

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Band: 58-59 (1990-1991)
Heft: 7

Artikel: Composition granulométrique du granulat et propriétés du béton
Autor: Meyer, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-146236>

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: 13.10.2024

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

BULLETIN DU CIMENT

JUILLET 1990

58e ANNEE

NUMERO 7

Composition granulométrique du granulat et propriétés du béton

Propriétés déterminantes des granulats. Comment déterminer la composition granulométrique. Exemples

Il est connu que les propriétés du béton dépendent de ses composants et des proportions du mélange. Pour la fabrication du béton, on fixe toujours ces proportions dans le projet de mélange. Les composants du béton sont le ciment, l'eau, le granulat et les additifs. Chacun de ces composants est à son tour décrit selon des caractéristiques déterminées relevant de la technologie du béton. Le granulat le plus fréquemment utilisé est la *grave*, que l'on caractérise selon:

- les propriétés de la roche (densité apparente, résistance mécanique, dureté, résistance à l'abrasion, porosité, pouvoir hygroscopique, résistance au gel, résistance aux alcalis)
- la forme des grains et la nature de leur surface
- la grosseur maximum des grains (diamètre comme valeur prescrite)
- la composition granulométrique

Les *roches* de la plupart des granulats suisses conviennent pour les performances requises du béton. Il faut éventuellement prendre en considération leur teneur en roches tendres (voir [1], essai no 14). Des essais portant sur certaines propriétés précises des roches ne sont nécessaires que si le béton doit témoigner de propriétés particulières, ou si l'on s'écarte des gisements connus.

2



Fig. 1 Classe granulaire 0/4 mm (sable)



Fig. 2 Classe granulaire 4/8 mm

Fig. 3 Classe granulaire 8/16 mm



Fig. 4 Classe granulaire 16/32 mm



- 3 La *forme des grains* influence la maniabilité ou la masse volumique apparente du béton. Les grains ronds et arrondis permettent un bon compactage. Les plats et les colonnaires s'entassent de façon moins compacte, et exigent donc une plus grande proportion de fines pour un compactage parfait. En dehors de ces granulats naturels, on utilise également des granulats concassés, ce qui influence la maniabilité et la résistance mécanique.

Le *diamètre maximum des granulats* peut être choisi en principe librement, et doit être fixé par l'ingénieur projeteur. Il ne doit pas dépasser un tiers de la plus petite dimension de l'élément de construction. Il faut en outre le choisir en fonction de la forme de l'élément de construction et de l'espacement des barres d'armature. Sauf indications spéciales, il est de 32 mm. Les dérogations à cette valeur doivent être mentionnées dans les soumissions et les plans.

Par *composition granulométrique*, on entend la proportion de chacune des classes granulaires de l'ensemble du granulat. Une classe granulaire, également dite fraction, ne comprend que des grains d'une grosseur se situant entre deux diamètres déterminés, par exemple entre 4 et 8 mm (4/8 en abrégé). Les limites usuelles sont 0, 4, 16, 32, 63, 125 mm (voir fig. 1–4). Pratiquement, on trouve dans chaque classe granulaire quelques grains plus petits ou plus gros. On parle alors de déclassé inférieur ou de déclassé supérieur. Les grains de la fraction 0/4 sont appelés sable, et ceux de la fraction 4/8 gravier fin ou gravier rond. Gravillon désigne les granulats concassés de la classe granulaire > 4 mm. Ces désignations ne sont toutefois pas normées de façon uniforme. C'est pourquoi il faut toujours indiquer également les valeurs numériques voulues et, en particulier, s'il s'agit d'une fraction ou d'un mélange.

La composition granulométrique – ou granulométrie – donne une indication sur le degré de compacité que peut avoir un mélange. Elle est déterminée par tamisage et représentée par une courbe granulométrique. On peut ainsi comparer des granulats de différents gisements. On utilise à cet effet des tamis normalisés à ouvertures carrées (mailles ou trous) dont les longueurs de côté concordent avec les limites citées plus haut, et on mesure le refus des tamis (par pesage, en % de la masse, voir [1], essai no 11). La somme des refus donne la masse de chacune des classes granulaires. Le rapport entre l'ouverture des tamis et le tamisat est consigné sous forme de courbe de la somme des tamisats. Ainsi par exemple, une courbe granulométrique avec point d'intersection 23% à 2 mm signifie: 23% de ce granulat est composé de grains de diamètre inférieur à 2 mm, et 77% de grains de diamètre supérieur.

4 Pour obtenir un béton utilisable, il importe de façon générale que les valeurs caractéristiques soient dans leur ensemble aussi équilibrées que possible. Les gisements naturels ne fournissent pas de grave d'une uniformité suffisante. C'est pourquoi, pour la fabrication du béton, on lave la grave, on la trie par classes granulaires, et on la remélange ensuite selon une granulométrie déterminée.

