Zeitschrift: Bulletin du ciment

Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)

Band: 10-11 (1942-1943)

Heft: 18

Artikel: Finesse de mouture et granulométrie du ciment

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-145194

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: 09.12.2025

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

BULLETIN DU CIMENT

JUIN 1943 11ÈME ANNÉE NUMÉRO 18

Finesse de mouture et granulométrie du ciment

La finesse de la farine de ciment est soumise à des contrôles nécessitant des mesures d'une grande précision. Importance de la finesse de mouture et de la granulométrie sur les propriétés technologiques du liant. Ordres de grandeur et procédés de mesure.

La **finesse** de la farine de ciment est une des conditions essentielles de la qualité de ce produit. L'expérience et les essais prouvent en effet, qu'indépendamment de la force adhésive et du rendement, toute une série d'autres propriétés du ciment sont en relation déterminée avec la finesse de la mouture.

La farine de ciment résulte de la mouture du produit cuit jusqu'à vitrification dans le four (du clinker). Cette opération qui consomme beaucoup d'énergie, se fait dans des **broyeurs cylindriques à boulets.** Fig. 1. Ces appareils se composent d'un tambour rotatif à axe horizontal, blindé à l'intérieur et contenant des corps d'acier (en général des boulets) entre lesquels le clinker est peu à peu pulvérisé en farine presque impalpable. La **pulvérisation** doit atteindre un degré tel que la farine puisse, lors de son emploi ultérieur, entourer chaque grain de matière inerte d'une pellicule continue et remplir les vides restants sans provoquer des pores. La fonction du ciment réside dans la possibilité d'en faire un matériau de construction parfaitement imperméable, très résistant et durable. Ces qualités peuvent s'acquérir avec un dosage suffisant pendant la prise et le durcissement, si la pellicule de ciment assure une liaison étanche par sa cohésion intrinsèque et par son adhérence aux grains de ballast.

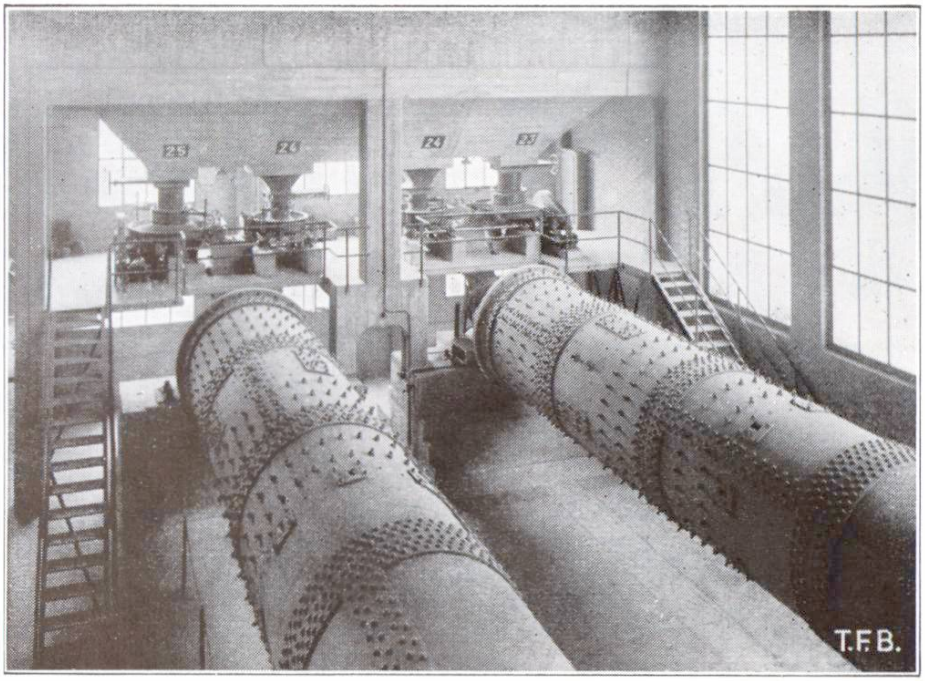


Fig. 1 Moulins à ciment. A l'arrière-plan, silos en béton armé pour clinker et gypse

La mouture extrêmement poussée du clinker augmente considérablement la **surface de contact** entre le ciment et l'eau de gâchage; il en résulte une réaction (combinaison avec l'eau = hydratation) suffisamment rapide qui permet d'obtenir les résistances initiales connues. Contrairement à ce qui se passe avec la chaux vive, la vitesse d'hydratation du clinker de ciment portland non moulu est extrêmement lente; elle atteint les valeurs suivantes:

$^1/_{2000}$ de millimètre en 24 heures
$^1/_{500}$ de millimètre en 7 jours
$^1/_{100}$ de millimètre en 6 mois.

