l'eau qui peut s'y trouver est liée par adsorption.

Les pores capillaires forment un réseau étendu de vides de toutes formes correspondant entre eux. C'est d'eux que dépend la plus ou moins grande porosité du béton. Par ce système de canalicules, le béton peut respirer, il peut absorber de l'eau et en rejeter. Au contraire, les macropores et les fissures internes de retrait sont des vides fermés et indépendants les uns des autres. Bien que les capillaires les fassent communiquer entre eux, ils ne sont pas nécessairement remplis d'eau, à cause de leurs relativement grandes dimensions.

Mécanisme de la dégradation par le gel

Quand un béton contenant de l'eau est porté à une température inférieure à zéro degré, il ne va pas forcément subir des dégâts. Il faut pour cela qu'une série d'autres conditions soient remplies. Ainsi par exemple, le refroidissement doit être relativement rapide et la quantité d'eau assez grande. La forme et la disposition des pores jouent aussi un rôle. On ne peut ici exposer toutes ces conditions, on se bornera à montrer les aspects principaux du problème et à donner quelques directives générales.

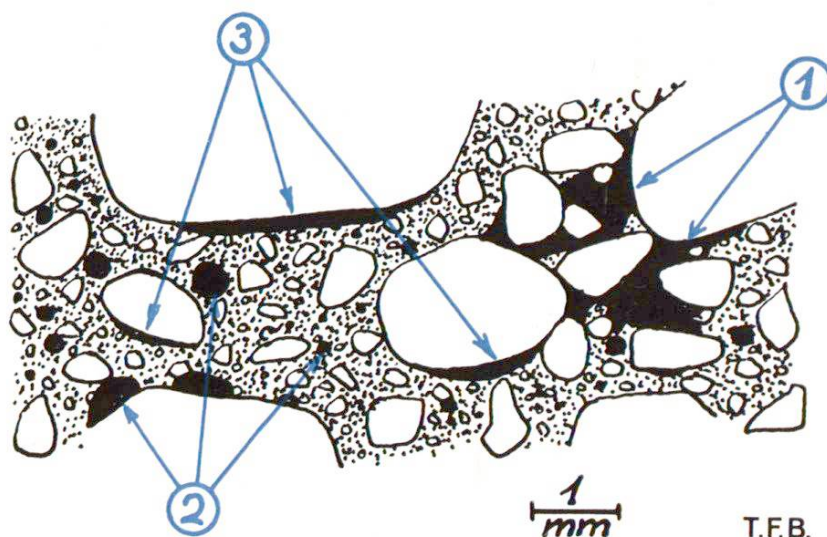


Fig. 2 Macropores du béton provoqués par ségrégation des graviers (1), emprisonnement naturel d'air (2), ou ressuage, notamment sous les grosses pierres de l'agrégat (3)

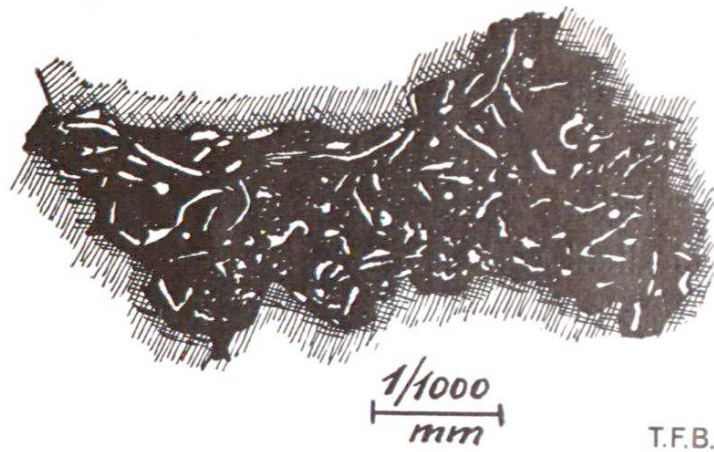


Fig. 3 Pores capillaires dans la pâte de ciment durcie

En examinant le déroulement des phénomènes, on constate premièrement que le refroidissement du béton n'est en général pas très rapide. Ceci est vrai pour la couche superficielle et à plus forte raison pour les points situés à l'intérieur de la masse (fig. 4). On a déjà signalé que plus le refroidissement est lent, plus faible est le danger de dégradations par le gel. Le phénomène du gel se produisant par étapes, comme on l'a montré plus haut, l'eau non encore gelée peut diminuer la pression à laquelle la soumet la glace en formation en s'infiltrant dans les pores voisins. Mais cette fuite de l'eau nécessite un certain temps et n'est possible que si le refroidissement est lent.