Les granulats doivent être *propres*. Cette exigence est doublement importante. D'une part, la propreté de la surface de chacun des grains doit permettre une adhérence optimale entre grain et ciment durci et, d'autre part, le mélange granulaire ne doit pas comprendre une fraction de fines non appropriée. Dans la granulométrie, on appelle «fines» les grains de $\varnothing < 0,125$ mm. Pour le béton à performances particulières, on limite la teneur en fines du mélange. Un simple prélèvement à la main ou un essai de sédimentation (voir [1], essai no 12) permet de déterminer rapidement si une roche est suffisamment propre, ou si d'autres essais sont nécessaires. La propreté concerne également les impuretés organiques des granulats décelées par procédé chimique (voir [1], essai no 15).

Comment déterminer la composition granulométrique

La composition granulométrique doit être optimisée en considération des propriétés voulues du béton. On a donc tenté de trouver une courbe granulométrique idéale, applicable de façon générale et pouvant être décrite par une formule mathématique. Mais il s'est révélé qu'il n'était pas possible d'indiquer une courbe unique, mais seulement un fuseau granulométrique qui convienne. Ce fuseau est délimité par deux courbes (voir p. ex. norme SIA 162 [1968]). Il est stipulé dans cette norme que pour un béton à haute résistance ou un béton spécial la courbe granulométrique du granulat devrait se situer entre ces deux courbes.

Selon la norme SIA 162 révisée (1989), la *courbe granulométrique peut être choisie librement* de nouveau pour la fabrication du béton. La composition granulométrique ne doit pas être axée en priorité sur une courbe normée, mais sur le granulat à disposition et sur les performances requises du béton. Il faut en outre déterminer ses propres courbes granulométriques idéales pour les diverses sortes de béton, sur la base d'essais préliminaires. Ce n'est qu'à défaut d'essais préliminaires que les courbes granulométriques doivent se situer à l'intérieur de limites normées. La norme donne des valeurs numériques pour les granulats du diamètre maximum usuel de 32 mm. Pour des valeurs numériques se rapportant aux granulats de tout autre diamètre maximum, on peut en revenir aux formules valables jusqu'ici.

5 Avec ce règlement, les priorités pour la composition granulométrique se retrouvent fixées comme elles l'étaient à l'aube de la technologie du béton. Les prescriptions formulées en 1909 disaient en effet: «On déterminera par des essais le mélange de sable et de gravier qui donne le béton le plus compact. A défaut de ces essais, il convient d'adopter la proportion de 1 volume de sable à 1 1/2 ou 2 volumes de gravier.» [3]

Pour déterminer la composition granulométrique, il faut donc *procéder comme suit* [4]:

1. Prendre note du diamètre maximum des granulats figurant dans les plans de l'ingénieur projeteur.
2. Estimer le rapport gravier:sable (p.ex. $x\% > 4\text{ mm}$ à $y\% < 4\text{ mm}$).
3. Contrôler les fines existantes.

On relie alors ces trois points par une ligne aussi continue que possible. Cette ligne est ensuite modifiée sur la base d'essais préliminaires jusqu'à ce que l'on ait trouvé la courbe granulométrique idéale pour les performances requises du béton. Concernant les fines, il faut tenir compte de ce que la maniabilité du béton n'est pas influencée par la teneur en fines seulement, mais avant tout par la granulométrie de ces fines. Seules les fines dont le degré de finesse correspond à celui du liant sont efficaces [5].

La norme ne prescrivant plus de courbe granulométrique obligatoire, on pourrait croire qu'elle va porter préjudice à la qualité. Mais pour la qualité du béton, il est plus important de conserver des *valeurs constantes*. C'est pourquoi il est prescrit dans la norme SIA 162 (1989) que les courbes granulométriques doivent être contrôlées périodiquement et que leur dispersion doit se situer dans des limites chiffrées (art. 5 14 23).

Exemples

Les conséquences *d'écart de la composition granulométrique*, telles qu'elles peuvent être évaluées d'après des essais en laboratoire, vont être démontrées à l'aide de cinq exemples simples. Paramètres constants pour les cinq mélanges d'essai: la provenance du granulats (même sable!), le dosage en ciment (300 kg CP/m^3), la consistance et la mise en œuvre.