Dans une farine de ciment se composant de grains allant jusqu'à $^1/_{10}$ de millimètre, le processus d'hydratation de toute la masse peut donc durer des années. C'est ce qui explique la cause principale de **l'augmentation progressive des résistances.**

Les grains de la farine de ciment sont de différentes grosseurs ou mieux encore de différentes finesses. Toutes les grosseurs de grain sont représentées entre certaines limites. On peut donc constater, comme pour le sable et le gravier, une **granulométrie propre** au ciment. Mais cette granulométrie se déplace dans un tout autre ordre de grandeur, ce qui exclut les méthodes de mesures usuelles (tamis à mailles dans l'échelle des millimètres et des centimètres). Les **dimensions d'un grain de ciment** vont en effet jusqu'au millième et même jusqu'au dix-millième de millimètre.

3 Il n'est donc pas étonnant que la technique du ciment ait dû raffiner au plus haut degré ses procédés d'investigation.

Pour déterminer les dimensions des grains d'une farine de ciment, on utilise différentes méthodes:

1. **Essai de tamisage.** Les tamis à mailles les plus fins ne permettent toutefois que de retenir les fractions de grains d'un diamètre supérieur à $^1/_{15}$ de mm. Sur un tamis de ce genre, le résidu d'un ciment portland normal atteint environ 10 à 30 %. Le tamisage ne donne aucun renseignement sur la granulométrie du 70 à 90 % de ciment qui passe à travers les mailles. (Fig. 3.)

2. **Séparation par l'air.** Cette méthode est basée sur le principe qu'un vent de vitesse constante emporte toutes les plus fines particules jusqu'à une grosseur déterminée. On peut régler la vitesse de l'air jusqu'à pouvoir séparer les fractions de grains mesurant $^1/_{200}$ mm. de diamètre. Ce système permet donc d'examiner la plus grande partie de la farine de ciment, soit environ le 90 % de la matière pulvérulente. Dans les essais industriels, la séparation par l'air a donné d'excellents résultats, en particulier avec le procédé mis au point par F. Guye (voir bibl. — Fig. 4).

3. **Examen microscopique.** C'est une méthode compliquée qui exige beaucoup de patience et de temps; il faut compter et

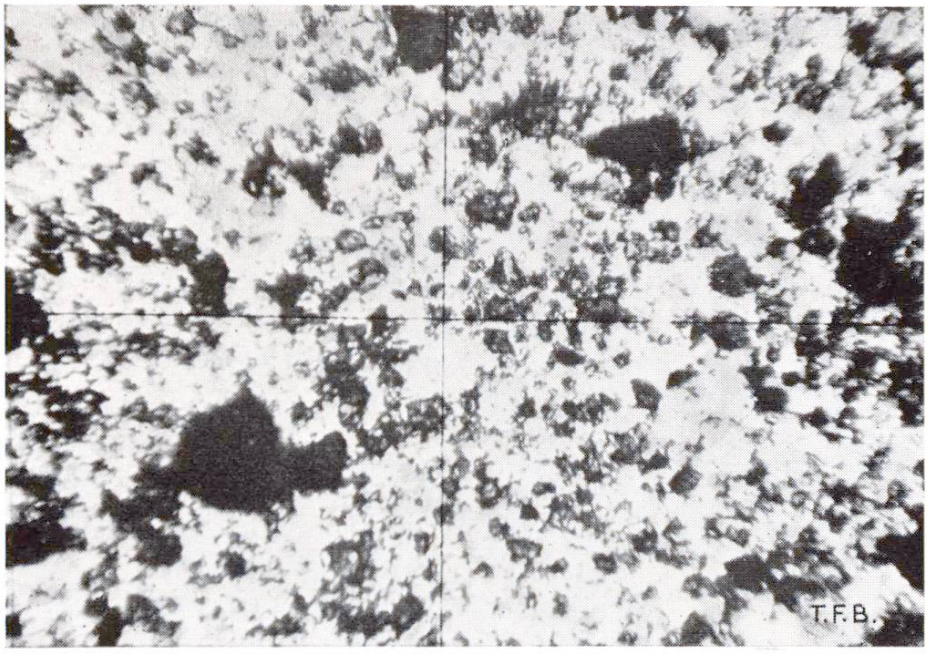


Fig. 2 Farine de ciment grossie 125 fois. Les particules les plus fines ne sont plus visibles au microscope

