

# **TP Matériaux de Construction 2**

## **(TPMDC2)**

Au profit des étudiants 3 éme année licence

Cycle LMD

Spécialité Génie Civil

.....

Dr : BENMAMMAR Mohammed

Maitre Conférence classe B

Université Aboubekr Belkaïd - Tlemcen

Faculté technologie- département Génie Civil

Email : mohamme.benmammar@gmail.com

3.0 Mai 2024

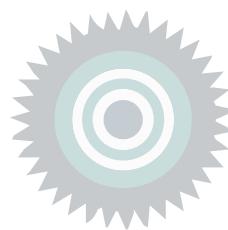


*TP01 : Détermination du module de finesse et de taux de fines de sable*

# Table des matières

<b>Objectifs</b>	<b>4</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>I - Carte mentale</b>	<b>6</b>
<b>II - Connaissance prés requis</b>	<b>7</b>
<b>III - Test prés requis</b>	<b>8</b>
1. Exercice .....	8
<b>IV - Détermination du module de finesse et du taux des fines du sable</b>	<b>9</b>
1. Introduction .....	9
2. Principe .....	9
3. Matériel utilisés.....	9
4. Conduite d'essai .....	10
4.1. Préparation de l'échantillon .....	10
4.2. Dimensions des tamis à utiliser.....	10
4.3. Mode d'opératoire.....	10
5. Tracé de la courbe granulométrique.....	10
6. Interprétation des courbes.....	11
7. Module de finesse .....	12
8. Taux de fine .....	13
<b>V - Test de sortie</b>	<b>14</b>
1. Exercice .....	14
2. Exercice .....	14
3. Exercice .....	14
4. Exercice .....	14
5. Exercice .....	15
6. Exercice .....	15
7. Exercice .....	15
8. Exercice .....	15
9. Exercice .....	15
10. Exercice .....	15
11. Exercice .....	16

<b>VI - Mode d'évaluation</b>	<b>17</b>
<b>Glossaire</b>	<b>18</b>
<b>Abréviations</b>	<b>19</b>
<b>Références</b>	<b>20</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>21</b>



# Objectifs

---

A l'issu de ce TP l'apprenant sera **capable** de

- Réaliser une **analyse granulométrique** ;
- Déterminer le **module de finesse** ;
- Déterminer le **taux de fine** ;

A partir de ces **objectifs** l'étudiant **capable** de :

- Connaître le **type** de sable ;
- **Classer** le sable ;
- Savoir le sable **référentiel** utilisé dans la **formulation** de béton.



# Introduction

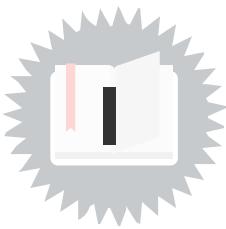
---

Le **sable** est un granulat **fin** essentiel dans de nombreux domaines de la construction et des **travaux publics**. Ses caractéristiques granulométriques, notamment la **distribution** de la taille de ses grains, influencent considérablement les propriétés des matériaux dans lesquels il est incorporé, tels que le **béton**, les **mortiers** et les asphalte. Parmi ces caractéristiques, le **module de finesse** et le **taux de fines** sont des indicateurs clés qui permettent d'évaluer la granularité globale du sable et la proportion d'éléments très fins qu'il contient.

Le **module de finesse** (MF) est un indice empirique qui renseigne sur la finesse ou la **grossière** relative d'un granulat. Il est déterminé à partir de l'**analyse granulométrique** par **tamisage** et permet de **classer** les sables en différentes catégories (**fin**, **moyen**, **grossier**). Cette classification est **cruciale** pour le choix du sable approprié en fonction de l'application visée, car elle affecte la **maniabilité**, la résistance et la **durabilité** des mélanges.

