

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université D<sup>r</sup> Yahia Farès de Médéa**

**Faculté des Sciences et de la Technologie**

**Département de Génie de la Matière**

**Filière Génie Civil**

**3ème Année Licence**



**Travaux pratiques :**

## **Matériaux De Construction**

**Hall de Technologie**

**Laboratoire de Béton**

**Module : TP MDC**

**Chargé de TP : M<sup>r</sup> KORTEY.A**

**2015 - 2016**

## **I. But de l'essai**

Lors de la fabrication d'un béton, le malaxage est source de frottements intenses entre grains. Si ceux-ci ne sont pas assez résistants, ils peuvent se casser en produisant des sables ou des éléments fins. Il est donc nécessaire de procéder à des essais de résistance au choc, afin que les granulats puissent répondre aux spécifications de fabrication des bétons.

## **II. Principe de l'essai (NA.458/1990)**

L'essai consiste à mesurer la masse  $m$  d'éléments inférieurs à 1.6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

La résistance à la fragmentation aux chocs s'exprime par le coefficient Los Angeles  $L_A$  :

$$L_A = \frac{m}{M} 100$$

Avec :

**M** : la masse du matériau soumis à l'essai.

**m** : la masse des éléments inférieurs à 1.6 mm produits au cours de l'essai.

A partir du coefficient  $L_A$ , les granulats sont qualifiés comme suit :

- $L_A < 15$  : très bon ;
- $15 \leq L_A < 20$  : bon à moyen ;
- $20 \leq L_A < 30$  : moyen à faible ;
- $L_A \geq 30$  : médiocre.

### III. Equipement nécessaire

- Tamis 1.6 mm ;
- Balance ;
- Machine Los Angeles ;
- Charge de boulets : la charge est constituée par des boulets sphériques de  $47 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de diamètre et pesant entre 420 et 445 g, en acier Z 30 C 13.

### IV. Conduite de l'essai

- Prendre un échantillon de  $5 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$  ;
- Laver le matériau et le sécher à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$ , jusqu'à masse constante ;
- Introduire avec précaution la charge de boulets correspondant à la classe granulaire choisie, puis l'échantillon pour essai. La charge est fixée conformément aux indications du tableau suivant :

Classes granulaires (mm)	Nombre de boulets	Masse totale de la charge (g)
4 – 6.3	7	3 080
6.3 – 10	9	3 960
10 – 14	11	4 840
10 – 25	11	4 840
16 – 31.5	12	5 280
25 – 50	12	5 280

- Faire effectuer à la machine 500 rotations (30-35 tours/mn) ;
- Recueillir le granulat dans un bac placé sous l'appareil, en ayant soin d'amener l'ouverture, juste au-dessus de ce bac, afin d'éviter les pertes de matériau ;
- Tamiser le matériau contenu dans le bac sur le tamis de 1.6 mm ;
- Laver le refus au tamis de 1.6 mm. Égoutter et sécher à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$ . Peser ce refus une fois séché. Soit **m'** le résultat de la pesée.

## V. Expression des résultats

Le coefficient Los Angeles  $L_A$  est, par définition, le rapport :  $\frac{m}{5000} \cdot 100$

Ou :  $m = 5000 - m'$

## VI. Travail demander

Compléter le tableau suivant puis commenter les résultats obtenus.

Gravier	M (g)	m' (g)	m (g)	$L_A$
8/15	5000			
15/25	5000			

## **I. Introduction**

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents granulats dont on dispose, ainsi que le dosage en ciment et en eau, afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées pour la construction de l'ouvrage en cause.

Ils existent de nombreuses méthodes pour déterminer la composition du béton, on cite :

- Méthode de **BOLOMEY** ;
- Méthode d'**ABRAMS** ;
- Méthode de **FAURY** ;
- Méthode de **Dreux-Gorisse** ;
- Méthode de **VALETTE** ;
- Méthode de **JOISEL** ;
- etc.