Aucun additif n'a été utilisé. Chacune des courbes granulométriques a été variée. Les caractéristiques du béton frais mesurées sont la masse volumique apparente, la teneur en air et l'étalement, et celle

6

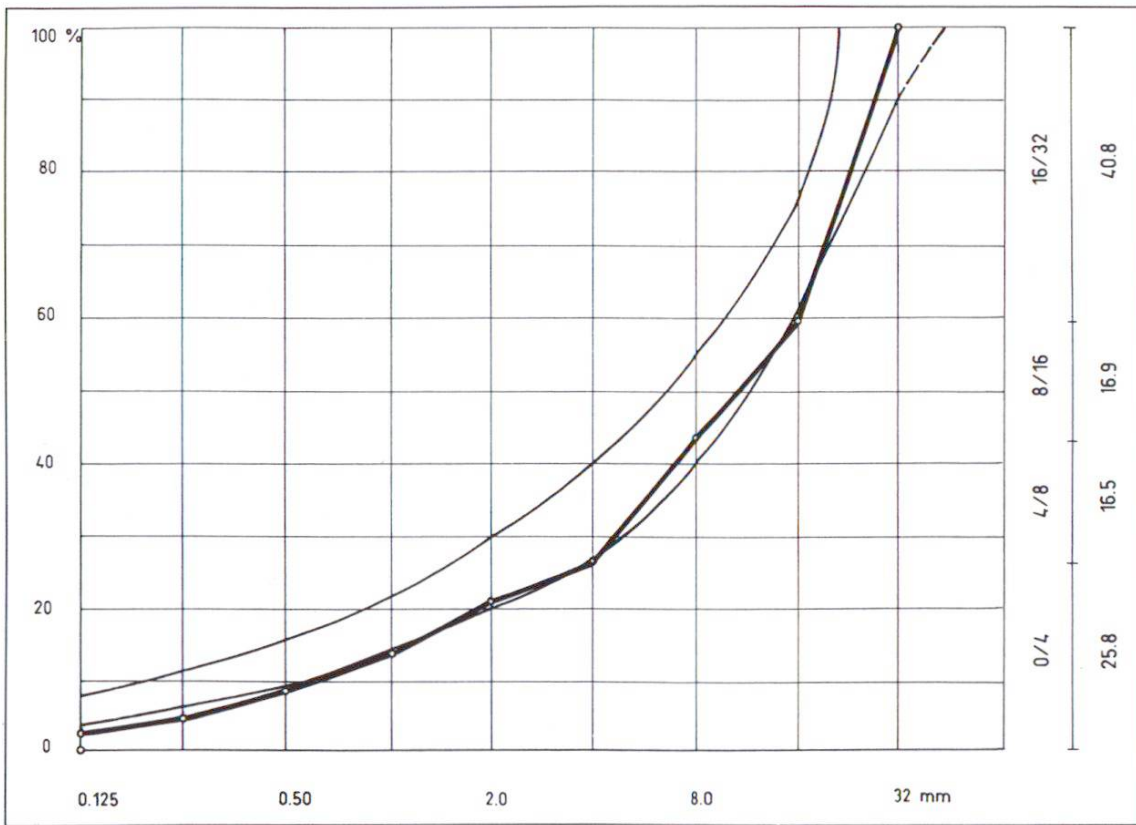


Fig. 5a Mélange d'essai A. Courbe granulométrique constante avec faible fraction de sable. Abscisses: ouverture des tamis. Ordonnées: tamisat en % de la masse. Le fuseau granulométrique selon la norme SIA 162 (1989) est également dessiné

A

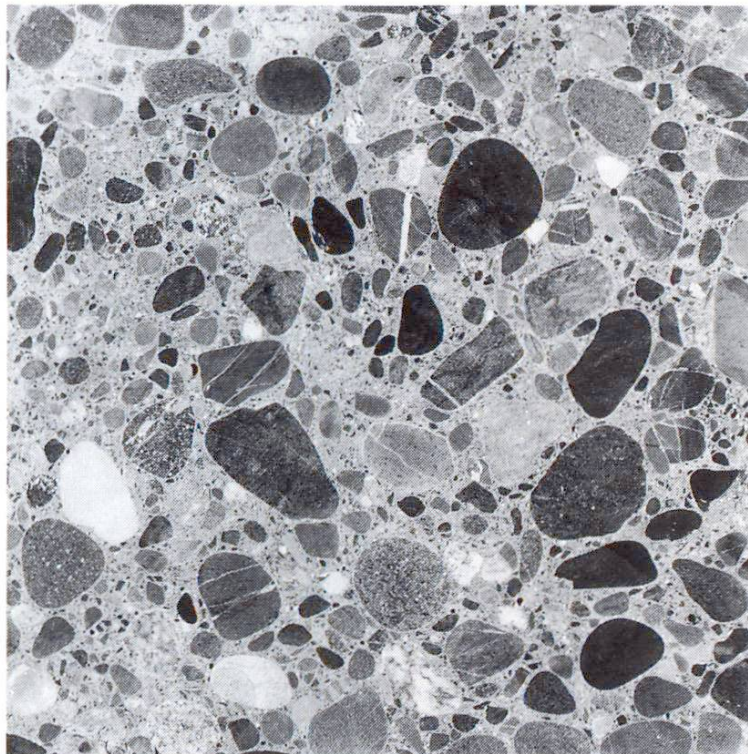


Fig. 5b Structure du béton correspondant à la courbe granulométrique A (coupe sciée)