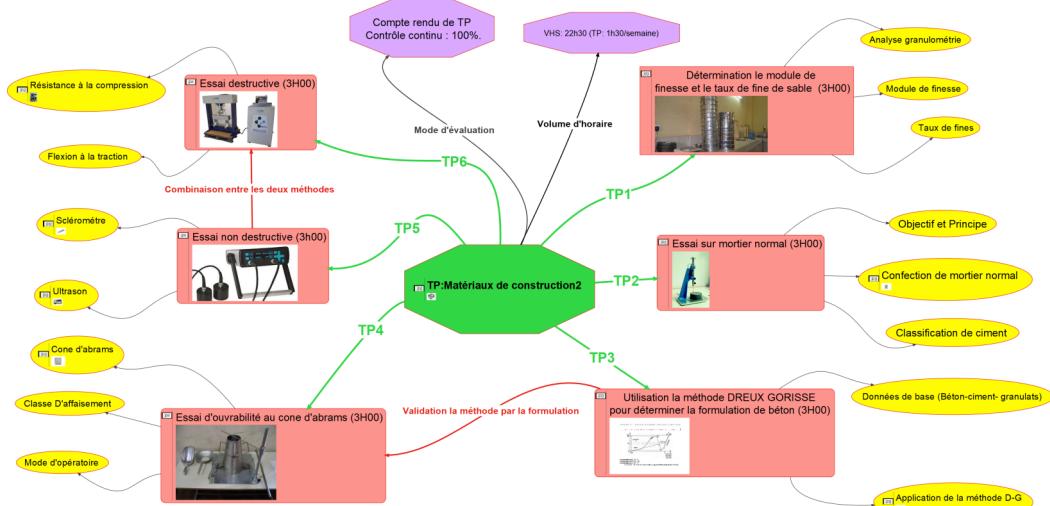
Le taux de fines, quant à lui, représente le pourcentage en masse des particules de sable dont la taille est inférieure à un seuil spécifié (généralement **63 µm ou 80 µm**). Une quantité excessive de **fines** peut avoir des effets néfastes sur les propriétés des matériaux, tels qu'une augmentation de la demande en eau, un retrait accru et une diminution de la résistance. À l'**inverse**, une quantité **insuffisante** de **fines** peut entraîner une mauvaise **compacité** et une **ségrégation** des granulats.

Ce travail pratique a pour objectif de vous familiariser avec les méthodes de détermination du **module de finesse** et du **taux de fines** d'un échantillon de sable. En réalisant les essais de laboratoire appropriés et en effectuant les calculs nécessaires, vous serez en mesure de caractériser la granularité de cet échantillon et d'appréhender l'importance de ces paramètres dans le contexte des matériaux de construction. La maîtrise de ces **techniques** est fondamentale pour assurer la **qualité** et la **performance** des ouvrages.



# Carte mentale

une carte conceptuel sur le module TPMDC2



Carte conceptuelle

# Connaissance prés requis



- Compréhension des principes de la granulométrie (nature des granulats, classification du sable, distribution des tailles).
- Connaissance des définitions et méthodes de calcul du module de finesse et du taux de fines.
- Compétences pratiques en manipulation du matériel de laboratoire (tamis, balance).
- Capacité à réaliser un tamisage précis et des pesages exacts.



# Test prés requis

## 1. Exercice

### Exercice

Citez les types des granulats

### Exercice

A parti de quel tamis on détermine le taux de fine

- tamis de 0.063 mm
- tamis de 0.125 mm
- tamis de 0.080 mm

### Exercice

Donnez la méthode la plus précises pour déterminer la masse volumique de granulats

### Exercice

Citer le matériel utiliser pour déterminer l'analyse granulométrie ?

# Détermination du module de finesse et du taux des fines du sable



## 1. Introduction

La **performance** et la **durabilité** des ouvrages en béton sont **intrinsèquement** liées à la **distribution granulométrique** de ses constituants minéraux. L'**optimisation** de la **compacité** du **béton** requiert l'emploi de granulats (graves et sables) présentant une granulométrie **étalée**, permettant de minimiser le volume des **vides inter-granulaires**. L'analyse granulométrique, première étape fondamentale dans la caractérisation des granulats, **quantifie** la **distribution dimensionnelle** des **particules** au sein de l'échantillon, exprimant le pourcentage **massique** de chaque classe **granulaire**.

## 2. Principe

L'essai consiste à classer les **différents grains constituants** l'échantillon en utilisant une série de **tamis**, emboîtés les uns sur les autres, dont les **dimensions** des ouvertures sont **décroissantes** du haut vers le bas. Les masses des différents **refus** et **tamisât** sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les **pourcentages** ainsi obtenus sont exploités sous **forme graphique**.

