

Analyse granulométrique des granulats

Autor(en): **Hermann, Kurt / Egmond, Bram van**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **64 (1996)**

Heft 6

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146401>

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

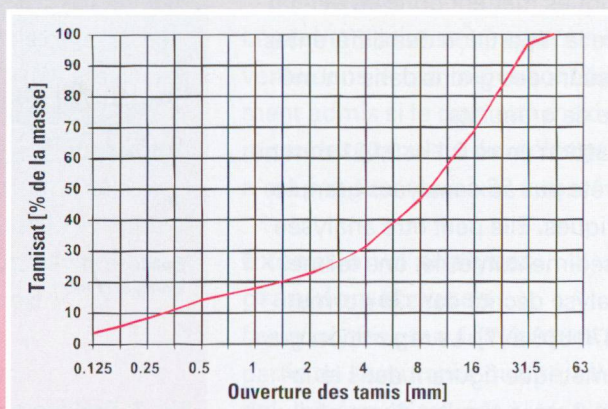
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Analyse granulométrique des granulats

La composition granulométrique des granulats influe fortement sur les propriétés du béton frais et du béton durci. On la représente sous forme de courbes granulométriques, qui sont le résultat d'analyses granulométriques.

Quantitativement, les granulats constituent le principal composant du béton. Il n'est donc pas étonnant que leurs propriétés exercent une grande influence sur le béton. La répartition granulométrique – déterminée par l'analyse granulométrique – ainsi que la forme, la surface et le diamètre maximal des grains, ont une importance primordiale. Les exigences auxquelles doivent répondre les granulats pour la fabrication du béton sont énumérées dans la norme SIA 162 [1], sous chiffre 5.14, alors que les essais 11 à 15 décrits dans la norme SIA 162/1 [2] concernent l'analyse granulométrique, ainsi que d'autres examens des granulats. Plusieurs normes VSS contiennent également des

Fig. 1 La courbe granulométrique sous forme d'interprétation graphique de l'analyse granulométrique présentée en résumé dans le tableau 1.



chapitres qui, directement ou indirectement, sont en relation avec l'analyse granulométrique [3–7].

On utilise pour les analyses granulométriques des tamis à ouverture

définie (ouverture des trous ou des mailles). Les ouvertures de tamis usuelles sont données dans la figure 1, sur l'axe horizontal. En commençant par le tamis supérieur, c'est-à-dire le tamis à la plus grande ouverture, on détermine pour chaque tamis le refus en gramme, et partant de là, en pour cent de la masse totale. En soustrayant le refus sur le tamis à ouverture immédiatement supérieure, on obtient le tamisat du tamis concerné, en g ou en % de la masse. L'illustration qui en est donnée dans le tableau 1 se rapporte à une analyse granulométrique pour des granulats 0–32 mm. Ces résultats constituent la base pour représenter la granulométrie d'un mélange de granulats sous forme de courbes granulométriques

Tamis [mm]	Refus [g]	[% de la masse]	Tamisat [g]	[% de la masse]
45	–	–	11400	100
31,5	456	4	10944	96
16	3192	28	7752	68
8	2508	22	5244	46
4,0	1778	15,6	3466	30,4
2,0	889	7,8	2577	22,6
1,0	479	4,2	2098	18,4
0,50	456	4,0	1642	14,4
0,25	661	5,8	981	8,6
0,125	502	4,4	479	4,2
< 0,125	479	4,2	0	0

Tab. 1 Résultat et interprétation d'une analyse granulométrique de 11 400 g de granulats 0–32 mm.

(voir *figure 1*). Les courbes granulométriques mettent donc en évidence la répartition des différentes grosseurs des grains dans un mélange de granulats.

La fraction entre 0,1 et 0,001 mm ne se prête pas aux analyses granulométriques. Elle peut être analysée par sédimentométrie, une forme d'analyse décrite dans la norme SN 670 816 a [7]. La répartition granulométrique figurant dans le *tableau 2* est le résultat d'une sédimentométrie. On a analysé la fraction de < 0,125 mm de diamètre des grains, qui résultait de l'analyse granulométrique du mélange de granulats décrit dans le *tableau 1*. Le tamisage d'un mélange de granulats ne donne aucune information sur la forme des grains et sur les impuretés organiques, dont l'influence sur les propriétés du béton frais et du béton durci ne doit pas être sous-estimée. Ces propriétés sont définies selon la norme SN 670 710 d [3] ou la norme SIA 162/1 [2].

