

Université Badji-Mokhtar Annaba



**Travaux pratiques
de Technologie des matériaux de construction**

Classification des matériaux de construction

En sciences des matériaux, il est possible de classer les matériaux de base en trois catégories:

- Les métaux
- Les polymères
- Les céramiques

Mais dans la construction, il est devenu courant de distinguer les matériaux selon des domaines d'emploi et des caractéristiques principales:

- Les matériaux de construction.
- Les matériaux de protection.

Les **matériaux de construction** sont les matériaux qui ont la propriété de résister contre des forces importantes:

- Pierres
- Terres cuites
- Bois
- Béton
- Métaux, etc.

Les **matériaux de protection** sont les matériaux qui ont la propriété d'enrober et protéger les matériaux de construction principaux:

- Enduits
- Peintures
- Bitumes, etc.

Propriétés des matériaux de construction

Les propriétés principales des matériaux peuvent être divisées en plusieurs groupes tels que:

- Propriétés physiques: (la dimension; la densité; la masse volumique de différentes conditions; la porosité; l'humidité etc..),
- Propriétés mécaniques: (la résistance en compression, en traction, en torsion etc...)
- Propriétés chimiques: (l'alcalinité, l'acide etc...)
- Propriétés physico-chimiques: (l'absorption, la perméabilité, le retrait et le gonflement etc...)
- Propriétés thermiques: (la dilatation, la résistance et comportement au feu, etc...)

Quelques caractéristiques et propriétés physiques courantes des matériaux de construction sont:

Propriétés liées à la masse et au volume:

- Masse spécifique
- Masse volumique
- Porosité, densité

Propriétés liées à l'eau:

- Humidité
- Perméabilité
- Degré d'absorption d'eau
- Variation de dimension en fonction de la teneur en eau

Propriétés thermiques:

- Résistance et comportement au feu
- Chaleur spécifique
- Coefficient d'expansion thermique

TP 1: Propriétés des matériaux de construction

1) Propriétés physiques :

1.1) Détermination de la masse volumique apparente:

1.1.1) Partie théorique :

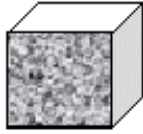
Définition:

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel, après passage à l'étuve à 105 ± 5 °C, notée γ_0 et exprimée en (gr/cm^3 ; kg/m^3 ; T/m^3).

Détermination:

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer la masse volumique apparente des matériaux de construction selon leur dimension et leur dispersion:

a) Pour les matériaux solides : les roches naturelles, le béton, le bois .., on peut faire des échantillons de forme géométrique (cubique, cylindrique, ..).



$$\gamma_{ap} = \frac{M_s}{V_{ap}}$$

γ_{ap} – Masse volumique apparente (kg/m³).

M_s – Masse d'un corps sèche.

V_{ap} – Volume apparent.

b) Pour les matériaux de construction qui n'ont pas de forme géométrique.

La détermination de la masse volumique apparente des matériaux avec cette forme peut se faire de façon indirecte. Dans ce cas, les échantillons étudiés doivent être enrobés de paraffine afin d'être protégés de la pénétration de l'eau, ensuite on va les peser dans l'eau.

Pour déterminer la masse volumique des matériaux de ce type on a:

M_s - Masse sèche d'échantillon (g)

M_{S+P} - Masse sèche d'échantillon après avoir enrober une paraffine (g).

$M_{(S+P)L}$ - Masse sèche d'échantillon après avoir enrobé de paraffine et pesé dans l'eau (g).

g_p - Masse de la paraffine ayant enrobé de l'échantillon et γ_p - masse volumique absolue de paraffine.

$$\gamma_o = \frac{M_s}{\frac{(M_{S+P} - M_{(S+P)L})}{1} - \frac{g_p}{\gamma_p}}$$

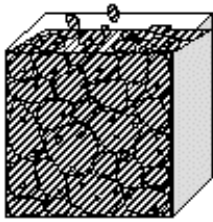
$M_{S+P} - M_{(S+P)L}$ – est la poussée d'Archimède.

$\frac{(M_{S+P} - M_{(S+P)L})}{1}$ – volume apparent d'échantillon absorbée par la paraffine.

$\frac{g_p}{\gamma_p}$ – volume de paraffine.

c) Pour les matériaux incohérents (ensemble de grains - sable ou gravier).