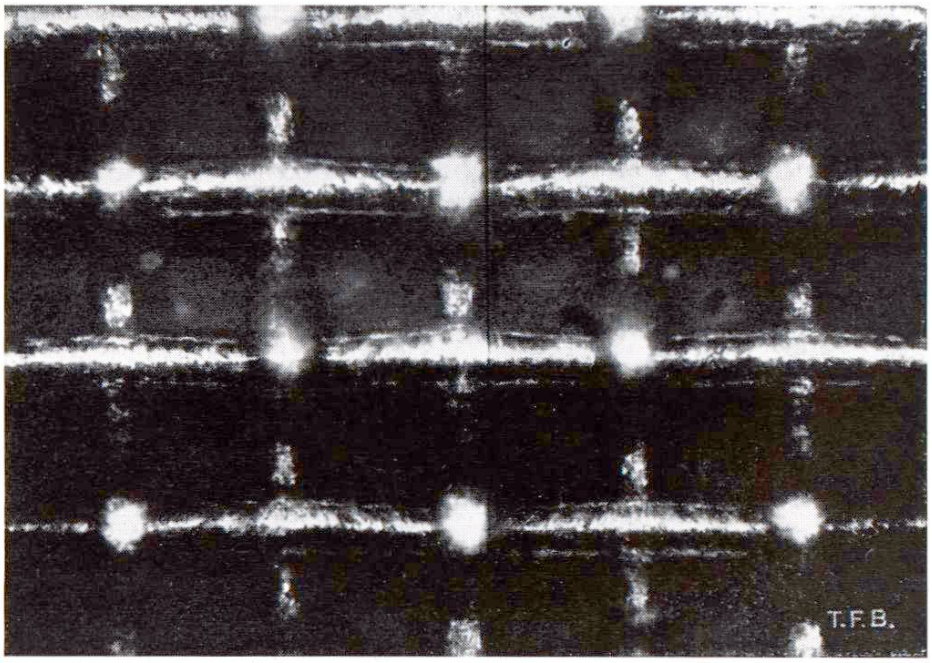


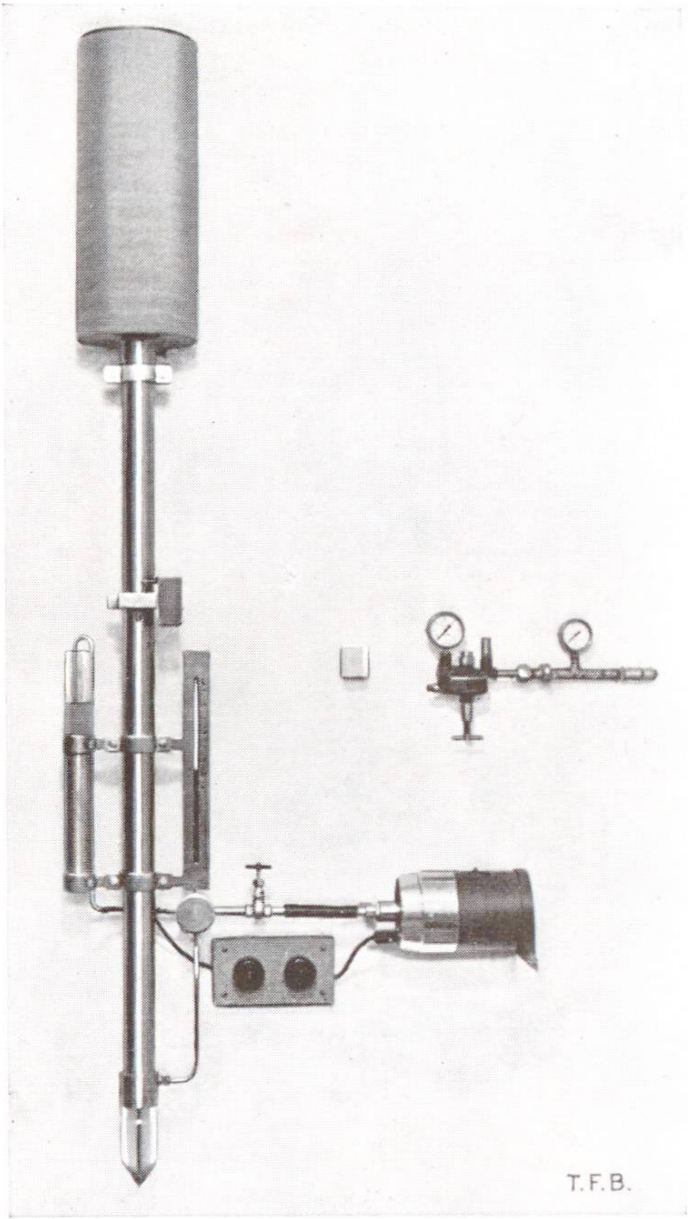
Fig. 3 Tamis d'essai à 4900 mailles par cm² grossissement 125 fois