7

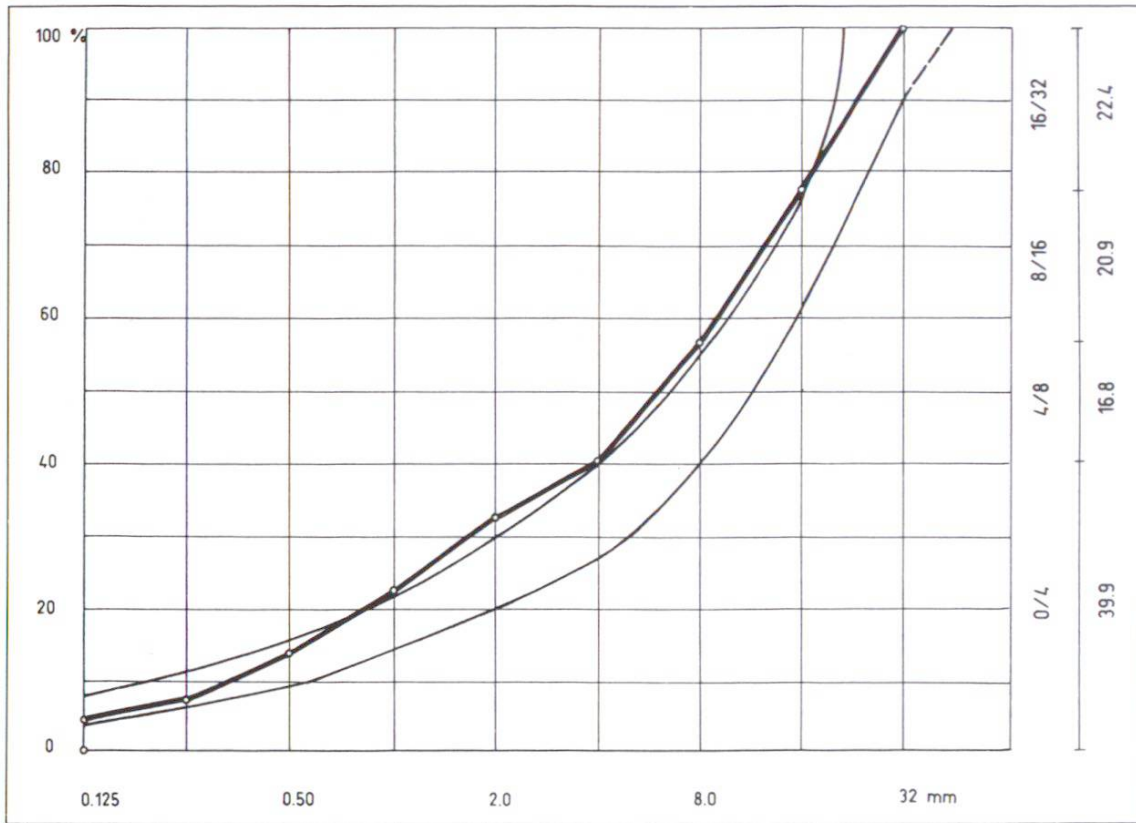


Fig. 6a Mélange d'essai B. Courbe granulométrique constante avec plus grande fraction de sable

B

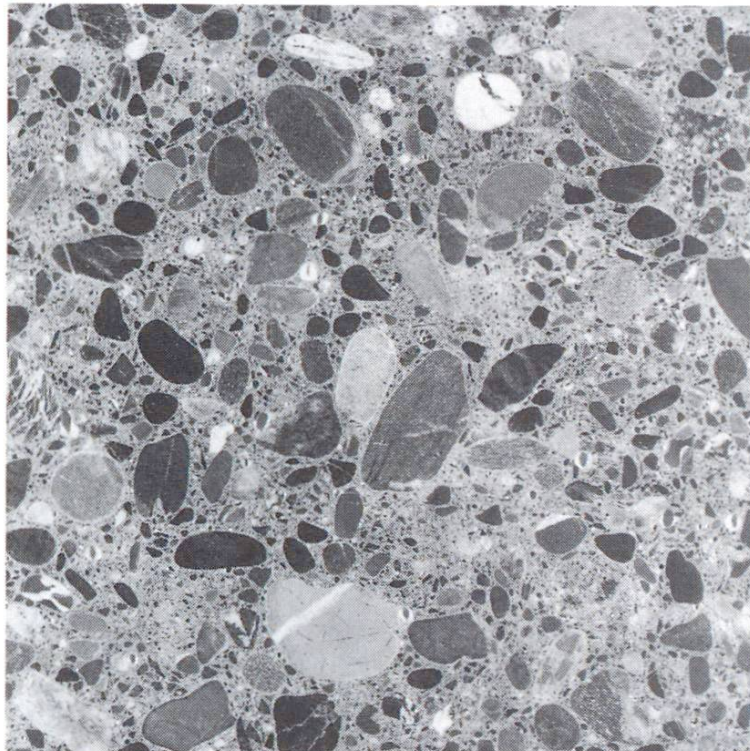


Fig. 6b Structure du béton correspondant à la courbe granulométrique B (coupe sciée)