Echantillons partiels pour analyses granulométriques

Aussi bien le fournisseur des granu-

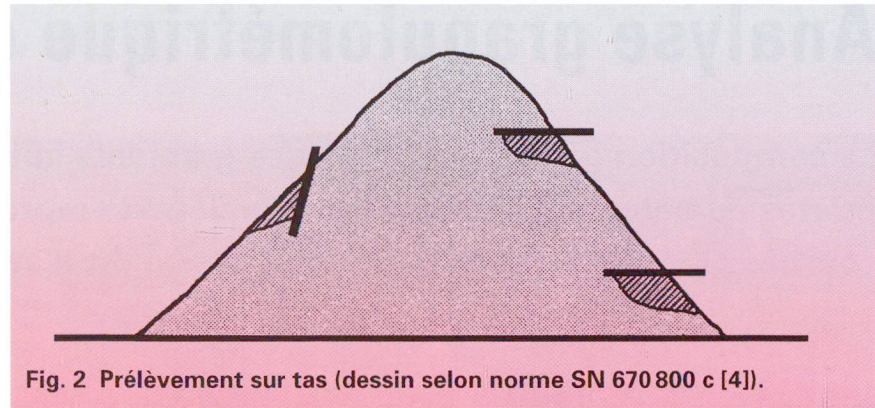


Fig. 2 Prélèvement sur tas (dessin selon norme SN 670 800 c [4]).

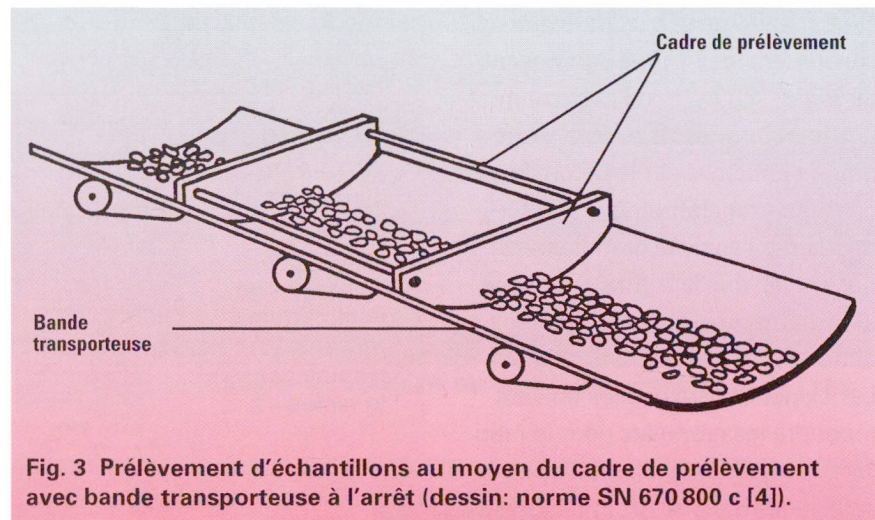


Fig. 3 Prélèvement d'échantillons au moyen du cadre de prélèvement avec bande transporteuse à l'arrêt (dessin: norme SN 670 800 c [4]).

lats que le fabricant du béton ont intérêt à fournir des échantillons de granulats représentatifs pour l'exécution d'analyses granulométriques et d'autres examens de laboratoire. Des indications concernant le prélèvement des granulats se trouvent dans la norme SIA 162/1 [2], ainsi que dans la norme SN 670 800 c [4]. On distingue en principe entre échantillon partiel, échantillon d'ensemble, échantillon de laboratoire et échantillon d'analyse. On effectue généralement au moins trois prélèvements partiels à des endroits appropriés du matériau à examiner. Les

prélèvements doivent être autant que possible de même grandeur. Leur masse minimale dépend du diamètre maximal nominal des grains. Elle va de 2 kg pour des granulométries jusqu'à 4 mm, à 15 kg pour des granulométries jusqu'à 63 mm.

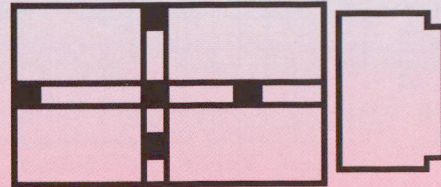
En présence de granulats minéraux tendant à la ségrégation, il faut, selon la norme SN 670 800 c [4], prélever les échantillons partiels à différentes hauteurs si le prélèvement est fait sur un tas, «de préférence au quart, à la moitié et aux trois quarts de la hauteur» (voir *figure 2*).