La détermination de la masse volumique apparente peut se faire en utilisant un récipient standart (de volume connu).



$$\gamma_{ap} = \frac{M_s}{V_{ap}}$$

γ_{ap} – Masse volumique apparente (kg/m³).

M_s – Masse d'un corps sèche.

V_{ap} – Volume apparent.

La masse volumique d'un ensemble de grains est fortement influencée par la composition granulométrique, la forme des grains, le degré de tassement ainsi que la teneur en eau lorsque les grains sont petits. La masse volumique apparente des sables ou des graviers peuvent varier entre 1400 à 1650 kg/m³.

1.1.2) Partie expérimentale :

1.1.2.1) Matériaux de forme régulière :

Expérience :

- Sécher les échantillons jusqu'à une masse constante.
- Peser les échantillons M en gramme.
- Mesurer les dimensions et calculer les volumes apparents.
- Calculer la masse volumique apparente Mv_{app} . Inscrive les résultats dans le tableau suivant :

$$Mv_{app} = M / V_{app}$$

| Matériaux | Masse du matériau en g | Dimensions en cm | | | Volume du matériau en cm ³ | Mv_{app} |
|-----------|------------------------|------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|------------|
| | | longueur a | Largeur b | Hauteur c | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

1.1.2.2) Matériaux de forme irrégulière :

Expérience:

- Sécher le matériau dans une étuve de séchage.
- Peser le matériau M_E en gramme.
- Couvrir le matériau avec de la paraffine et peser à nouveau, on a M_{EP} en gramme.
- Verser l'échantillon paraffiné dans un récipient gradué contenant un volume V_1 , le liquide augmente à V_2 .

$$V_{EP} = V_2 - V_1$$

$$V_E = V_{EP} - V_P \quad V_P = M_P / M_{VP} = 0,93$$

$$V_P = (M_{EP} - M_E) / M_{VP} = 0,93$$

$$V_E = V_{EP} - [(M_{EP} - M_E) / 0,93]$$

$$V_E = V_2 - V_1 - [(M_{EP} - M_E) / 0,93]$$

$$M_{VE} = M_E / V_2 - V_1 [(M_{EP} - M_E) / 0,93]$$

| Matériau | M_E Masse de l'échantillon | M_{EP} Masse échantillon paraffiné | Volume de l'échantillon $V_2 - V_1$ | M_{VAPP} |
|----------|------------------------------------|--|---|------------|
|----------|------------------------------------|--|---|------------|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

1.1.2.3) Matériaux sous forme de granulats ou des poudres:

Mode opératoire :

- Sécher les échantillons à l'étuve à 105 - 110 °C
- Prendre un récipient de volume V connu (1 ou 2 litres)
- Peser le récipient vide M_{rv}
- Remplir le récipient à l'aide d'un entonnoir
(Sauf pour le gravier qui se fait à la main)
- Raser l'excès du matériau et peser le récipient plein M_{rr}
- Déduire la masse de l'échantillon.
- Calculer la masse volumique apparente

$$ME = M_{rr} - M_{rv}$$

$$Mv_{app} = ME / V \text{ (en g/cm}^3 \text{ ou Kg/cm}^3\text{)}$$

| Matériaux | Volume du recipient | Masse du récipient vide M_{rr} | Masse du récipient plein M_{rv} | Masse volumique apparente g/cm^3 |
|-----------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

1.2) Détermination de la masse volumique absolue :

Définition:

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de matière seule, pores à l'intérieur des grains exclus), après passage à l'étuve à 105 °C, notée ρ et exprimée en (g/cm^3 , kg/m^3 ou T/m^3).

Détermination:

Si les matériaux étudiés sont poreux, on doit les concasser et les broyer jusqu'à ce que la dimension des grains de matériaux (l'échantillon) devienne inférieure à 0,2 mm. Ceci afin d'éliminer les pores et les vides existants dans les matériaux.