## **II. Méthode de Dreux-Gorisse**

Cette méthode permet de définir d'une façon simple et rapide une formule de composition à peu près adaptée au béton étudié. Toutefois, seules quelques gâchées d'essai et la confection d'éprouvette permettront d'ajuster au mieux la composition définitive en fonction des qualités souhaitées et des matériaux utilisés.

### **II-1. Données de base**

**1- Nature de l'ouvrage** : ouvrage massif, élancé, de faible épaisseur, faiblement ou très ferrailé.

**2- Résistance souhaitée** :  $\sigma'_{28} = \sigma'_n + 15\%$

Ou  $\sigma'_n$  : la résistance nominale demandée.

### 3- Consistance désirée :

Elle est fonction de la densité de ferrailage, des moyens de serrage, ..., etc. Elle est définie par affaissement au cône *d'Abrams*, indiquée dans le tableau suivant :

**Tableau II.1 : Consistance.**

Plasticité	Serrage	Affaissement A en cm
Béton très ferme	Vibration puissante	0 à 2
Béton ferme	Bonne vibration	3 à 5
Béton plastique	Vibration courante	6 à 9
Béton mou	Piquage	10 à 13
Béton liquide	Léger piquage	$\geq 14$

### 4- Dimension maximale des granulats: ( $D_{\max}$ )

Elle est fonction des caractéristiques de la pièce à bétonner (coffrage, ferrailage,...). Les valeurs de D sont données au tableau II.2, pour une granulométrie continue. Pour une granulométrie discontinue il convient de diminuer les valeurs de 20 %.

**Tableau II.2 : Evaluation de  $D_{\max}$ .**

Caractéristiques de la pièce à bétonner	Dimension maximale des granulats	
	Roulés	Concassés
e (espacement horizontal entre armatures)	$\leq 0.9 e$	$\leq 0.8 e$
c (couverture)	$\leq 0.8 c$	$\leq 0.7 c$
r (rayon moyen du ferrailage)	$\leq 1.8 r$	$\leq 1.6 r$
R (rayon moyen du moule)	$\leq 1.2 R$	$\leq R$
$h_m$ (épaisseur minimale)	$\leq \frac{h_m}{4}$	$\leq \frac{h_m}{4}$

### 5- Dosages en ciment et en eau :

On commence par évaluer le rapport  $\frac{C}{E}$  en fonction de la résistance moyenne désirée  $\sigma'_{28}$  qui est donnée par la formule :

$$\sigma'_{28} = G.\sigma'_c \left( \frac{C}{E} - 0.5 \right)$$

Où :  $G$  : coefficient granulaire (tableau II.3).

$\sigma'_{28}$  : résistance moyenne désiré à 28 jours [MPa].

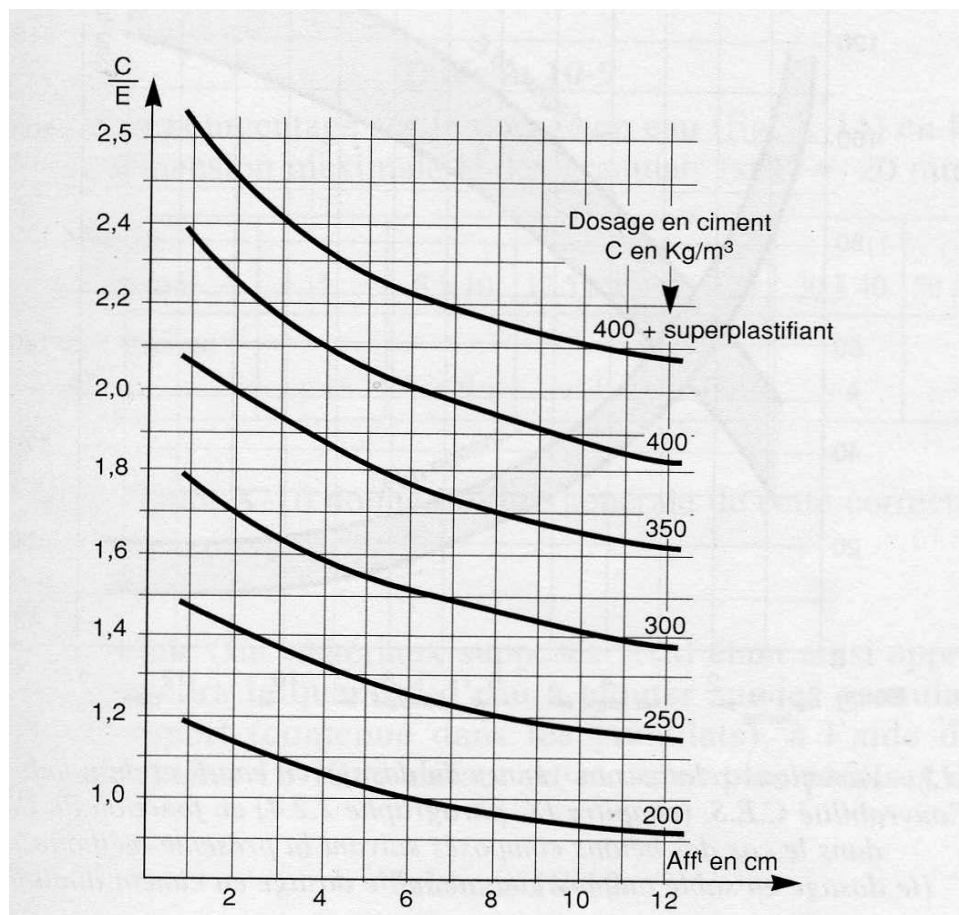
$\sigma'_c$  : classe de résistance vraie du ciment [MPa].