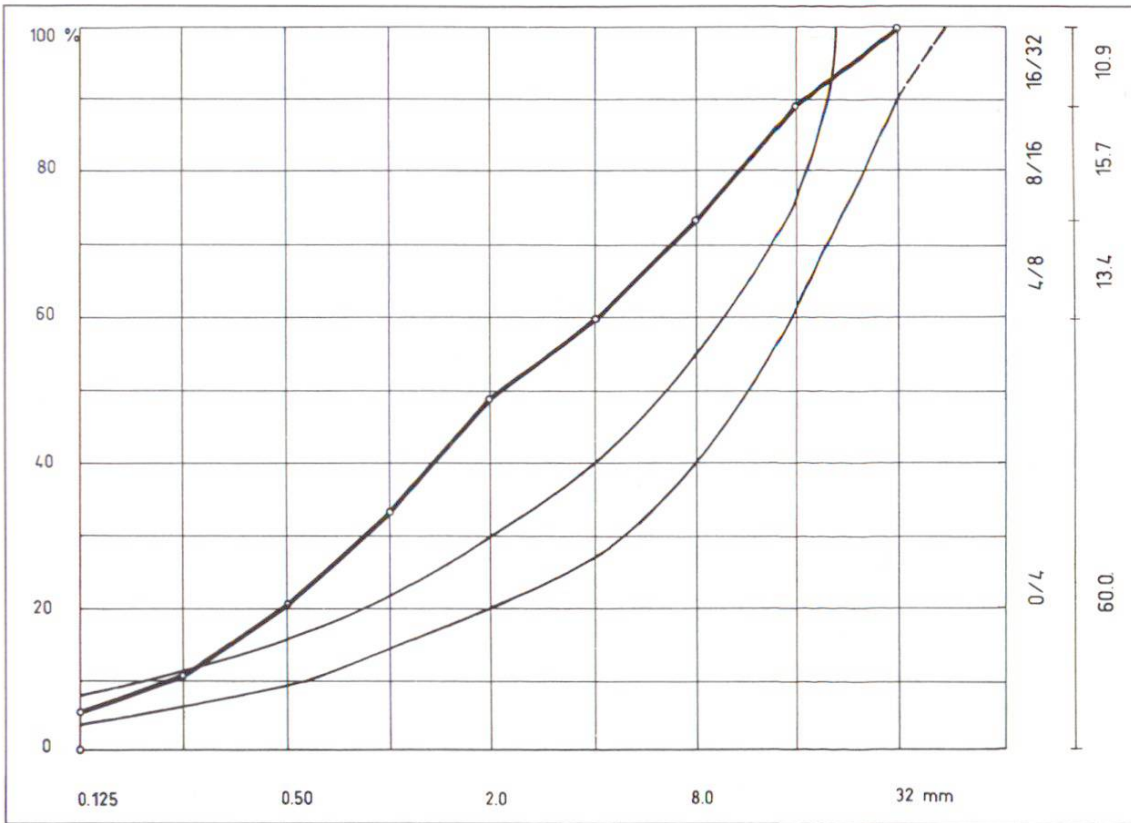


Fig. 7a Mélange d'essai C. Mélange riche en sable, situé en dehors du fuseau granulométrique recommandé

C

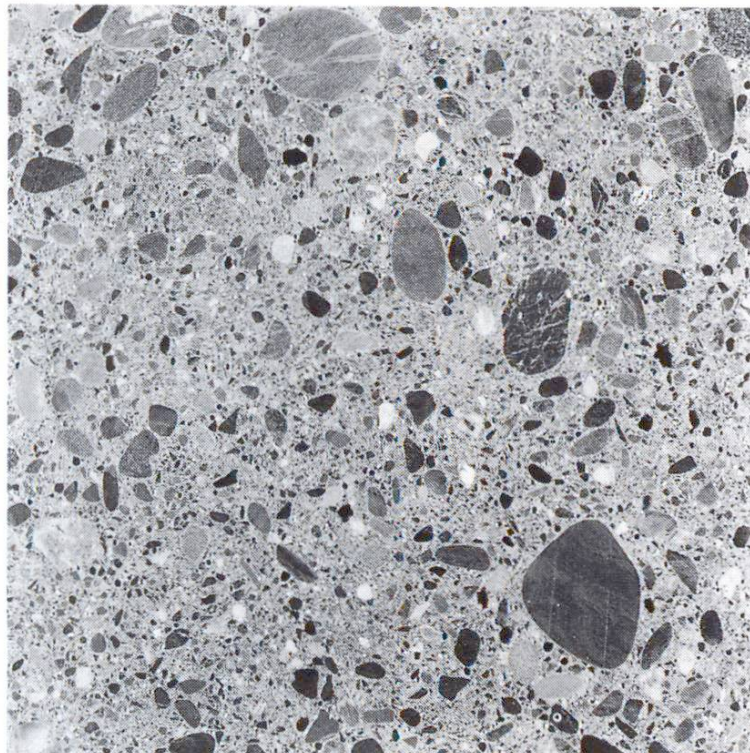


Fig. 7b Structure du béton correspondant à la courbe granulométrique C (coupe sciée)