mesurer les grains de ciment placés sous le microscope. On arrive ainsi à déceler des particules de $^1/_{1000}$ de mm. La mensuration est simplement limitée par la puissance du microscope. (Fig. 2.)

4. **Sédimentation et décantage.** Les procédés de sédimentation et de décantage sont basés sur le fait qu'un ciment en suspension dans un liquide (l'eau ne peut pas être employée à cause de sa réaction avec le ciment) dépose ses particules fines plus lentement que les grossières. En utilisant judicieusement cette propriété, on arrive donc à séparer les grains fins des grossiers en fractions mesurables. Dans le décantage, principe analogue à la séparation par l'air, les particules les plus fines sont emportées par un courant liquide ascendant de vitesse déterminée. La limite de ce procédé atteint l'ordre de grandeur de $^1/_{2000}$ de mm. Il existe encore un dispositif, l'appareil à pipette d'Andreasen (perfectionné par Esenwein, L.F.E.M. — voir fig. 5), qui ne sépare pas les diverses fractions mais qui permet de déterminer commodément la structure granulométrique.

Les granulométries obtenues par les méthodes précédentes (Exemple fig. 6) montrent qu'il y a des **parcelles encore plus fines** qui ont échappé à l'examen. Leur extraordinaire finesse les soustrait à l'investigation microscopique et l'analyse par sédimentation ne peut les déceler à cause de leur tendance à former des flocons. Il était donc intéressant de savoir si la courbe granulométrique se continuait jusque dans le domaine moléculaire ou si les grains les plus fins atteignaient un degré de division colloïdal.

Fig. 4 Séparateur à air d'après F. Guye. Au-dessous du tube du séparateur, on aperçoit le récipient contenant l'échantillon du ciment qui est soumis à l'essai.

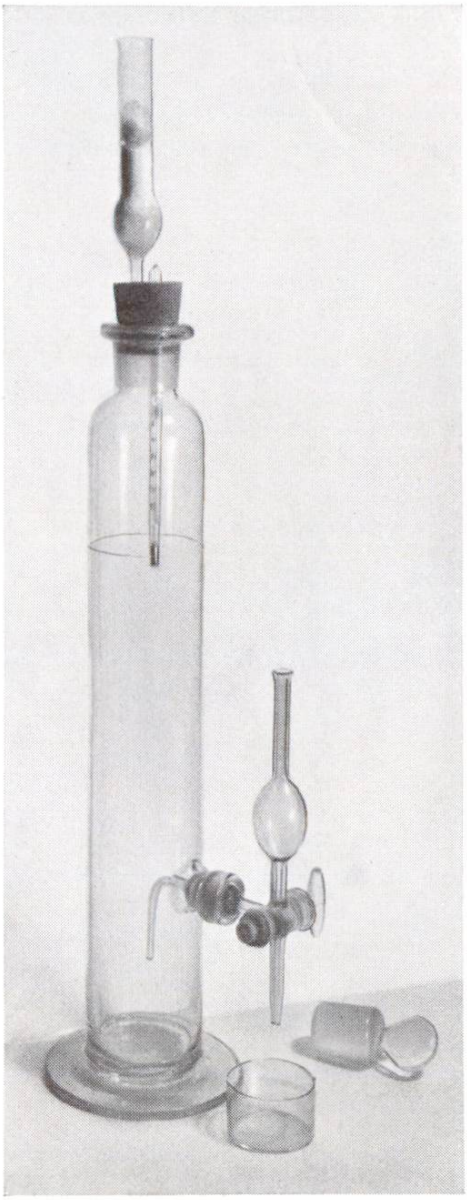


Les observations récentes faites avec le **microscope électronique** de M. d'Ardenne ont donné quelques renseignements à ce sujet (voir bibl. Haegermann). Avec un grossissement de 10 000, on a constaté que la structure granulométrique du ciment avait une limite inférieure proche du dix-millième de millimètre (voir fig. 7).