$C$  : dosage en ciment [Kg/m³].

$E$  : dosage en eau [l/m³].

La valeur définitive du rapport  $\frac{C}{E}$  doit respecter les conditions de consistance. Pour cela on

se réfère aux conclusions de graphe de :  $C = f\left(\frac{C}{E}, A\right)$ . On obtient ainsi "C".



**Fig. II.1** : Abaque permettant d'évaluer approximativement le dosage en ciment à prévoir en fonction du rapport  $E/C$  et de l'ouvrabilité désirée (affaissement au cône)

Le dosage en eau E est déduit, directement avec les corrections du tableau II.4.

**Tableau II.3 : Valeur de G .**

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	Fins ( $D \leq 16$ mm)	Moyens ( $25 \leq D \leq 40$ mm)	Gros ( $D \geq 63$ mm)
Excellente	0.55	0.60	0.65
Bonne, courante	0.45	0.50	0.55
Passable	0.35	0.40	0.45

**Tableau II.4 : Correction sur E en fonction de  $D_{\max}$ .**

Dimension maximale des granulats D (mm)	5	10	16	25	40	63	100
Correction sur E ( % )	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

## 6- Dosages des granulats :

### ❖ Tracé de la courbe granulométrique de référence

Elle doit être tracée sur une feuille d'analyse granulométrique (papier semi-logarithmique). Le ciment n'est pas inclus dans la courbe. Celle-ci est composée de deux segments OA et AB avec brisure en A.

- Abscisse x du point de brisure A :

Si  $D < 25$  mm :  $D/2$

Si  $D > 25$  mm : A se projette au milieu du segment limité par le module 38 (6.3 mm passoire) et le module correspondant à D.

- Ordonnée y du point de brisure A :

$$y = 50 - \sqrt{D} + k$$

Avec : k est un terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de la forme des granulats, de la puissance de serrage et de la finesse du sable.

k : est lu au tableau suivant :



**Tableau II.5 : Valeur du terme correcteur k.**

Vibration		Faible		Normal		puissante	
Forme des granulats (du sable en particulier)		Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
Dosage en ciment en kg/m <sup>3</sup>	400 + fluidifiant	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	2	-2	0	-4	-2
	350	2	4	0	2	-2	0
	300	4	6	2	4	0	2
	250	6	8	4	6	2	4
	200	8	10	6	8	4	6
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correction supplémentaire <b>k<sub>s</sub></b> : si <b>Mf ≠ 2.5</b> ; <b>k<sub>s</sub> = 6 Mf – 15</b></li> <li>• Correction supplémentaire <b>k<sub>p</sub></b> : pour un béton pompable <b>k<sub>p</sub> = +5 à +10</b></li> </ul>							

#### ❖ Volume total des granulats

Le coefficient de compacité **γ<sub>c</sub>** est le rapport du volume absolu des matières solides (ciment et granulats) par unité de volume de béton frais.