## 3. Matériel utilisés

- Série de tamis de maillage métallique carré compris entre d et D, avec un fond et un couvercle. Les tamis sont de dimensions 0.080 mm ; 0.160 mm ; 0.315 mm ; 0.625 mm ; 1.25 mm ; 2.5 mm ; 5 mm ; 8 mm.
- Balance de précision à  $\pm 0,1\%$
- Étuve ventilé



Analyse granulométrique

## 4. Conduite d'essai

### 4.1. Préparation de l'échantillon

Il est nécessaire que l'échantillon soit sec, en pratique on utilise pour le séchage une étuve à 105 °C. Pour cela, la masse utilisée sera telle que :  $M = 0,2 D$  avec M = masse de l'échantillon en kg et D = diamètre du plus gros granulat en mm

### 4.2. Dimensions des tamis à utiliser

- Pour les **sables**, on utilisera en général les tamis de **modules\*** 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38.
- Pour les **matériaux plus grossiers**, tous les tamis au-delà du **module** 38 seront utilisés

### 4.3. Mode d'opératoire

- Emboîter les **tamis utilisés** les uns sur les autres, les dimensions **croissantes** de **bas** en **haut**, on prévoit en dessous un récipient à fond plein pour recueillir les éléments fins et en dessus un couvercle pour éviter la **dispersion** des **poussières**.
- Verser le **granulat (séché à l'étuve)** sur le tamis **supérieur**, mettre le couvercle et faire agiter manuellement
- ou mécaniquement puis prendre **tamis par tamis** et **agiter manuellement**
- Peser le **refus** du tamis ayant la plus **grande** maille : soit **R1** la masse de ce **refus** Faire de même jusqu'au **dernier** tamis. Le dernier (**récipient** à fond plein) est ajouté sur la balance aux refus précédents.
- Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la **colonne** pour obtenir les masses des différents refus **cumulés** ...
- Les masses des différents refus cumulés **Ri** sont rapportées à la masse totale de l'échantillon **m1**.
- Les pourcentages de **refus cumulés** ainsi obtenus, sont inscrits sur **la feuille d'essai**. Le pourcentage des **tamisat cumulés** sera **d<sup>2</sup>**

Le temps de **tamisage** varie **suivant** le matériel **utilisé** et dépend **également** du matériau, on considère donc que le **tamisage** est terminé **lorsque** les **refus** ne varient pas de plus de **1%** entre deux séquences de vibrations d'environ **1 minute**.

**REFUS** sur un tamis: la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.

**TAMISAT** (ou passant): la quantité de matériau qui passe à travers le tamis..

..

[cf. analyse\_granulometrique]

[cf. Mode d'opératoire AN Gran]

## 5. Tracé de la courbe granulométrique

- Il suffit de porter les divers **pourcentages des tamisat cumulés** sur une feuille **semi-logarithmique** :
- En **abscisse** : les dimensions des mailles, échelle **logarithmique**.
- En **ordonnée** : les pourcentages sur une échelle **arithmétique**.
- La courbe doit être tracée de **manière continue**.

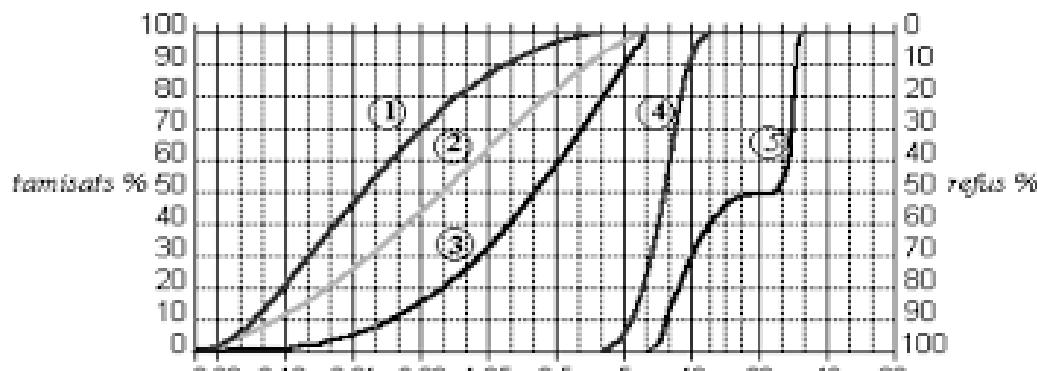
## 6. Interprétation des courbes

La forme de la courbe granulométrique obtenue apporte les renseignements suivants :

- Les dimensions  $d^*$  et  $D^*$  du granulat,
- La plus ou moins grande proportion d'éléments fins,
- La continuité ou la discontinuité de la granularité.