9

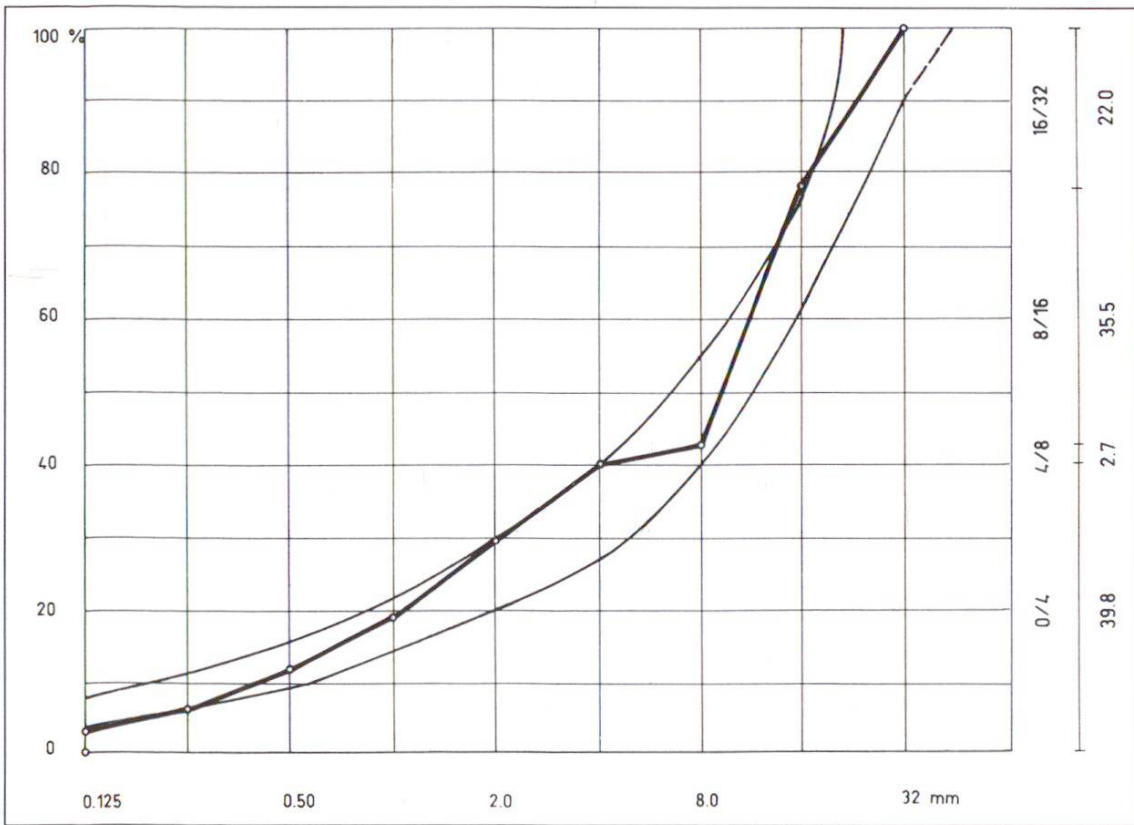


Fig. 8a Mélange d'essai D. Courbe avec granulométrie discontinue. La classe granulaire 4/8 n'a pas été intégrée au mélange. Les grains de 4 et 8 mm tout de même présents sont des déclassés inférieurs ou supérieurs des autres classes granulaires

