

La prise et le durcissement du ciment

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **8-9 (1940-1941)**

Heft 4

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-145151>

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.

BULLETIN DU CIMENT

JUILLET – AOUT 1940

8^{me} ANNÉE

NUMÉRO 4

**La prise et le durcissement
du ciment**

Au béton l'avenir!

2 De quelle manière et pourquoi le ciment portland durcit-il lorsqu'il est gâché avec de l'eau? – Question pouvant paraître bien superflue, car si le ciment ne durcissait pas, il n'aurait aucune raison d'exister. Aujourd'hui, on trouve tout naturel que cette poudre grise, une fois malaxée avec de l'eau, devienne dure comme de la pierre et accuse une résistance extraordinaire qui augmente d'années en années.

On peut même en mélangeant le ciment avec une quantité de ballast – 5 à 10 fois plus grande que son poids – les amalgamer ensemble en une masse homogène, sorte d'aggloméré artificiel dénommé béton, d'une solidité plus grande que celle des rochers. Pour se représenter la force contenue dans ce produit de notre pays, voici un exemple: C'est le ciment seul qui soude le gravier friable en un nouveau matériau dont chaque centimètre carré peut supporter le poids de quatre hommes (300 kg) et même davantage. Une surface comme une tête d'épingle résiste sans autre à un poids de plusieurs kilos. C'est à une pellicule de ciment qu'est confiée la possibilité de construire d'immenses barrages et des ponts audacieux (Fig. 1).

Par sa propriété de durcir et de résister sous l'eau, le ciment est le principal et le plus connu des liants hydrauliques.

Dans la nature nous ne trouvons aucun exemple qui puisse être comparé à celui du ciment. C'est pourquoi, il est très instructif d'approfondir l'étude des qualités de ce chef-d'œuvre de la technique. Grâce à lui, l'homme peut créer en très peu de temps et sous n'importe quelle forme un agrégat aussi dur que ceux produits lors de la genèse du monde.

Pour bien comprendre le durcissement du ciment il ne suffit pas de se contenter de l'image que l'on s'en fait habituellement, mais encore faut-il étudier cette propriété. – Il est donc nécessaire de savoir ce qu'est le ciment au point de vue chimique et physique.

Composition chimique.

Le ciment portland est un produit obtenu par la mouture très fine d'un clinker dont les principaux constituants sont les suivants:

CaO = oxyde de calcium (vulg. dénommé chaux vive)

SiO₂ = oxyde de silice (à l'état pur: cristal de roche)

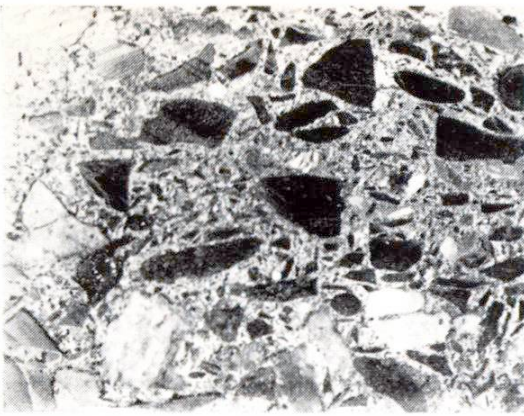


Fig. 1
Coupe d'un béton

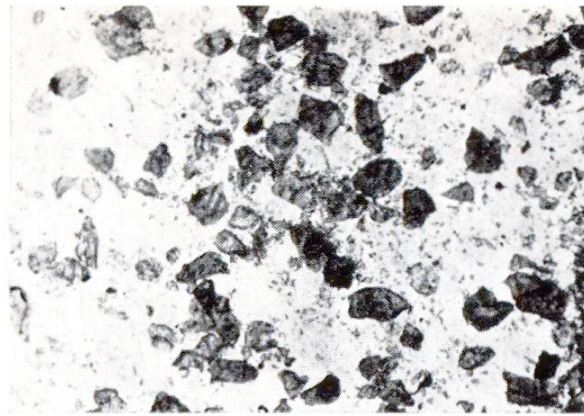


Fig. 2. Farine de ciment, agrandie plusieurs centaines de fois au microscope. La grandeur moyenne des grains est de $\frac{1}{50}$ mm environ.