Les prélèvements à partir d'une bande

Diamètre des grains [mm]	0,0015	0,0032	0,0050	0,0083	0,0142	0,0242	0,0377	0,0516	0,0672
Pourcentage massique	0,5	0,8	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	2,9	3,8

Tab. 2 Résultats d'une sédimentométrie.

Fig. 4 Endroits de prélèvement d'échantillons sur camion (dessin: norme SN 670 800 c [4]).



transporteuse peuvent être effectués soit avec bande à l'arrêt (*figure 3*), soit à la sortie de la bande. Dans le premier cas, il faut isoler l'échantillon au moyen d'un cadre de prélèvement et le récupérer en totalité dans un récipient à l'aide d'outils appropriés. Si les prélèvements sont effectués à partir d'une bande transporteuse en marche, le récipient collecteur doit être grand et profond, afin qu'il n'y ait pas de matériau perdu.

Lors du transport, les vibrations entraînent les grains les plus fins vers le fond. C'est pourquoi, en cas de prélèvements à partir d'un camion, il ne faut pas prélever d'échantillons partiels à la surface. Les prélèvements doivent être effectués si possible avant le chargement ou après le déchargement. Des échantillons prélevés à partir d'un camion, selon *figure 4*, sont toutefois admis dans les cas exceptionnels suivants:

- granulats jusqu'à 11 mm de diamètre maximum
- granulométries uniques
- granulats jusqu'à 32 mm de diamètre maximum ne présentant pas de ségrégation

De l'échantillon partiel à l'échantillon d'analyse

On obtient l'échantillon d'ensemble en réunissant les échantillons partiels et en les mélangeant bien.

L'échantillon d'ensemble doit rassembler une quantité de matière au moins égale à 1,5 fois celle nécessaire à la réalisation des essais prévus. Il correspond généralement aussi à l'échantillon de laboratoire qui est envoyé à l'organe de contrôle. Il doit être identifié avec précision. Les indications suivantes sont au moins nécessaires:

- commettant
- type d'échantillon
- fournisseur et provenance
- lieu, date et heure du prélèvement
- essais à effectuer
- nom de la personne qui a effectué le prélèvement

Les échantillons d'analyse nécessaires pour les différents essais prévus sont réalisés au laboratoire à partir de l'échantillon de laboratoire. On utilise en général ce qu'on appelle la «méthode des quarts», qui comprend les opérations mentionnées ci-après:

- sur une surface appropriée, remuer plusieurs fois l'échantillon à la pelle, puis le mettre en tas conique;
- aplatir le cône;
- le diviser en quarts suivant deux diamètres perpendiculaires;
- éliminer totalement le matériau de deux quarts opposés;
- répéter l'opération de mélange et de division avec le matériau res-

tant jusqu'à obtention de la quantité requise.

Les échantillonneurs à couloirs en vente dans le commerce sont également admis si le diamètre maximum des granulats du mélange n'est pas supérieur à 32 mm.

Exécution d'analyses granulométriques

Les analyses granulométriques font partie de l'assurance qualité. Elles doivent être effectuées à intervalles réguliers. On peut considérer comme exigences minimales dix analyses granulométriques par an pour le sable 0-4 mm, et quatre analyses par an pour le mélange de grave ainsi que pour les autres composants. Mais il est judicieux de prescrire des analyses granulométriques plus fréquentes. Des critères utiles pour fixer la fréquence des essais sont par exemple la quantité produite, la régularité de la qualité des granulats (répartition granulométrique), ou des changements dans les formules du béton. L'exécution d'analyses granulométriques est décrite dans la norme SN 670 810 c [6]. Le tamisage se fait généralement à sec. Si le matériau est très sale, ou s'il contient un important pourcentage de fines, le tamisage à sec avec lavage préalable et le tamisage à l'eau, également