Ensuite, on verse l'échantillon dans un récipient, qui contient de l'eau pour pouvoir déterminer la masse volumique absolue

Mode opératoire :

- Sécher le matériau à température 105 à 110 °C
- Broyer le matériau (pour les matériaux solides)
- Prendre un échantillon (entre 50 et 100 g)
- Verser l'échantillon dans un liquide inerte (qui ne réagit pas avec le matériau) de volume V_1 , et le liquide augmente à V_2
- Déduire le volume absolu de l'échantillon.

$$V_{\text{abs}} = V_2 - V_1$$

- Calculer la masse volumique absolue.

$$M_{\text{VABS}} = M / V_{\text{abs}} \text{ en } \text{g/cm}^3$$

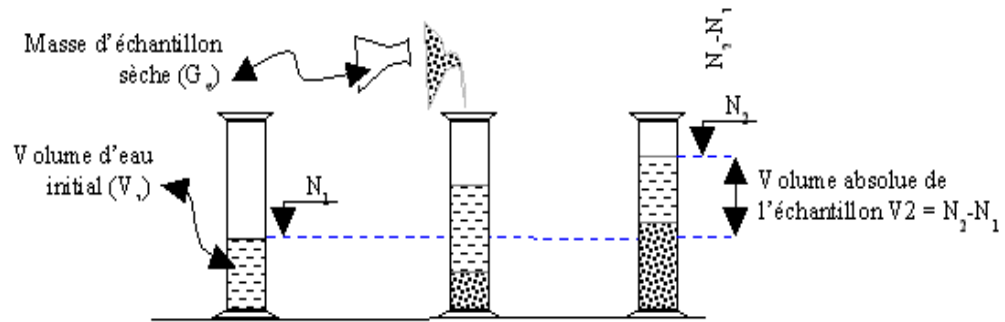


Fig: Détermination de la masse volumique absolue d'un matériau.

| Matériaux | Masse de l'échantillon en g | Volume absolu ml | | | Mv_{abs} g/cm ³ |
|-----------|-----------------------------|------------------|-------|-----------|---------------------------------|
| | | V_1 | V_2 | V_{abs} | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

1.3) Détermination de la capacité d'absorption d'eau :

Définition:

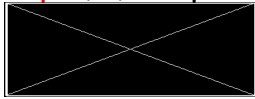
L'absorption de l'eau du matériau est la capacité de conserver des échantillons quand ils sont immergés au sein de l'eau à température de 20,5 °C et à la pression atmosphérique. A cette condition l'eau peut pénétrer dans la plupart des vides interstitiels du matériau. Si la porosité du matériau est importante, l'absorption de l'eau est plus grande, mais l'absorption est toujours inférieure à la porosité du matériau.

Détermination:

On peut déterminer le degré d'absorption de deux manières:

a) L'absorption calculée suivant la masse du volume apparent d'échantillon notée

Cap_v (%) : capacité d'absorption volumique



où

G_{ab} - est la masse absorbante.

G_s - est la masse sèche d'échantillon.

V_0 - est le volume apparent du matériau.

b) L'absorption calculée suivant la masse de l'échantillon notée Cap_m (%) : capacité d'absorption massive

$$H_p = \frac{G_{ab} - G_s}{G_s} \cdot \%$$

où

G_{ab} - est la masse absorbante.

G_s - est la masse sèche d'échantillon.

V_0 - est le volume apparent du matériau.

Expérience :

- Peser le matériau sec, on a M_{sec} .
- Immerger le matériau totalement dans de l'eau pendant 48h.
- Peser la masse saturée d'eau, on a M_{sat}
- Calculer la capacité d'absorption d'eau massive et volumique.

$$Cap_v (\%) = (M_{sat} - M_{sec}) / V (\%)$$

$$Cap_m (\%) = (M_{sat} - M_{sec}) / M_{sec} (\%)$$

| Matériaux | Masse sèche M_{sec} | Masse saturée M_{sat} | volume | Capacité d'absorption volumique % | Capacité d'absorption massive % |
|-----------|--------------------------|----------------------------|--------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. Propriétés mécaniques :

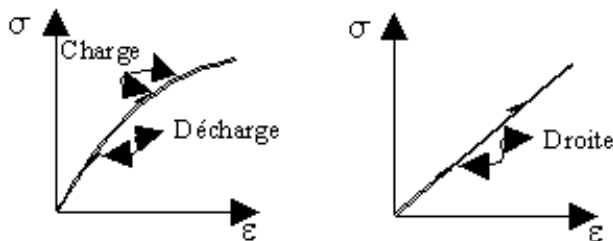
Les caractéristiques et propriétés mécaniques principales d'un matériau sont: la résistance à la compression, la résistance à la traction, le module de formation, le module d'élasticité, etc.