Al_2O_3 = oxyde d'aluminium (à l'état pur: saphir)

Fe_2O_3 = oxyde de fer.

Pour obtenir le durcissement et de très hautes résistances il faut que chaque particule de ciment, même la plus infime, contienne ces différents constituants dans des proportions bien définies.

La «clinkerisation» des matières premières, c'est-à-dire la cuisson jusqu'à la limite de vitrification, donne un clinker (sorte de roche) dont la composition ne représente pas un simple mélange de ces constituants. A la température de 1400° environ régnant dans les fours à ciment, la silice, le fer et l'alumine se combinent avec la chaux et se transforment en de nouvelles compositions chimiques qui coagulent en petits cristaux ou en masse vitreuse.

Par cette sorte de fusion, les composants du ciment ont subi les modifications suivantes:

- a) La chaux vive qui, lorsqu'elle est mélangée avec de l'eau, s'hydrate toujours violemment en foisonnant, ne peut plus réagir aussi vite. L'effervescence est maîtrisée par les particules de silice et d'alumine qui ont absorbé la plus grande partie de cette chaux.
- b) La terre silicieuse (SiO_2), l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et l'oxyde de fer (Fe_2O_3) qui ne se combinent jamais avec l'eau parce qu'inertes, gonflent sous son influence. Ils forment des hydrates, sortes de matières gélatineuses ayant la propriété de devenir imperméables en durcissant.

4 Propriétés physiques.

Elles ont la même importance que la composition chimique pour la compréhension du durcissement. Si nous immergions dans l'eau un grain de clinker de la grosseur d'un petit pois, tel qu'il sort du four, il durerait des dizaines d'années sans être aucunement altéré. On pourrait tout au plus constater qu'un peu de chaux est apparue à la surface. Une couche gélatineuse d'hydrates de silice et d'alumine empêche toute pénétration de l'eau à l'intérieur du grain. Mais aussitôt que ce grain sera moulu, sa possibilité de réagir avec l'eau augmentera d'autant plus que la finesse de mouture sera plus poussée. Le temps d'absorption variera de quelques secondes à plusieurs jours ou semaines selon le degré de finesse (Fig. 2).

La mouture ne vise pas seulement à rendre les grains plus fins, mais tend aussi à augmenter la surface spécifique du ciment. Un grain de clinker pesant 1 gramme développe une surface de $2,2 \text{ cm}^2$; tandis que la surface du ciment produit par ce gramme de clinker atteint environ 2000 cm^2 .

Un sac de ciment de 50 kg représente ainsi une surface d'un hectare! On comprendra facilement que l'eau puisse réagir beaucoup plus vite sur une telle surface que sur un grain de clinker compact.

En malaxant avec un liquide une matière fine et insoluble, on obtient une bouillie ou une pâte selon la proportion du mélange. Plus les particules seront fines, plus la pâte sera plastique et pour une même plasticité il sera nécessaire d'utiliser d'autant plus de liquide que la surface spécifique de la matière moulue sera grande.

Le durcissement.

Il comporte 4 phases depuis le début du gâchage jusqu'au durcissement complet.

1° Le ciment fraîchement gâché. Selon la quantité d'eau employée, on obtient un mélange liquide, pâteux ou ferme, auquel on peut donner n'importe quelle forme. L'eau n'est absorbée que physiquement ou mécaniquement.

Dans cet état, la pâte de ciment pourrait se congeler ou se dessécher si elle était exposée au froid ou à un courant d'air sec, influences très désavantageuses pour les résistances futures.

