

DEPARTEMENT GENIE CIVIL
LABORATOIRE DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET DE BETON



REPONSE AU QUESTIONNAIRE DU TP 4 (examen visuel de quelques échantillons de granulats)

Questionnaire

- Qu'est-ce qu'un granulat ?
- Quelles sont les principales classes granulaires ?
- Comment déterminer les dimensions extrêmes d'un granulat ?
- Entre les granulats roulés et concassés, lesquels sont plus favorables à l'ouvrabilité du béton ?
- Pourquoi doit-on utiliser des granulats propres dans la fabrication des bétons ?
- Quelles sont les formes de granulats à éviter dans la fabrication des bétons ?
- Quelle est la dimension des grains de sable pour un béton courant ?
- Quelle est la plus grande dimension des grains de pierres concassées pour le béton courant ?
- Comment limiter au maximum les vides dans un mélange sable + gravillon ?
- Quand dit-on que la granularité des grains est continue ?
- Quel est le pourcentage d'augmentation en volume de sable fin humide par rapport au sable sec ?
- Quelles sont les propriétés mécaniques principales des matériaux de construction ?
- Comment sont obtenus les granulats artificiels ?
- Comment sont obtenus les granulats recyclés ?
- Qu'est-ce qu'un sable normalisé ?
- Comment mettre en évidence le foisonnement du sable ?

Questionnaire

1. Qu'est-ce qu'un granulat ?

On appelle granulat un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 100 mm, d'origine naturelle, artificielle ou recyclée. Les granulats utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil servent à la fabrication des :

- mortiers et bétons,
- couches de fondations,
- couches de base de roulement des chaussées,
- assises et ballasts de voies ferrées.

Ils sont obtenus en exploitant des gisements de sables et de graviers d'origine alluvionnaire terrestre ou marine, en concassant des roches massives (calcaires ou éruptives) ou encore par le recyclage de produits tels que les matériaux de démolition.

2. Quelles sont les principales classes granulaires ?

Les classes granulaires sont caractérisées par les dimensions extrêmes d (la plus petite) et D (la plus grande), les principales sont les :

- Fillers : $0/D \rightarrow D < 0,08$ mm
- Sables : $0/D \rightarrow D < 6,3$ mm
- Gravillons : $d/D \rightarrow d > 2$ mm et $D < 31,5$ mm
- Graves : $0/D \rightarrow 6,3$ mm $< D < 80$ mm
- Cailloux (ballasts) : $d/D \rightarrow d > 20$ mm et $D < 80$ mm

3. Comment déterminer les dimensions extrêmes d'un granulat ?

3.1. Désignation approximative

En pratique, les dimensions extrêmes d et D sont estimées par la règle des 8%, qui veut dire : un granulat est appelé d/D si les tamisats et les refus sont respectivement très proches de 8% et 92% (ou bien 5% et 95%).

3.2. Désignation selon la norme NFP 18-304

Les granulats d/D où $d \geq 2$ mm doivent satisfaire les conditions suivantes :

- Le refus sur le tamis D et le tamisât au tamis d sont compris entre :
1% et 15% si $D > 1,58 d$
1% et 20% si $D \leq 1,58 d$
- Le tamisat au tamis $0,63 d$ est inférieur à :
3% si $D > 5$ mm
5% si $D \leq 5$ mm

Lorsque d est inférieur à 2 mm, le granulat est appelé $0/D$. Les conditions suivantes doivent alors être vérifiées :

- Le refus sur le tamis D est compris entre 1% et 15%
- Le refus sur le tamis $1,58 D$ est nul (sauf pour les fines où il doit être $\leq 1\%$)

4. Entre les roulés et concassés, quels sont les granulats les plus favorables à l'ouvrabilité du béton ?

Les granulats obtenus par concassage se mettent plus difficilement en place que les granulats naturels roulés. Ces derniers, s'ils présentent une surface finement striée, adhèrent mieux à la pâte que les granulats concassés présentant des cassures lisses.

5. Pourquoi doit-on utiliser des granulats propres dans la fabrication des bétons ?

La propreté traduit l'absence d'éléments fins indésirables dans les granulats. La présence de boues, de fines argileuses ou de poussières (mélangées aux granulats ou enrobant les grains) peut perturber l'hydratation du ciment ou entraîner des défauts d'adhérence (incidence sur la résistance du béton).

6. Quelles sont les formes de granulats à éviter dans la fabrication des bétons ?

Les formes sphériques (roulées) ou cubiques (concassées) sont les meilleures. Les granulats en plaquette ou en aiguille se rangent mal lors du serrage du béton et, à volume égal, la surface à couvrir de pâte est plus importante. Les sables et gravillons de rivière fournissent, en général, d'excellents matériaux.

7. Quelle est la dimension des grains de sable pour un béton courant ?

Pour un béton courant, la dimension des grains de sable est comprise entre 0,08 et 5 mm.

8. Quelle est la plus grande dimension des grains de pierres concassées pour un béton courant ?

La plus grande dimension des grains de pierres concassées se situe entre 50 à 80 mm.