La déformation:

La déformation est une des propriétés essentielles pour des matériaux de construction. Selon la caractérisation des déformations, on les divise en trois sortes:

Déformation élastique:

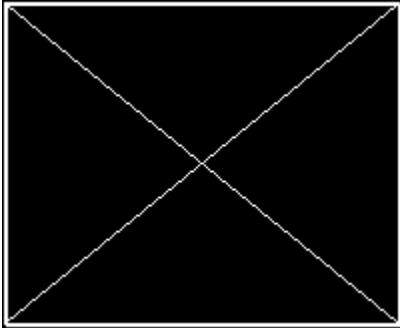
Lorsque l'on effectue un essai de mise en charge et si, après décharge le corps reprend les mêmes formes qu'il avait avant l'essai et qu'il ne reste aucune déformation résiduelle, on dit que le corps a un comportement parfaitement élastique.



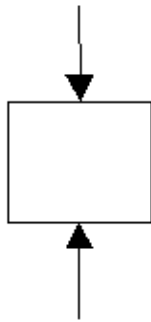
De nombreux corps soumis à des charges peu élevées ont un comportement presque élastique et la déformation est approximativement proportionnelle à la contrainte. Si l'on reporte les mesures sur un diagramme contrainte (σ) et déformation (ϵ), on obtient une ligne droite. Ce type de déformation est appelée élasticité linéaire.

Déformation plastique:

La déformation est dite plastique, si après décharge le corps ne reprend pas les mêmes formes qu'il avait avant l'essai, il reste quelques déformations. Cette déformation est appelée aussi déformation résiduelle.



2.1) Résistance à la compression :



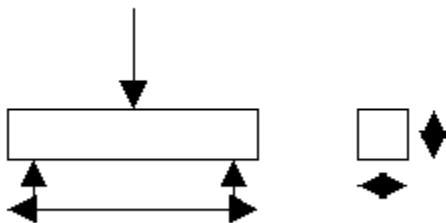
$P = P/S$ P : charge de rupture

S : surface d'application
de la force

P

| Matériau | S | P | En Kg/cm ² |
|----------|-----|-------|-----------------------|
| Béton | 100 | 29150 | 291,5 |
| Mortier | 16 | 5200 | 650 |
| plâtre | 16 | 1540 | 96,2 |

2.1) Résistance à la traction par flexion :



$P = 3/2 (PL/Bh^2)$ P : charge de rupture
L : longueur entre les appuis
b, h : dimensions de l'éprouvette

| Matériau | Dimensions de l'éprouvette | | longueur | Charge de rupture | Kg/cm ³ |
|----------|----------------------------|---|----------|-------------------|--------------------|
| | b | h | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

TTP 2: Les liants

1) Propriétés du plâtre de construction :

Le plâtre est fabriqué à partir de gypse que l'on extrait de carrière. Le gypse utilisé pour faire du plâtre est ensuite concassé puis criblé afin de ne garder que des grains de gypses qui aient un diamètre inférieur à 40 millimètres. Il est ensuite nécessaire de broyer et d'écraser le gypse puis de le cuire à 150°C pour en faire du plâtre. Après refroidissement à 60°C, le gypse devient du plâtre. Le plâtre est ensuite mélangé dans un malaxeur avec de l'amidon, des adjuvants, des retardateurs pour ralentir le temps de prise du plâtre. On peut ensuite fabriquer des plaques de plâtre appelées aussi placo plâtre qui se fixent par vissage ou par collage.

1.1) Finesse de mouture:

Mode opératoire :

- Faire passer à travers un tamis n° 0,315 des échantillons de plâtre variant entre 50 et 120g, on a le poids total Mt

- Peser le refus sur le tamis n° 0,315 on a Mr
- Calculer la finesse de mouture.

$$Fm = (Mr/Mt) \times 100\%$$

| Essais | Mt | Mr | Fm en % | Fm moyenne en % |
|--------|----|----|---------|-----------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

1.2) Consistance normale:

- Prendre 400g de plâtre de construction.
- Prendre 40 à 60% de la quantité de plâtre d'eau.
- Malaxer rapidement pendant 30 secondes (jusqu'à l'obtention d'une pate homogène).
- Laisser reposer 60secondes.
- Verser la pate dans le cylindre de Southard et enlever le surplus (l'opération ne dépasse pas les 30secondes).
- Soulevez le cylindre d'un mouvement sec, vertical et rapide.
- La pate s'étale et forme un diamètre D.
 - Si D = 12 : consistance normale.
 - Si D < 12 : on augmente la quantité d'eau de 10% et on refait l'essai.
 - Si D > 12 : on diminue la quantité d'eau de 10% et on refait l'essai.