- 5 2° Le début de la prise. Un certain temps après le gâchage, (1/2 heure à 1 heure) on observe que l'eau commence à se séparer à la surface de la pâte de ciment, comme si le ciment se déposait. Simultanément, la pâte durcit légèrement et prend une consistance argileuse.
- 3° Processus de la prise. Le durcissement observé au stade 2, indique le début de la prise. L'effet régulateur du gypse

Plastometr. Widerst. in g/mm² (log. Masst.)

Résistance plastométrique en grammes par mm² (échelle logarithmique)

2 5 10 20 50 100 200 500 1000

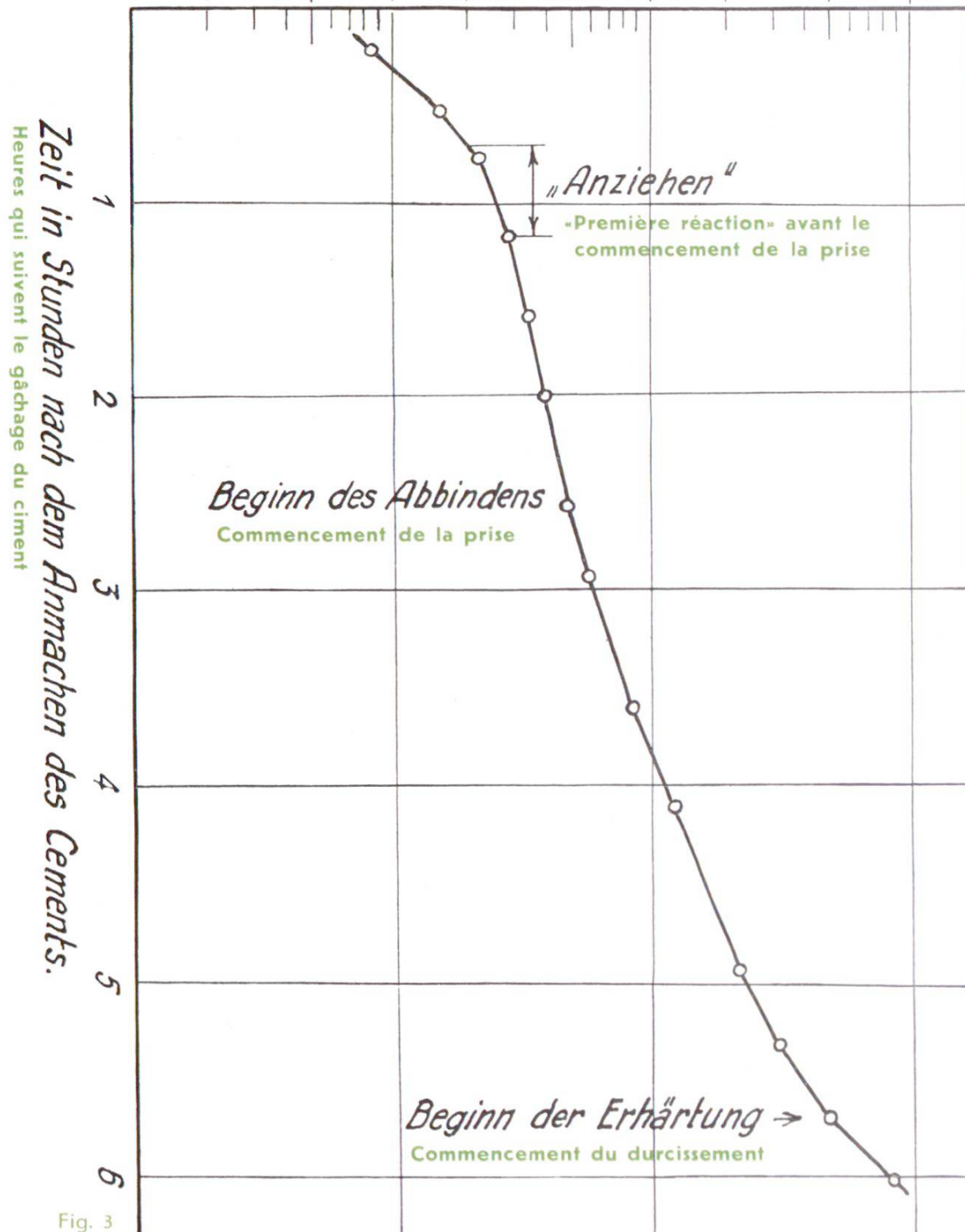
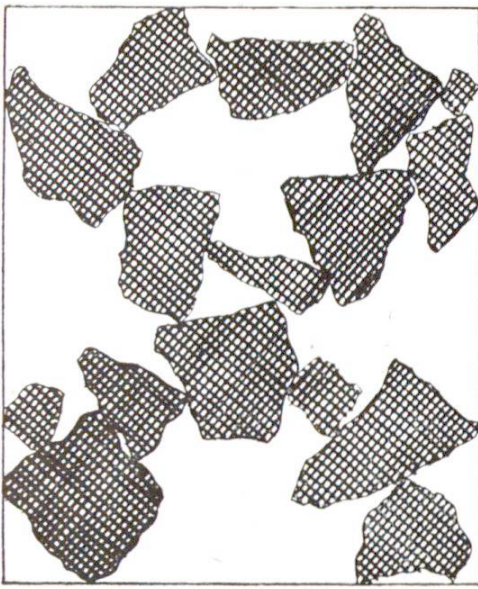
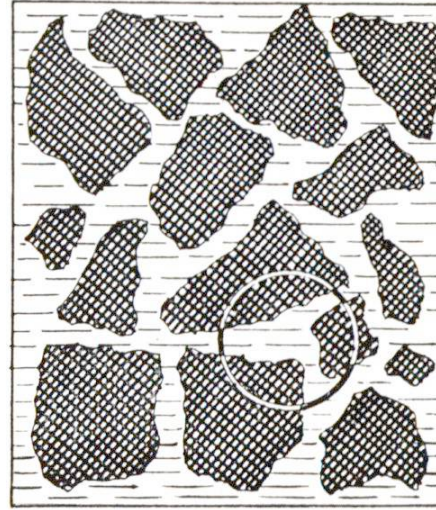