Ce processus exige en outre qu'un volume suffisant de pores libres d'eau soit disponible. Cette condition peut être exprimée par le coefficient de saturation utilisé pour caractériser la résistance au gel des pierres naturelles. Ce coefficient est le rapport entre les quantités d'eau absorbées à la pression atmosphérique et à 150 kg/cm^2 . Si le coefficient de saturation est supérieur à 0,9 (max. = 1), le matériau est peu résistant au gel.

Le cheminement de l'eau liquide expulse l'air ou le comprime. Dans le dernier cas, il se produit aussi un effet de pression interne, mais il n'est qu'une petite fraction de celui que peut développer la congélation d'un volume d'eau emplissant complètement une cavité.

Quand le béton gèle et que les conditions sont remplies pour que cela puisse y produire des dégâts, ces derniers ne se manifestent pas immédiatement. Si par exemple, l'eau gèle dans des pores en forme de lentilles de 0,05 mm d'épaisseur, la dilatation sera au maximum de 0,005 mm, c'est-à-dire trop petite pour produire des fissures et encore moins des éclatements. Toutefois ce qui n'est pas dangereux après un seul gel pourra le devenir après de nombreuses répétitions. Tout gel provoque une légère augmentation de volume des pores remplis d'eau ; au dégel, la quantité d'eau que pourra contenir chaque pore sera augmentée, ainsi de suite, de telle façon que les pores grandiront toujours

5 davantage et disloqueront le béton qui les entoure. Ce n'est donc que la répétition des cycles gel-dégel qui produira des dégâts.

Cas spéciaux

En étudiant sérieusement le problème, on a constaté que les dommages dus aux sels utilisés contre le gel, notamment sur les anciennes autoroutes allemandes, ne sont pas le résultat de réactions chimiques. Ce sont de pures actions du gel, considérablement amplifiées par le fait que la fonte à basse température de la glace à la surface du béton produit un refroidissement anormalement rapide de ce dernier et par le mécanisme exposé plus haut, une augmentation sensible des dégâts.

L'expérience a montré qu'un béton contenant des pores sphériques minuscules remplis d'air a une résistance élevée au gel. Ces bulles d'air ont un diamètre de 0,01 à 0,1 mm et doivent, pour être efficaces, représenter 3 à 4 % du volume du béton. L'effet de cet air occlu peut être expliqué par le fait qu'il offre un refuge à l'eau liquide comprimée par la glace en formation et évite ainsi un excès de pression interne.

La présence d'air occlu faisant baisser les résistances mécaniques du béton, l'emploi d'adjuvants entraîneurs d'air est délicat et doit être contrôlé très sérieusement. La diminution de résistance due à l'air peut être en général compensée en diminuant la quantité d'eau.

Mesures à prendre pour prévenir les dégâts du gel

Comme une bonne pierre naturelle, un béton de qualité est pratiquement insensible au gel. Pour réaliser un tel béton, on observera les directives suivantes :

1) Le moins possible d'eau de gâchage ! Plus la quantité d'eau est grande par rapport au poids du ciment, plus grande est la porosité du béton et plus faible sa résistance à la traction, déterminante pour la stabilité au gel. Pour la même raison, il est avantageux de prévoir un dosage en ciment suffisamment haut.

2) Une bonne granulométrie ! Une granulométrie médiocre et un excès d'eau favorisent la formation de macropores à cause de la ségrégation qui se produit (notamment le ressuage).

3) Eviter un excès de vibration ! qui augmente le risque de ségrégation interne de l'eau et la formation de vides sous les grains de l'agrégat.

4) Limiter la grosseur maximum de l'agrégat. Des graviers trop gros augmentent le risque de fissurations internes. Il peut aussi arriver que la différence des coefficients de dilatation thermique des divers grains (p. ex. quartz et calcaire) provoque également une fissuration interne accrue et augmente les risques de dommages par le gel.