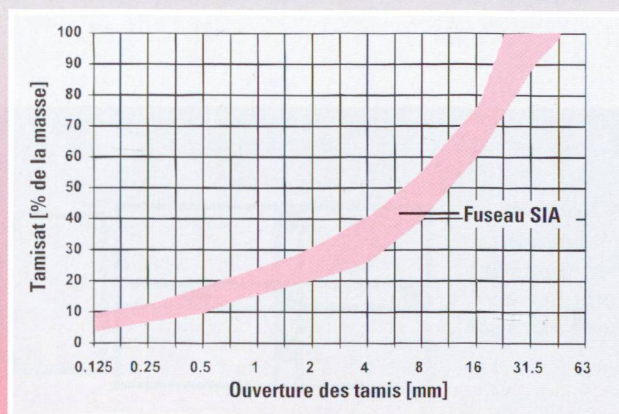


Fig. 5 Selon la norme SIA 162, la composition granulométrique des granulats naturels roulés dont la courbe granulométrique n'a pas été fixée par des essais préliminaires, doit se situer à l'intérieur du fuseau hachuré («fuseau SIA»).

prévus dans la norme, se sont révélés utiles.

Tamisage à sec

Les échantillons d'analyse sont séchés dans une étuve jusqu'à masse constante, à 105 °C au moins. Pour l'analyse granulométrique, les tamis mentionnés plus haut sont disposés suivant leur grandeur d'ouverture, en commençant en bas avec le récipient collecteur et le tamis le plus fin, et en finissant en haut avec le tamis dont l'ouverture correspond au diamètre maximal nominal des granulats. Après le tamisage mécanique et le retamisage à la main, la masse du refus de chaque tamis est calculée par pesage, ce qui permet ensuite de déterminer le pourcentage de chaque fraction par rapport à la masse totale. Le refus dans le récipient inférieur indique le tamisat dans le tamis

le plus fin. En ajoutant au tamisat le refus dans ce tamis, on obtient le tamisat du tamis à ouverture immédiatement supérieure, et ainsi de suite. Cela peut être vérifié au moyen de l'exemple donné dans le *tableau 1*.

Tamisage à l'eau

Après le séchage à 105 °C au moins, l'échantillon d'analyse est refroidi et pesé, puis placé dans un récipient et recouvert d'eau. Un brassage vigoureux plusieurs fois répété sépare complètement l'un de l'autre chacun des composants du mélange. On verse ensuite le tout sur le tamis supérieur (tamis à ouverture la plus grande). Le tamisage s'effectue au moyen d'un jet d'eau, toujours dirigé sur le tamis supérieur. Chacun des tamis est séché avec son contenu à > 105 °C. On opère ensuite comme pour le tamisage à sec.

Utilité des courbes granulométriques

La composition des granulats est à choisir de manière à ce qu'il se forme un mélange présentant peu de vides et exigeant le moins possible de pâte de ciment, ce que donne d'ordinaire le malaxage des différents composants. Selon la norme SIA 162, la composition granulométrique des granulats naturels roulés dont la courbe granulométrique n'a pas été fixée par des essais préliminaires, doit se situer à l'intérieur du fuseau hachuré de la *figure 5*.

Le praticien est plus fréquemment confronté au problème de fabriquer un mélange à courbe granulométrique donnée, à partir de sables et graviers existants à courbes granulométriques connues. Il dispose dans ce cas de procédés qui ont fait leurs preuves. Le plus simple est de calculer une courbe granulométrique sur la base des courbes des différents composants, ainsi que le représente l'exemple figurant dans l'encadré «Des courbes granulométriques des différents composants à la courbe granulométrique du mélange». D'autres applications des analyses granulométriques seront présentées dans le prochain «Bulletin du ciment» consacré aux granulats.

Bram van Egmond et
Kurt Hermann, TFB

Bibliographie

Cet article s'appuie principalement sur la documentation écrite établie pour le workshop «Siebanalyse von Zuschlägen», organisé par le TFB à Wildegg (1995/96). Les normes suivantes ont en outre été prises en considération:

- [1] Norme SIA 162: «Ouvrages en béton», édition de 1989 (rév. 1993).
- [2] Norme SIA 162/1: «Ouvrages en béton – Essais des matériaux», édition de 1989.
- [3] Norme SN 670 710 d: «Sables, graviers, gravillons et pierres concassées pour revêtements – Prescriptions de qualité» (octobre 1988).
- [4] Norme SN 670 800 c: «Granulats minéraux – Prélèvement d'échantillons» (février 1991).
- [5] Norme SN 670 808 a: «Granulats minéraux et sols – Tamis d'analyse, exigences» (février 1985).
- [6] Norme SN 670 810 c: «Granulats minéraux et sols – Analyse granulométrique par tamisage» (novembre 1985).
- [7] Norme SN 670 816 a: «Granulats minéraux, sédimentométrie par la méthode de l'aéromètre» (novembre 1989).