D

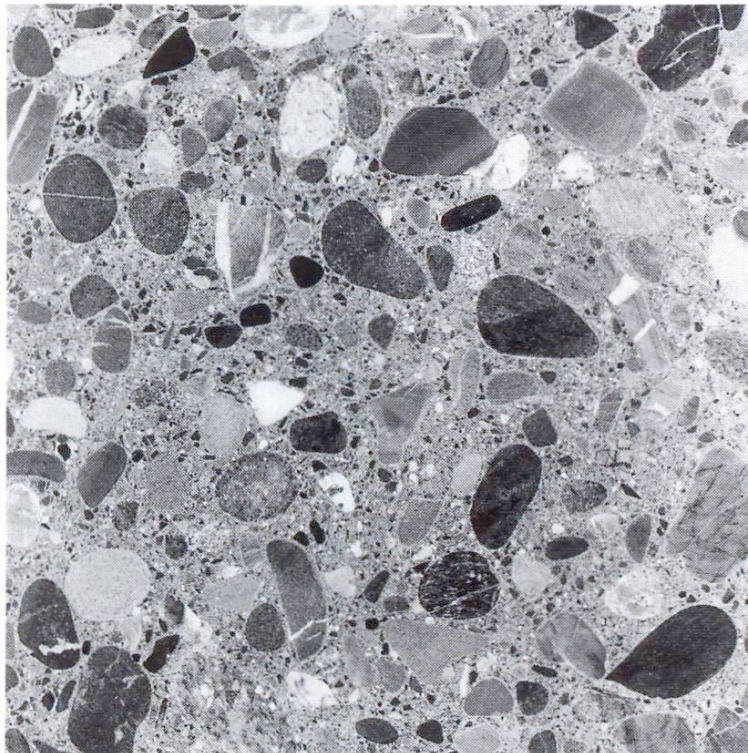


Fig. 8b Structure du béton correspondant à la courbe granulométrique D (coupe sciée)

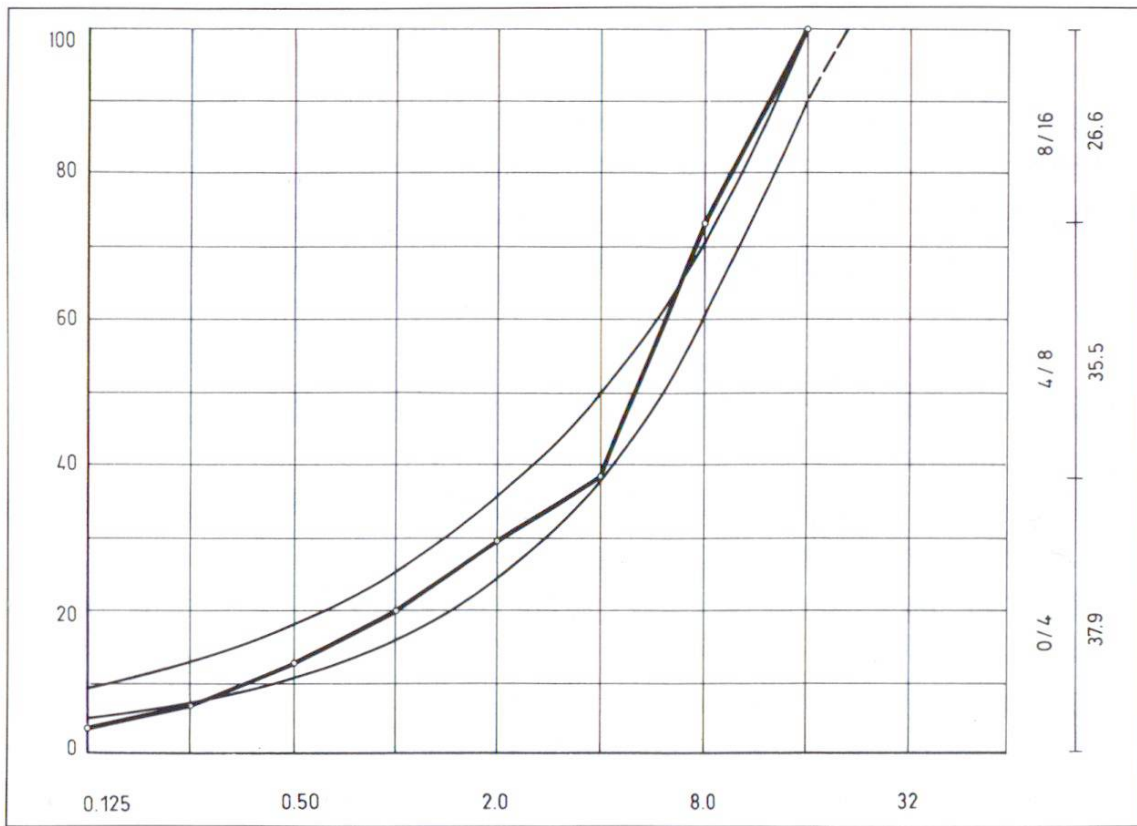


Fig. 9a Mélange d'essai E. Courbe granulométrique constante pour un granulat de diamètre maximum de 16 mm. Le fuseau granulométrique n'est plus normé pour ce diamètre maximum de granulat. Pour la comparaison, on a dessiné le fuseau granulométrique au moyen des formules selon la norme SIA 162 (1968)