Fig. 3

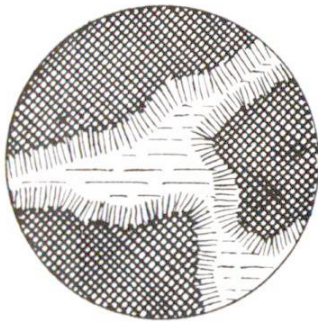


Structure de la farine de ciment

Analogie avec la neige poudreuse; agglomération en forme de voûte. Poids spécifique du ciment: 3,1 kilo/litre. Densité apparente du ciment 1,2 kg/dm³, ce qui représente plus de 60 % de vides d'air.



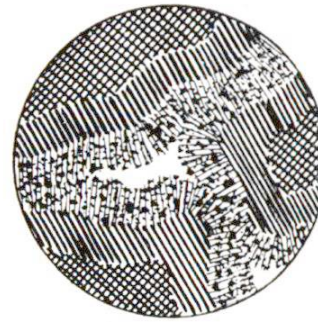
Structure de la pâte fraîche de ciment. L'eau fonctionne comme un lubrifiant et entoure les grains de ciment d'un film. Densité de la pâte de ciment: 2,1 kg/dm³.



Bouillie de ciment au début de la prise. Chaque grain s'entoure d'une enveloppe gélatineuse



Ciment durcissant: Les enveloppes gélatineuses grandissent. Commencement de l'incrustation par la chaux.



Ciment durci: Cristallisation presque complète de la chaux.