Des courbes granulométriques des différents composants à la courbe granulométrique du mélange

Problème: Calcul de la courbe granulométrique pour un mélange de granulats qui sera constitué des composants 0–4 mm (32 % de la masse), 4–8 mm (9 % de la masse), 8–16 mm (29 % de la masse) et 16–32 mm (30 % de la masse). La composition granulométrique de chacun des composants est présentée sous forme de table dans le *tableau 3*, et sous forme de diagramme à la *figure 6*.

Solution: Pour le calcul de la courbe granulométrique, il faut recalculer les tamisats respectifs en fonction du pourcentage de la masse d'un composant (voir *tableau 4*). Un exemple: Le composant 0–4 mm représente 32 % du mélange total. Avec une ouverture de tamis de 2,0 mm, il présente un tamisat de 73 %. Dans le mélange total, il contribue ainsi pour $(32 \times 73/100) \% = 23 \%$ au tamisat total à 2,0 mm.

Lorsque ces corrections ont été effectuées pour toutes les granulométries, il suffit d'additionner les différentes contributions aux tamisats. La courbe granulométrique en résultant est représentée à la *figure 7*.

Tamis [mm]	Tamisats [% de la masse] des fractions			
	0–4 mm	4–8 mm	8–16 mm	16–32 mm
32	100	100	100	100
16	100	100	100	6
8	100	100	20	0
4	97	3	0	–
2	73	2	–	–
1	49	0	–	–
0,5	31	–	–	–
0,25	17	–	–	–
0,125	10	–	–	–

Tab. 3 Tamisat de quatre granulométries, à partir desquelles sera fabriqué un mélange de granulats.

Tamis [mm]	Tamisats corrigés [% de la masse] des fractions				
	0–4 mm (32%)	4–8 mm (9%)	8–16 mm (29%)	16–32 mm (30%)	total (100%)
32	32	9	29	30	100
16	32	9	29	1,8	72
8	32	9	5,8	–	47
4	31	0,3	–	–	31
2	23	0,2	–	–	23
1	16	–	–	–	16
0,5	9,9	–	–	–	9,9
0,25	5,4	–	–	–	5,4
0,125	3,2	–	–	–	3,2

Tab. 4 Calcul du tamisat d'un mélange de quatre granulométries.

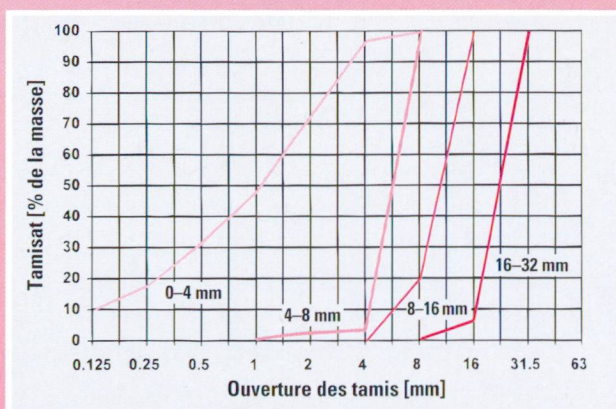


Fig. 6 Courbes granulométriques des différents composants.

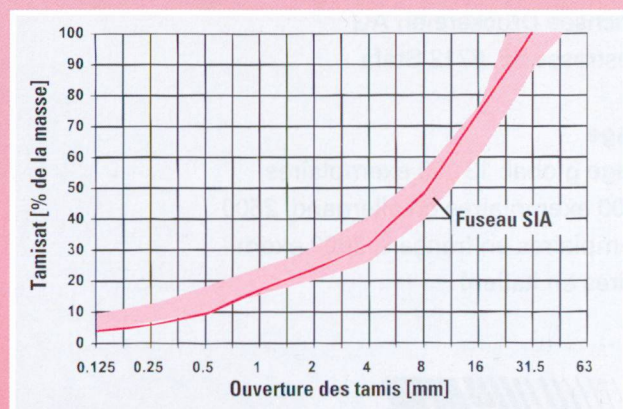


Fig. 7 Courbe granulométrique de granulats composés de quatre granulométries.