| Essai | Quantité de plâtre | Quantité d'eau | | D en cm |
|-------|-----------------------|----------------|---|---------|
| | | % | G | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

1.3) Délais de prise:

- Préparer une pâte à consistance normale.
- Verser la pâte dans le cylindre de l'appareil de Vicat et enlever le surplus.
- Mettre en contact le bout de l'aiguille avec la surface de la pâte et effectuer le 1^{er} piquage, si l'aiguille touche pas le fond, on refait l'essai une autre fois en laissant passer 30 secondes jusqu'à ce que l'aiguille ne touche plus le fond, on dit que c'est le début de prise.
- Continuer l'opération toutes les 60 secondes jusqu'à ce que l'aiguille ne pénètre pas de 0,1 mm dans la pâte, on dit que c'est la fin de prise.

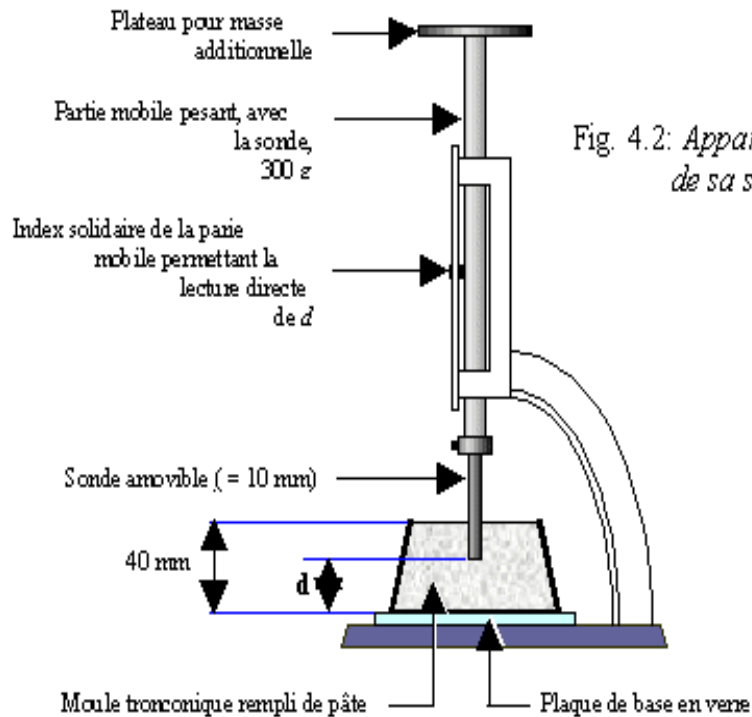


Fig. 4.2: Appareil de Vicat muni de sa sonde de consistance

Le début de prise : temps qui s'écoule entre le début de gâchage et la formation des 1^{ers} cristaux.

La fin de prise : temps entre le début de gâchage et la cristallisation complète de la pâte.

Le délai de prise : temps écoulé entre le début et la fin de prise.

1.4) Résistance mécanique:

- Préparer des éprouvettes de 4.4.16 cm avec une pâte à consistance normale avec du plâtre.
- Faire des essais à la flexion et à la compression à l'âge (7,14 et 21 jours)

2. Propriétés du ciment de Portland:

Le ciment est un produit moulu du refroidissement du clinker qui contient un mélange de silicates et d'aluminates de calcium porté à 1450 - 1550 °C, température de fusion.

Le ciment usuel est aussi appelé liant hydraulique, car il a la propriété de s'hydrater et de durcir en présence d'eau et par ce que cette hydratation transforme la pâte liante, qui a une consistance de départ plus ou moins fluide, en un solide pratiquement insoluble dans l'eau. Ce durcissement est dû à l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium.