Le volume absolu de l'ensemble des granulats est:

$$V = 1000\gamma_c - c$$

Où : *c* est le volume absolu du ciment.

$$c = \frac{C}{3.1} \quad \text{Avec : } C \text{ est le dosage en ciment.}$$

γ<sub>c</sub> : coefficient de compacité (tableau II-6).

#### ❖ Proportions des divers granulats

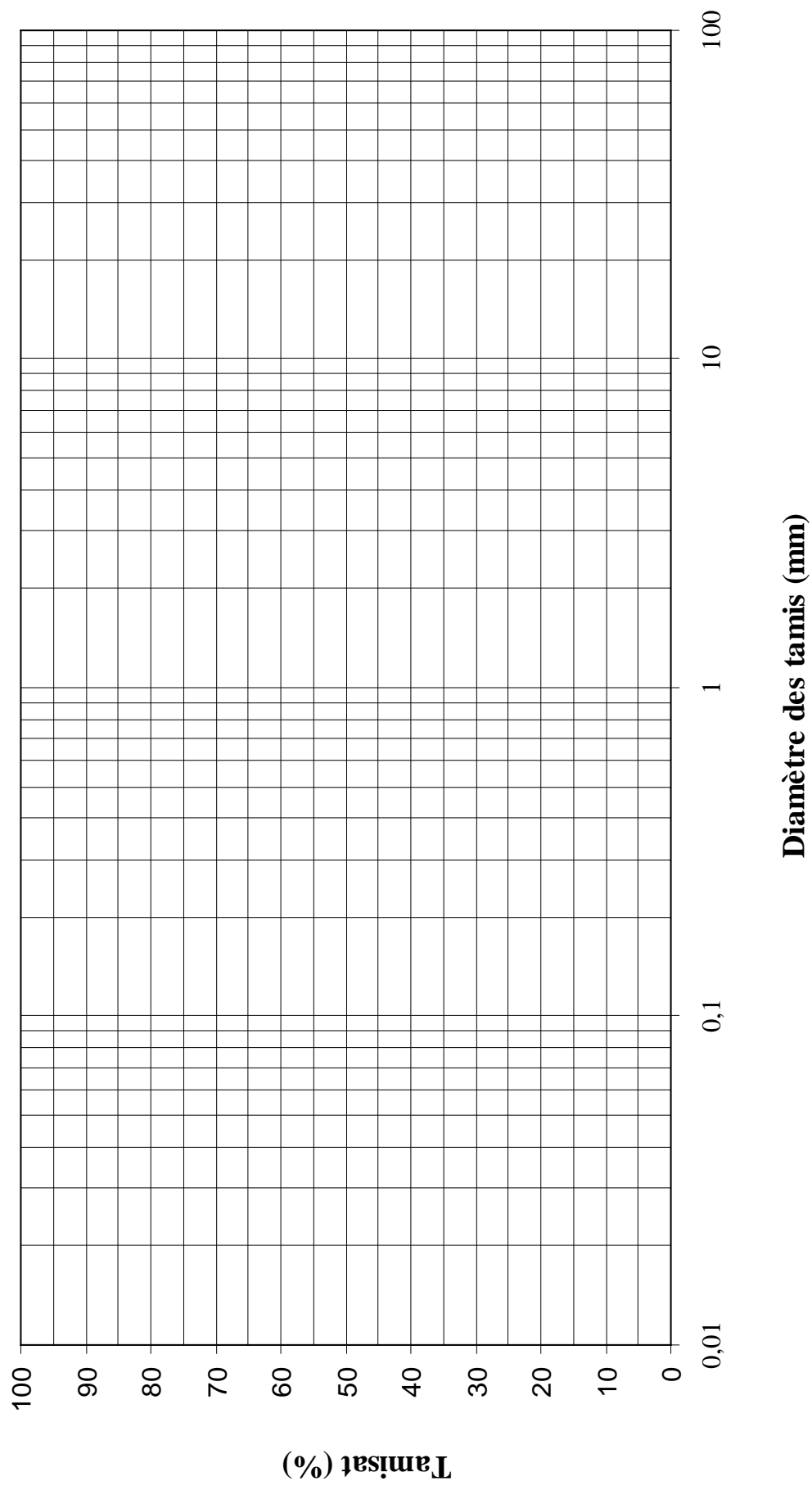
On trace les lignes de partage entre chacun des granulats en joignant le point à 95% de la courbe granulaire du premier, au point de 5% de la courbe du granulat suivant et ainsi de suite.