?

Exemple



Exemple 1

- Sable à majorité de grains fins,
- Sable normal,
- Sable plutôt grossier
- gravillon 5/10 à granulométrie continue
- gravillon 5/25 à granulométrie discontinue

?

Exemple

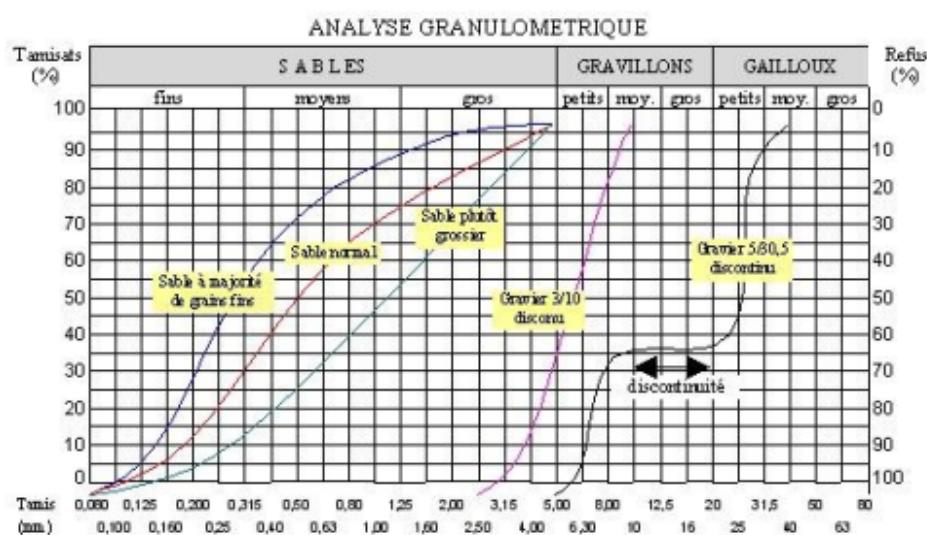


Fig. 3.6: Courbes granulométriques dans différents cas

Exemple 2

## 7. Module de finesse

Les sables destinés aux applications de génie civil doivent impérativement présenter une courbe granulométrique **optimisée**, où la proportion des fractions **fines** est **rigoureusement contrôlée** pour éviter tout excès ou déficit. Un **déséquilibre** dans la teneur en **fines** peut impacter **négativement** la **rhéologie** du mélange, la **maniabilité**, la **compacité**, et les **propriétés mécaniques** du matériau **final**, notamment dans le contexte des bétons et mortiers.

Le **module de finesse** (Mf) constitue un indicateur numérique **synthétique** permettant de quantifier le caractère **plus** ou **moins fin** d'un sable. Il est déterminé par la somme des pourcentages de **refus cumulés** sur une série de tamis **normalisés**.

Inversement proportionnel à la **finesse** globale du granulat, le **module de finesse** diminue à mesure que la proportion d'éléments **fins** augmente. Un Mf **faible** signale donc une granulométrie orientée vers les **fines**, tandis qu'un Mf élevé indique une prédominance des fractions plus **grossières**.



Rappel

Le module de finesse est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm.

### Norme Française [XP P18-540\*]

$$Mf = \frac{1}{100} \sum \text{refus cumulés en des tamis } 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 \text{ mm}$$

### Norme Européenne [EN 12620]

$$Mf = \frac{1}{100} \sum \text{refus cumulés en des tamis } 0,125 - 0,250 - 0,500 - 1 - 2 - 4 \text{ mm}$$



Complément

- **[1.8 et 2.2]** : le sable est à **majorité** de grains fins
- **[2.2 et 2.8]** : on est en présence d'un sable **préférentiel**
- **[2.8 et 3.3]** : le sable est un **peu grossier**. Il donnera des bétons résistants mais moins maniables.