Fig. 4

ajouté au moment de la mouture du clinker pour régler la prise du ciment, diminue. L'eau expulsée au début est de nouveau absorbée par la pâte, exactement comme si elle avait soif. Sous cette action physique et chimique, les grains semblent s'aspirer. C'est le phénomène le plus important et le plus remarquable de la prise du ciment. Il explique la raison pour laquelle le ciment portland peut durcir sous l'eau et se lier avec le gravier. Cette aspiration agit essentiellement sur les agrégats en contact direct avec les corpuscules de ciment et pas sur les autres. Dès l'instant où l'eau, séparée de la pâte de ciment, du mortier ou du béton a été réabsorbée, il ne faut plus toucher à ceux-ci.

7 Ce faisant, on séparerait les surfaces de contact entre grains de ciment et ils ne pourraient plus se resouder comme au début du durcissement. Les résistances finales en seraient grandement affectées.

Durant ce troisième stade, la température de la pâte augmente continuellement, prouvant bien par-là que l'eau se combine chimiquement. Comme cette combinaison est beaucoup plus forte que l'absorption physique, l'eau est continuellement attirée de la surface extérieure vers le centre du grain de ciment. Parallèlement, la chaux se cristallise en particules très fines dans les couches formées par les hydrates de silice et d'alumine. Cette formation de cristaux augmente petit à petit la résistance de la pâte par soudure des particules libres. Une liaison durable s'établit et l'on arrive alors à la dernière phase qui englobe le durcissement final.

4° Durcissement final. Dès le moment où le durcissement est arrivé au point où l'on ne peut plus rayer le ciment avec l'ongle, existe déjà une certaine résistance mécanique. La masse de ciment peut supporter d'autres charges que son propre poids sans perdre sa cohésion. Au fur et à mesure que les cristaux se développent et s'agrandissent, ils remplissent tous les pores de la masse et la résistance augmente sans cesse. Cet agrandissement des cristaux sera accéléré par une humidification constante, qui favorisera les échanges entre la chaux et les autres constituants du ciment jusqu'à hydratation complète.

En résumé, à la question: Pourquoi et comment le ciment durcit-il lorsqu'on le gâche avec de l'eau, on peut répondre ainsi:

Le ciment portland durcit hydrauliquement.

1° parce qu'il est capable en se combinant chimiquement avec l'eau de gâchage de se transformer en de nouvelles combinaisons solides;

2° parce que chaque grain de ciment forme à sa surface une couche gélatineuse qui est presque imperméable à l'eau. Comme le centre du grain de ciment cherche à absorber l'eau de cette couche gélatineuse il en résulte une force d'aspiration telle que toutes les particules se soudent les unes aux autres;

- 8 3° parce que des combinaisons hydrauliques cristallines naissent de chaque grain de ciment au contact de la chaux. Ces combinaisons extrêmement dures remplissent tous les vides de l'intérieur.

Conclusions.

La fabrication du ciment exige une préparation minutieuse et un contrôle constant de la composition des matières premières si l'on veut obtenir un produit qui convienne aux plus hautes exigences. Mais il faudra également, pour réaliser les meilleurs résultats sur chantier, que le consommateur observe scrupuleusement les points suivants:

- 1° Magasinage au sec et à l'abri de courants d'air, car le ciment en absorbant l'humidité et l'acide carbonique de l'air devient granuleux et perd une partie de sa force.
- 2° Le ciment, le mortier, le béton ne doivent pas être noyés au gâchage. Il ne faut jamais utiliser plus d'eau qu'il est nécessaire. Le ciment ne pouvant se combiner qu'avec une quantité d'eau déterminée, le surplus augmente la porosité et diminue la résistance.
- 3° Tous les travaux en ciment doivent durcir à l'abri des courants d'air. La mise en place du béton doit se faire avant que le ciment ait commencé sa prise.
- 4° Pendant la prise et le durcissement, on doit conserver le mortier humide aussi longtemps que possible. En prenant cette précaution, on améliorera les résistances tout en diminuant sensiblement les effets pernicieux du retrait.