La différence relative entre les particules les plus fines et les grains les plus grossiers d'une farine de ciment est donc considérable. Le rapport moyen de leurs diamètres est d'environ 1 : 2000 et celui de leur poids de 1 : 8 milliards!

Chaque fraction de ciment a son importance. Tandis que les particules les plus fines donnent au ciment son pouvoir d'adhésion, sa cohésion, son onctuosité, etc., les particules moyennes sont déterminantes pour l'augmentation rapide des résistances. Les plus gros grains contribuent également à l'obtention des résis-

Fig. 5 Appareil à pipette d'après Andreasen (modifié par Esenwein). Sert à déterminer la granulométrie des matières pulvérulentes



tances initiales mais surtout au durcissement ultérieur, lent et régulier. Abstraction faite de la composition chimique et de certains facteurs, la finesse de mouture a donc une influence prépondérante sur le pouvoir de liaison du ciment. C'est pour cette raison que les **Normes pour les liants** lui imposent des conditions obligatoires. L'examen scientifique de la structure granulométrique a confirmé l'expérience acquise au cours de longs essais. Ces recherches ont prouvé qu'à chaque résidu déterminé sur le tamis correspond une granulométrie bien définie, ce qui veut dire que le résidu peut servir directement d'échelle de comparaison avec la granulométrie. (Loi de Rosin-Rammler.)

La figure 6 reproduit l'exemple typique d'une courbe granulométrique d'un ciment. On en déduit aisément les proportions des diverses fractions et la **grandeur moyenne du grain.** Elle varie autour d'$^1/_{40}$ de mm.

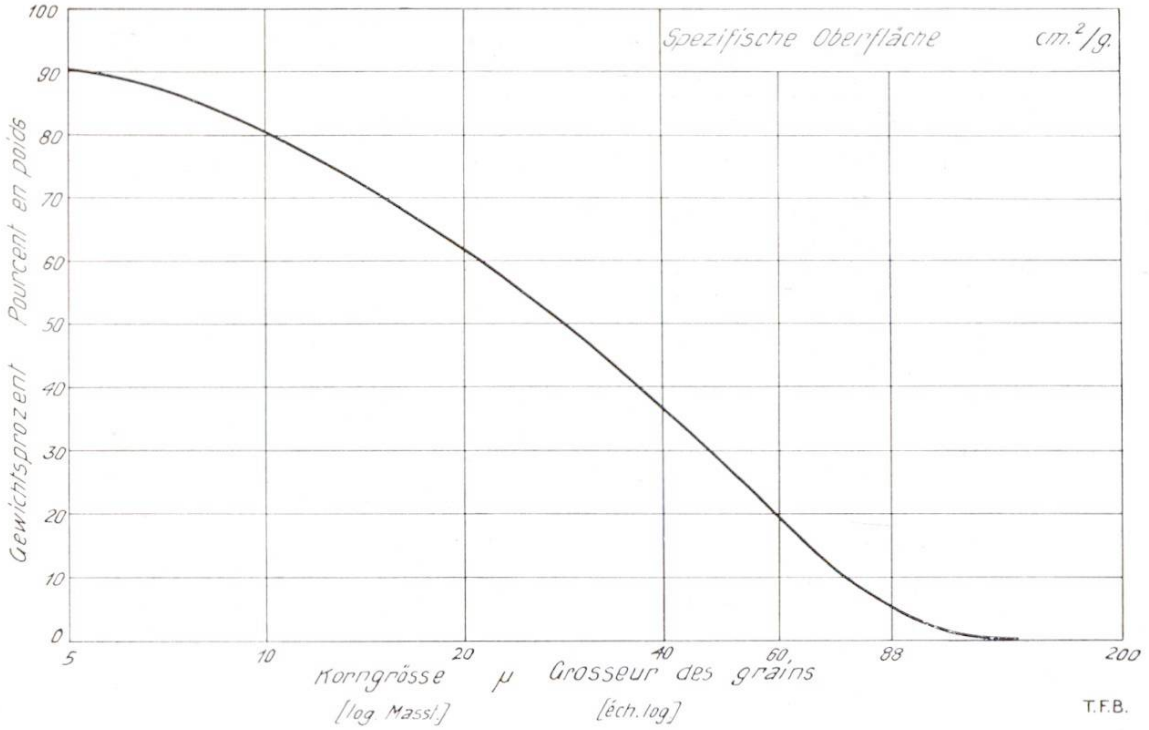


Fig. 6 Courbe granulométrique d'un ciment. Dimensions des grains en μ (micron = $^1/_{1000}$ mm)