2.1) Finesse de mouture:

Mode opératoire :

- Faire passer à travers un tamis n° 0,08 des échantillons de plâtre variant entre 50 et 120g, on a le poids total M_t
- Peser le refus sur le tamis n° 0,08 on a M_r
- Calculer la finesse de mouture.

$$F_m = (M_r / M_t) \times 100\%$$

| Essais | M_t | M_r | Fm en % | Fm moyenne en % |
|--------|-------|-------|---------|-----------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

2.2) Consistance normale:

- Prendre 400g de ciment de Portland.
- Prendre 22 à 33% de la quantité de ciment d'eau.
- Malaxer rapidement pendant 5 minutes (jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et plastique).
- Verser la pâte dans le cylindre de Vicat et enlever le surplus.

- Mettre en contacte la surface de la sonde avec la surface de la pate.
- Libérez la visse et laisser la sonde s'enfoncer dans la pate pendant 30 secondes.
- Lire la valeur indiquée par l'aiguille rouge.
- Si la valeur indiquée est comprise entre 5 et 7 mm, on dit que la consistance est normale.
- Si la valeur indiquée est > 7 ou < 5 , on augmente ou on diminue respectivement la quantité d'eau de 10% et on refait l'essai.

| Essai | Quantité de ciment | Quantité d'eau | | Valeur indiquée par l'aiguille rouge |
|-------|--------------------|----------------|---|--------------------------------------|
| | | g | % | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Conclusion : Donc c'est à une quantité d'eau de 27% qu'on obtient un ciment de consistance normale.

2.3) Délais de prise:

- Préparer une pate à consistance normale.
- Verser la pate dans le cylindre de l'appareil de Vicat et enlever le surplus.
- Mettre en contacte le bout de l'aiguille avec la surface de la pate et effectuer le 1^{er} piquage, si l'aiguille touche pas le fond, on refait l'essai une autre fois en laissant passer 5 minutes jusqu'à ce que l'aiguille ne touche plus le fond, on dit que c'est le début de prise.
- Continuer l'opération toutes les 5 minutes jusqu'à ce que l'aiguille ne pénètre pas de 0,1 mm dans la pate, on dit que c'est la fin de prise.

Dès que le ciment anhydre a été mélangé avec de l'eau, l'hydratation commence et les propriétés de la pâte ainsi obtenue sont évolutives dans le temps. Tant que

cette hydratation n'est pas trop avancée la pâte reste plus ou moins malléable, ce qui permet de lui faire épouser par moulage la forme désirée. Mais au bout d'un certain temps, les cristaux d'hydrates prenant de plus en plus d'importance, le mélange a changé de viscosité et se raidit, on dit qu'il se fait priser.

Le début de prise : temps qui s'écoule entre le début de gâchage et la formation des 1^{ers} cristaux.

La fin de prise : temps entre le début de gâchage et la cristallisation complète de la pâte.

Le délai de prise : temps écoulé entre le début et la fin de prise.

2.4) Résistance mécanique:

- Préparer des éprouvettes prismatiques de mortier de 4.4.16 cm avec une pâte de dont les rapports de matériaux sont les suivants :
Eau / Ciment = 1 / 2, Ciment / Sable = 1 / 3, Ciment = 500g
- Faire des essais à la flexion et à la compression à l'âge (28 jours).

| âge | Charge de rupture à la compression | Résistance à la compression | Charge de rupture à la flexion | Résistance à la flexion |
|-----|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| | | | | |

Conclusion :

TP 3: Les granulats

1. Introduction :

Le terme granulat, au singulier, désigne un ensemble de grains d'un même type, quel que soit le critère de classification utilisé. Le terme granulats, au pluriel, sera utilisé pour désigner un mélange de grains de divers types.

Les granulats utilisés dans les travaux de génie civil doivent répondre à des impératifs de qualité et des caractéristiques propres à chaque usage. Les granulats constituent le squelette du béton et ils représentent, dans les cas usuels, environ 80 % du poids total du béton.

Les granulats sont nécessaires pour la fabrication des bétons; du point de vue économique, car ils permettent de diminuer la quantité de liant qui est plus cher; du point de vue technique, car ils augmentent la stabilité dimensionnelle (retrait, fluage) et ils sont plus résistants que la pâte de ciment. Il faut par

conséquent, augmenter au maximum la quantité de granulats, en respectant toutefois les deux conditions suivantes:

- Les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité;
- La qualité de pâte liante doit être suffisante pour lier tous les grains et remplir les vides.

2. Le sable:

Les sables doivent présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse (MF). Celui-ci correspond à la somme de pourcentages des refus cumulés, ramenés à l'unité, pour les tamis de modules différents. Ce paramètre est en particulier utilisé pour caractériser la finesse des sables à bétons.