Remarque

Il est possible de modifier le **module de finesse** d'un **sable grossier** par adjonction d'un deuxième sable **plus fin**

Soit Mf le module de finesse visé correspondant un sable **intermédiaire** entre **S1** et **S2**

$$Mf_2 < Mf < Mf_1$$

Avec

Mf1 : Le module de finesse du sable grossier S1

Mf2 : Le module de finesse du sable grossier S2

$$\%S1 = \frac{Mf - Mf_2}{Mf_1 - Mf_2} \times 100$$

$$\%S2 = \frac{Mf_1 - Mf}{Mf_1 - Mf_2} \times 100$$

## 8. Taux de fine

À partir des données issues de l'**analyse granulométrique** par tamisage, il est possible de déterminer quantitativement la teneur en fines. Par définition, **le taux de fines** (f), exprimé en pourcentage massique, correspond à la fraction de l'échantillon granulaire qui passe à travers le tamis de référence pour les **fines**, dont l'**ouverture** de maille est conventionnellement fixée à **0.063 mm** ou **0.080 mm** selon les normes en vigueur. Mathématiquement, ce pourcentage est calculé comme suit :"

**Taux de fines (f) = (Masse du passant au tamis de fines / Masse totale de l'échantillon sec) \* 100**

$$f = \frac{M1 - M2}{M1} \cdot 100$$

Avec :

- M1 : masse de la prise d'essai, en (kg ou g)
- M2 : masse séchée du refus à 0.063 ou 0.080 mm, en (kg ou g)



# Test de sortie

## 1. Exercice

Un sable avec un module de finesse inférieur à 2,5 est généralement considéré comme

- Très fin
- Normal
- Très grossier
- d- Inutilisable pour le béton

## 2. Exercice

Lors du tamisage, quelles particules contribuent au taux de fines

- Celles qui passent au tamis 0,08 mm
- Celles qui passent au tamis 5 mm
- Celles qui restent sur le tamis 4 mm
- Toutes les particules

## 3. Exercice

Il est possible de modifier le module de finesse d'un sable grossier par adjonction d'un deuxième sable :

- sable moyenne
- sable plus fin
- sable grossier

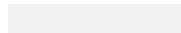
## 4. Exercice

Il est possible de modifier le module de finesse d'un sable grossier par adjonction d'un deuxième sable :

- sable moyenne
- sable plus fin
- sable grossier

## 5. Exercice

On appelle Tamisât (ou passant) :



## 6. Exercice

le MF d'un sable référentiel est compris entre

- [1.8-2.2]
- [2.2-2.8]
- [2.8-3.2]

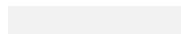
## 7. Exercice

Il est possible de modifier le module de finesse d'un sable moyenne à un module de finesse **2.5** par adjonction d'un deuxième

- $Mf=[1.8-2.2]$
- $Mf=[2.8-3.2]$
- $Mf=2.9$

## 8. Exercice

On appelle Refus sur un tamis :



## 9. Exercice

L'emboîtement des tamis utilisés les uns sur les autres, les dimensions sont :

- Croissantes de bas en haut
- décroissante de haut en bas
- Croissantes de haut en bas

## 10. Exercice

Le pourcentage (%) de fine(f) passant est déterminé à travers un :

- tamis de 0.063 mm
- tamis de 0.080 mm
- tamis de 0.160 mm

## 11. Exercice

La courbe granulométrique est tracée par : le tamisât passant) %.

- le tamisât (passant) % et le diamètre (Q)mm
- le refus % et le diamètre (Q)mm
- le tamisât (passant) % et le refus



## Mode d'évaluation

---

Contrôle continu : 100%.



# Glossaire

---

## **module**

Valeur qui était utilisée pour désigner les ouvertures des tamis sur une échelle linéaire



## Abréviations

---

**d** : le petit diamètre

**D** : le grand diamètre



## Références

---

- NF EN 933-2      Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 2 :  
                          Détermination de la granularité  
                          - Tamis de contrôle, dimensions nominales des ouvertures
- XP P18-540      <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/xp-p18540/granulats-definitions-conformite-specifications/fa046790/61461>



# Bibliographie

---

Granulats, sols, ciments et bétons : caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire terminale STI Génie civil, BTS Bâtiment, ...

Nouveau guide du beton et de ses constituants. Jean Festa, Georges Dreux. (0 avis) Donner votre avis. 416 pages, parution le 16/06/1998 (8eme édition). Ajouter ...