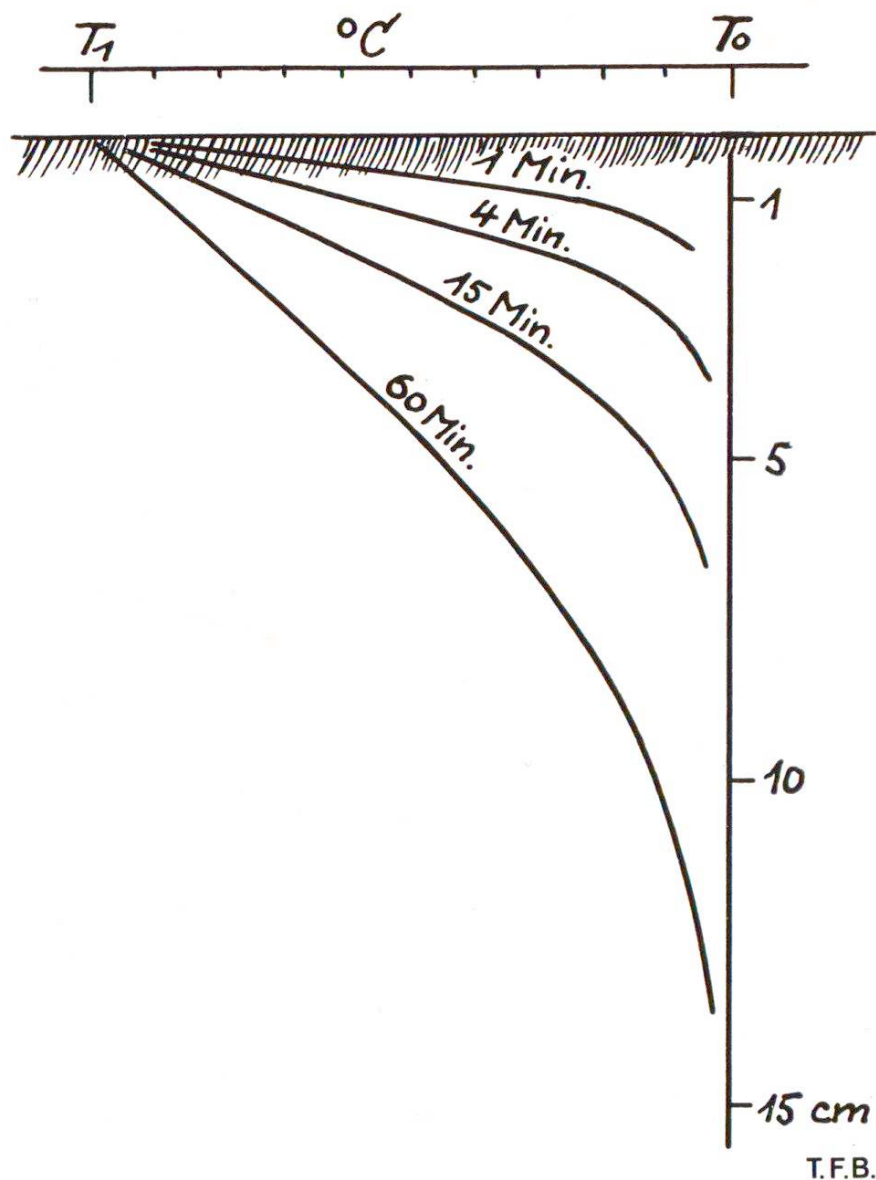


Fig. 4 Répartition des températures à l'intérieur du béton après un certain nombre de minutes, quand la température extérieure est descendue de T_0 à T_1 (selon Joisel)

5) Utiliser des agrégats propres et de bonne qualité pétrographiques. Des pierres poreuses, des morceaux de bois ou d'autres matières pouvant s'imbiber d'eau peuvent provoquer des éclatements du béton en cas de gel.

Bibliographie :

F. M. Jackson, J. Am. Concr. Inst., **Proc. 52**, 159 (oct. 1955).

E. Hartmann, Zement-Kalk-Gips, **10**, 265 et 314 (1957) (avec une bibliographie fort complète).

A. Joisel, Revue des matériaux, N° 547, 209 (Paris, avril 1961).

R. E. Hess, Künstliche Luftporen im Beton (Zürich 1961) (avec une bibliographie abondante).