2.1) Module de finesse :

- Faire passer 2 kg de sable à travers une série de tamis dont le Plus petit diamètre est de 0,08 mm et la plus grand diamètre de 5mm.
- Peser le refus sur chaque tamis, on a g_i en gramme.
- Calculer le pourcentage de refus particulier g_i en %.

$$a_i = g_i / \sum g_i (\times 100 \%)$$

- Calculer le pourcentage de refus cumulé A_i en %

$$A_i = \sum a_i$$

- Calculer le module de finesse.

$$M_f = \sum a_i / 100$$

| Numéro de tamis | Poids du refus | % de refus particuliers a_i en % | % de refus cumulés A_i en % | Module de finesse M_f |
|-----------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

2.2) propreté:

Déterminer la propreté à l'aide d'un essai appelé « équivalent de sable »

- Prendre une quantité de sable.
- Prendre un volume d'eau dans un récipient gradué.
- Verser le sable dans le récipient gradué et bien agiter la solution eau + sable.
- Laisser décanter.
- Calculer l'ES.

$$ES = H_1 / H_2 (\times 100)$$

H_1 ; couche de sable.

H_2 ; couche de sable + impureté.

$$H_1 = 49 \text{ cm}$$

$$H_2 = 53 \text{ cm ES} = 92,4\%$$

3. Le Gravier:

2,1) Analyse granulométrique :

- Faire passer 4 kg de gravier à travers une série de tamis dont le Plus petit diamètre est de 5 mm et la plus grand diamètre de 31,5mm.
- Peser le refus sur chaque tamis, on a g_i en gramme.
- Calculer le pourcentage de refus particulier a_i en %.

$$a_i = g_i / \sum g_i (\times 100 \%)$$

- Calculer le pourcentage de refus cumulé A_i en %

$$A_i = \sum a_i$$

- Calculer le module de finesse.

$$M_f = \sum a_i / 100$$

| Numéro de tamis | Poids du refus | % de refus particuliers a_i en % | % de refus cumulés A_i en % | D_{\max} / D_{\min} |
|-----------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

2,2) impureté:

- Prendre 1kg de gravier, on a m_1 en g.
- Laver l'échantillon jusqu'à obtenir une eau claire.
- Sécher l'échantillon dans une étuve de séchage.
Peser l'échantillon à nouveau, on a m_2 .
- Calculer l'indice d'impureté :

$$I_{\text{imp}} = (m_1 - m_2 / m_1) \times 100\%$$

$$m_1 = 1000,45 \text{ g}$$

$$m_2 = 990,01 \text{ g } I_{\text{imp}} = 1,04 \%$$

Chapitre 4:

Le béton

1. Introduction :

Le béton est un matériau composite aggloméré constitué de granulats durs de diverses dimensions collées entre eux par un liant. Dans les bétons courants, les granulats sont des grains de pierre, sable, gravier, cailloux et le liant est un ciment, généralement un ciment portland. Les composants sont très différents: leurs masses volumiques vont, dans les bétons courants de 1 (eau) à 3 (ciment) t/m³. Si le type de liant utilisé n'est pas un ciment, on parle alors, selon le liant utilisé, de béton de résine, de béton d'hydrocarboné, de béton d'argile, etc.

Les différents granulats forment le squelette granulaire du mortier ou du béton. Le ciment, l'eau et les adjuvants forment la pâte liante.

Ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton courant, présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6.1.1: La composition des constituants de béton en poids et en volume

| Constituants | Eau | Air | Ciment | Granulats |
|--------------|---------|-------|--------|-----------|
| ▪ Volume (%) | 14 – 22 | 1 – 6 | 7 – 14 | 60 – 78 |
| ▪ Poids (%) | 5 – 9 | | 9 – 18 | 63 – 85 |

Principaux avantages et inconvénients du béton

1. Avantages du béton:

- Il est peu coûteux, facile à fabriquer et nécessite peu d'entretien.
- Il épouse toutes les formes qui lui sont données. Des modifications et adaptations du projet sur le chantier sont faciles à effectuer.
- Il devient solide comme de la pierre. Correctement utilisé, il dure des millénaires. Il résiste bien au feu et aux actions mécaniques usuelles.