E

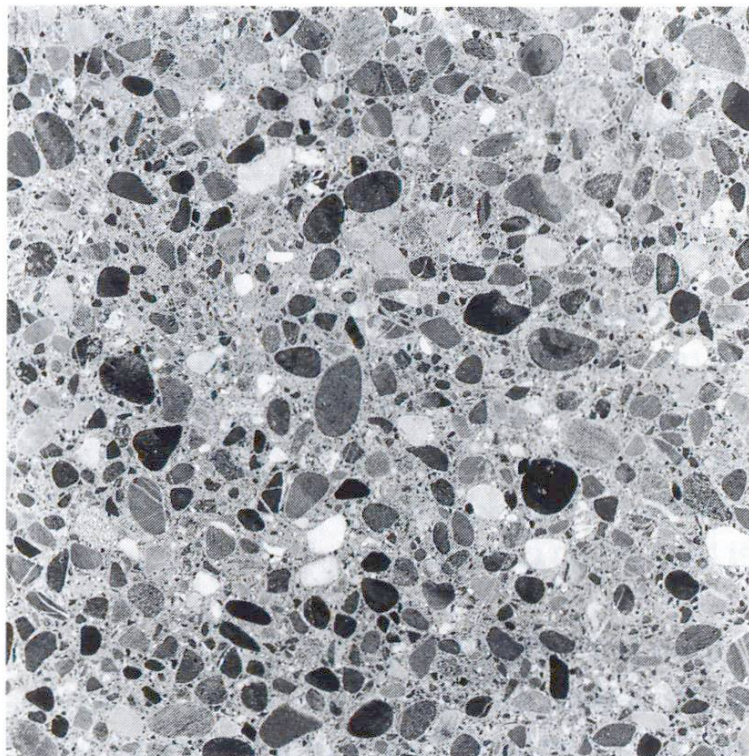


Fig. 9b Structure du béton correspondant à la courbe granulométrique E (coupe sciée)

11 Tableau 1 Résultats des essais

Mélanges d'essai		A	B	C	D	E	
Granulat							
Composition (sec)							
Sable:	0–4 mm	% masse	25,8	39,9	60,0	39,8	37,9
	4–8 mm	% masse	16,5	16,8	13,4	2,7	35,5
Gravier:	8–16 mm	% masse	16,9	20,9	15,7	35,5	26,6
	16–32 mm	% masse	40,8	22,4	10,9	22,0	–
Eau de gâchage							
Quantité		l/m ³	150	174	198	165	174
Facteur eau/ciment		–	0,50	0,58	0,66	0,55	0,58
Béton frais							
Masse vol. apparente		kg/m ³	2476	2449	2399	2475	2447
Teneur en air		% volume	0,7	0,8	1,6	0,8	0,8
Etalement		cm	42	43	41	42	42
Béton durci							
Masse vol. apparente		kg/m ³	2455	2388	2325	2435	2412
Résist. à la compr.	f_{cwm}	N/mm ²	37,0	34,4	26,7	33,3	34,7
	Δf_{cw}	N/mm ²	3,2	4,6	2,9	6,4	2,1
Classe de béton		B	35/25	30/20	25/15	30/20	30/20

Ces essais ont été effectués en avril/mai 1990.

du béton durci, la masse volumique apparente et la résistance à la compression sur cube après 28 jours (voir tableau 1). Pour que l'influence sur la structure du béton soit visible, on a en outre scié un cube de chacun des mélanges (voir fig. 5b–9b).

A prendre en considération concernant la classe de béton: les valeurs ont été calculées d'après huit cubes pour chacun des mélanges. Comme il s'agit d'essais en laboratoire avec un seul mélange par granulométrie, leur dispersion est minime. Dans la pratique, cette dispersion va augmenter, car il faudra prendre des éprouvettes de différents mélanges, de sorte que ce béton passera éventuellement dans une classe inférieure.

12 Des mélanges plus riches en sable exigent une plus grande quantité d'eau s'ils doivent avoir la même consistance. La masse volumique apparente et la résistance mécanique s'en trouvent amoindries. Des granulométries discontinues ou des modifications du diamètre maximum des granulats réduisent légèrement la résistance mécanique, mais peuvent influencer favorablement d'autres propriétés du béton.

La composition granulométrique du granulat est une des diverses caractéristiques du mélange de béton. Pour la fabrication du béton, on doit la déterminer de façon à obtenir un optimum entre le granulat à disposition et les performances requises du béton.

Bruno Meyer

Bibliographie

- [1] Norme SIA 162/1 (1989): Ouvrages en béton/Essai des matériaux. Zurich: Société suisse des ingénieurs et des architectes
- [2] L'ENV 206 «Ouvrages en béton» fixe cette limite à 4 mm.
- [3] Commission suisse du béton armé (1909): «Règlement sur les constructions en béton armé», art. 12. Bulletin technique de la Suisse romande, 10 octobre 1909, p. 247. Le rapport de mélange est toutefois indiqué aujourd'hui en % de la masse.
- [4] Trüb, U. (1989): Baustoff Beton, 3e édition. Wildegg: TFB
- [5] TFB Wildegg (1986): «Le rôle des fines dans le béton». Bulletin du ciment no 6

Traduction française: Liliane Béguin

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
Case postale
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Téléphone 064 53 17 71
Téléfax 064 53 16 27