9. Comment limiter au maximum les vides dans un mélange sable + gravillon ?

Pour limiter au maximum les vides, il faut environ 5% de sable 0/5 et 65% de gravillons 5/15.

10. Quand dit-on que la granularité des grains est continue ?

La granularité des grains est dite continue si la distribution dimensionnelle ne comporte pas un manque ou un excès de grains dans une zone de tamis.

11. Quel est le pourcentage d'augmentation en volume de sable fin humide par rapport au sable sec ?

Le pourcentage d'augmentation en volume est compris entre 30 et 40% en fonction de la nature minéralogique du sable.

12. Quelles sont les principales propriétés mécaniques des granulats ?

Une roche, comme le béton, peut être caractérisée par sa résistance à la compression, à la traction, etc. Ces caractéristiques ne sont pas faciles à déterminer sur un granulat. Pour y remédier, ces essais sont remplacés par des essais censés simuler les sollicitations que peut subir un granulat dans un ouvrage. Les essais les plus importants sont :

12.1. Résistance à l'usure: Essai micro-Deval

La résistance à l'usure des granulats est déterminée par l'essai Micro-Deval en présence d'eau. Un échantillon de 500 gr de granulats est placé avec une charge de 2 à 5 kg de billes d'acier de 10 mm de diamètre dans un cylindre rempli d'eau. Après 15 minutes de rotation, le passant P_{MD} au tamis de 2 mm est récupéré et pesé. Le coefficient micro-Deval est égal à :

$$MD = 100 \times \frac{P_{MD}}{500} \rightarrow MD \searrow, \text{résistance à l'usure} \nearrow.$$

Classe granulaire (mm)	Charge abrasive (gr)
4 - 6.3	2000 ± 5
6.3 - 10	4000 ± 5
10 - 14	5000 ± 5

12.2. Résistance à la fragmentation : Essai Los Angeles

La résistance à la fragmentation par chocs des éléments d'un granulat est déterminée par le coefficient Los Angeles. L'essai consiste à faire tourner (500 rotations à une vitesse comprise entre 30 et 33 tr/min) un échantillon de 5 kg de granulats dans un tambour fermé contenant des boulets métalliques. Le passant P_{LA} au tamis de 1,6 mm est récupéré puis pesé. Le coefficient Los Angeles est défini comme étant égal à :

$$LA = 100 \times \frac{P_{LA}}{5000} \rightarrow LA \searrow, \text{résistance} \nearrow$$

Le nombre de boulets, en fonction de la classe granulaire, est donné par le tableau suivant :

Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Poids total de la charge (gr)
4 - 6.3	7	3080 (+ 20 à -150)
6,3 - 10	9	3960 (+ 20 à -150)
10 - 14	11	4840 (+ 20 à -150)
10 - 25	11	4840 (+ 20 à -150)
16 - 31,5	12	5280 (+ 20 à -150)
25 - 50	12	5280 (+ 20 à -150)

13. Comment sont obtenus les granulats artificiels ?

Un granulat artificiel est un granulat d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres (le granulat naturel ne subit aucune transformation autre que mécanique comme le concassage, broyage, criblage, lavage).

Un granulat artificiel peut être un coproduit de l'industrie sidérurgique (laitier de haut fourneau refroidi à l'air, laitier d'aciérie issu d'un four à arc électrique, etc.), un coproduit de l'industrie minière (schistes, houillers, etc.), et de déchets (mâchefers) d'incinération d'ordures ménagères.

14. Comment sont obtenus les granulats recyclés ?

Les granulats recyclés résultent de la destruction d'ouvrages du bâtiment et de génie civil (matériau de démolition, etc.).

15. Qu'est-ce qu'un sable normalisé ?

Le sable normal est défini par la norme EN 196-1 pour les essais sur mortiers. C'est un sable naturel, siliceux, propre, à grains arrondis et sec. La composition granulométrique d'un sable normalisé est comprise entre les limites définies dans le tableau ci-dessous (extrait de la norme EN 196-1).

Tamis (mm)	0,08	0,16	0,5	1,00	1,60	2,00
Refus cumulés (%)	99 ± 1	87 ± 5	67 ± 5	33 ± 5	7 ± 5	0

16. Comment mettre en évidence le foisonnement du sable ?

Lorsque le sable contient un peu d'humidité, son volume augmente. Cette humidité se présente sous forme d'un *pont d'eau* (à l'interface de deux grains de sable) qu'on appelle *ménisque*.



Lorsque l'humidité n'est pas importante, le ménisque donne naissance à des forces d'attraction entre les particules imbibées d'eau. Au fur et à mesure que la quantité d'eau augmente, la taille du pont augmente et le sable gonfle : ce phénomène est appelé *foisonnement*.

Cependant, si la teneur en eau continue à augmenter, la force d'attraction entre les grains de sable va être remplacée progressivement par une force répulsive, le sable tasse, le foisonnement cesse.

On appelle coefficient de foisonnement f (exprimé en %) l'augmentation de volume correspondant à une humidité donnée par rapport au volume occupé par la même quantité de sable à l'état sec :

$$f = \frac{V_h - V_s}{V_s} \times 100$$