En se basant sur le résultat de l'analyse granulométrique, on a essayé de calculer ce que l'on appelle la superficie « intérieure » de la farine de ciment. Même en faisant abstraction des particules les plus fines, le ciment possède une surface de réaction extrêmement grande qui dépasse 1000 m². par sac de 50 kg.

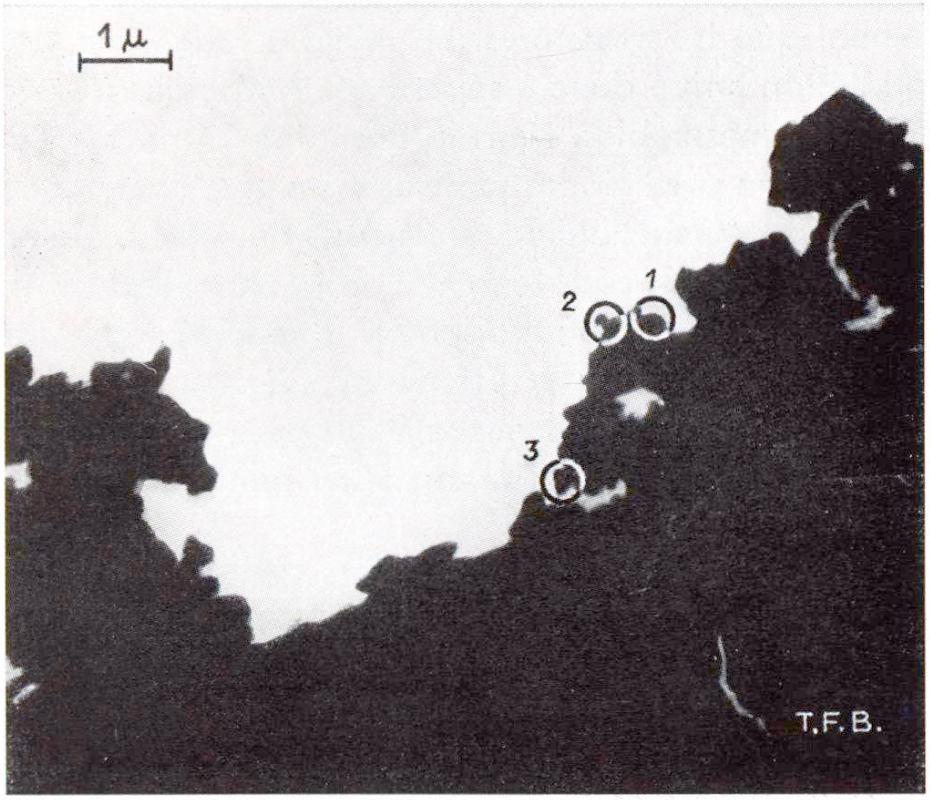


Fig. 7 Reproduction d'une micro-photographie de farine de ciment. Microscope électrique. Grossissement 10000. Sur les bords, on distingue, encadrées, les particules les plus fines. (de Haegermann, Zement 1942, p. 442)

Bibliographie:

H. Gessner: L'analyse par décantage, recherches colloïdales en contributions séparées, tome 10.

F. Guye: Détermination de la finesse du ciment au moyen du séparateur à air. Zement 1941, p. 145.

Anon.: Détermination des grosseurs de particules dans la gradation des matières pulvérulentes. Revue des Mat. de Constr. 1939, p. 215.

V. Sevieri: L'analyse granulométrique du ciment. Tonind. 1935, p. 401.

H. J. Harkort: Collection bibl. servant à la détermination de la surface spécifique des matières pulvérulentes et en particulier des ciments portland, Zementverlag 1941.

G. Haegermann: Ordre de grandeur des plus fines particules du clinker de ciment portland moulu. Zement 1942, p. 441.

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES DE L' E. G. PORTLAND
WILDEGG, Téléphone 8 43 71

607/689 s/43