- Associé à des armatures en acier, il acquiert des propriétés nouvelles qui en font un matériau de construction aux possibilités immenses (béton armé, béton précontraint).
- Il convient aux constructions monolithiques. Les assemblages sont faciles à réaliser dans le cas de béton coulé sur place. Dans la plupart des cas, les dimensions des ouvrages et éléments d'ouvrage en béton sont suffisants pour ne pas poser de problème délicat de stabilité.
- Les ressources nécessaires pour sa fabrication existent dans de nombreux pays en quantités presque illimitées.
- Il exige peu d'énergie pour sa fabrication.

2. Inconvénients du béton:

Les principaux inconvénients du béton ont pu être éliminés grâce à son association à des armatures en acier ou à l'utilisation de la précontrainte. De toutes façons, il reste les quelques inconvénients suivants:

- son poids propre élevé (densité de 2,4 environ qui peut être réduite à 1,8 dans le cas de bétons légers de structure et à moins de 1,0 dans le cas de béton légers d'isolation)
- sa faible isolation thermique (elle peut être facilement améliorée en ajoutant une couche de produit isolant ou en utilisant des béton légers spéciaux)
- le coût élevé entraîné par la destruction du béton en cas de modification d'un ouvrage.

2. L'ouvrabilité :

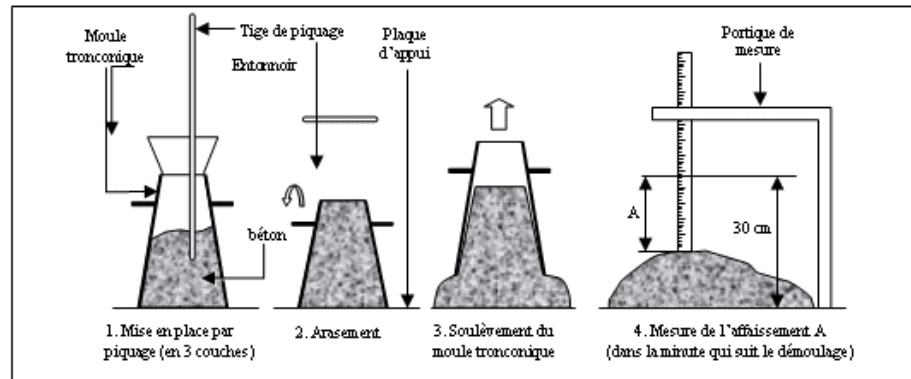
L'ouvrabilité c'est la capacité de la mise en œuvre du béton frais. Elle se détermine à l'aide d'un essai appelé essai au « cône d'ABRAMS ».

Cet essai est incontestablement un des plus simples et des plus fréquemment utilisés, car il est très facile à mettre en œuvre. Il ne nécessite qu'un matériel peu coûteux et peut être effectué directement sur chantier. L'appareillage se compose de 4 éléments: un moule tronconique sans fond de 30 cm de haut, de 20 cm de diamètre en sa partie inférieure et de 10 cm de diamètre en sa partie supérieure; une plaque d'appui; une tige de piquage; un portique de mesure.

- Prendre la composition suivante :
Pour 10 litres de béton frais :

Ciment : 4kg
Eau : 2,1 l
Sable : 7,5 kg
Gravier : 12 kg

- Malaxer la composition à l'aide d'une bétonnière.
- Verser le béton dans le cône d'ABRAMS en 3 couches et piquer chaque fois 25 fois.
- Soulever le cône d'un mouvement vertical.
- Le béton s'affaisse d'une valeur AC.
- Lire la valeur de AC.



AC : 0 à 4 cm.....Béton ferme.
5 à 9 cmBéton plastique.
10 à 15 cm.....Béton très plastique.
Supérieur à 16.....Béton Fluide

- D'après notre expérience, la valeur de AC = 7 cm.
Cela signifie que notre Béton est **plastique**.
- Mise en œuvre : vibration courante.

Conclusion :

La mesure de l'affaissement permet de vérifier si l'ouvrabilité du béton est conforme à l'ouvrabilité souhaitée.

Le dosage en eau du béton peut être ajusté selon le résultat de l'essai. Le dosage en eau est diminué pour un affaissement trop fort. Ce dosage est majoré pour un affaissement trop faible.

2) Résistance mécanique:

- Préparer des éprouvettes de 10.10.10 cm avec un béton plastique.
- Faire des essais à la compression à l'âge (7,14 et 28jours)