L'intersection de la courbe de référence avec la ou les droites de partage détermine le pourcentage en volume absolu des granulats.

**Tableau II-6 :** valeurs du coefficient de compacité  $\gamma_c$  en fonction de  $D_{\max}$  des granulats, de la consistance et de l'efficacité du serrage.

Consistance	Serrage	$\gamma_c$ coefficient de compacité						
		D = 5	D = 10	D = 12.5	D = 20	D = 31.5	D = 50	D = 80
<b>Molle</b>	Piquage	0.750	0.780	0.795	0.805	0.810	0.815	0.820
	Vibration faible	0.755	0.785	0.800	0.810	0.815	0.820	0.825
	Vibration normale	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
<b>Plastique</b>	Piquage	0.730	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
	Vibration faible	0.765	0.795	0.810	0.820	0.825	0.830	0.835
	Vibration normale	0.770	0.800	0.815	0.825	0.830	0.835	0.840
	Vibration puissante	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
<b>Ferme</b>	Vibration faible	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
	Vibration normale	0.780	0.810	0.825	0.835	0.840	0.845	0.850
	Vibration puissante	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855
<p>Ces valeurs sont convenables pour des granulats roulés sinon il conviendra d'apporter les corrections suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sable roulé et gravier concassé = – 0.01.</li> <li>- sable et gravier concassé = – 0.03.</li> </ul>								

## Courbe granulométrique



### III. Travail demandé

- Compléter les tableaux suivants ;
- Tracer la courbe granulométrique de référence ;
- Calculer le dosage de chaque un de constituants du béton pour 1 m<sup>3</sup> de celui-ci;
- Ajuster le calcul pour un volume de la somme de 3 éprouvettes cubiques (15 cm), et 2 éprouvettes prismatique (10×10×50).

- Données de base

$\sigma'_n$ (MPa)	$\sigma'_{28}$ (MPa)	A (cm)	D <sub>max</sub>	$\sigma'_c$ (MPa)	G	$\gamma_c$

- Calcul de E/C :
- Calcul de la composition de 1m<sup>3</sup> du béton :

Granulats		Sable	Gravier 8/15	Gravier 15/25
Pourcentages des granulats (%)				
Volume absolu des granulats (l)				
Dosages en matériaux (l)	Sable			
	Gravier 8/15			
	Gravier 15/25			
	Ciment			
	Eau			
Densités absolues des granulats	Sable			
	Gravier 8/15			
	Gravier 15/25			
Dosages en matériaux (kg)	Sable			
	Gravier 8/15			
	Gravier 15/25			
	Ciment			
	Eau			
Masse volumique théorique du béton (t/m³)				

## **I. Introduction**

Avant d'être un matériau présentant les qualités mécaniques d'un solide, le béton a été mis en place dans des coffrages. Cette opération doit pouvoir se faire avec le maximum de facilité. On dira qu'un béton est d'autant plus maniable (ou ouvrable) qu'il est d'autant plus aisé de le mettre en place dans les coffrages.

Cette maniabilité des bétons dépend surtout de :

- La quantité d'eau (rapport E/C),
- La teneur en eau des agrégats,
- Le dosage en éléments fins (sable et ciment),
- La qualité des granulats (forme et la finesse).
- L'environnement (HR, T, vent ...etc).

## **II. Objectif des essais d'ouvrabilité**

Il s'agit de quantifier cette maniabilité qui est une qualité, évolutive dans le temps, du béton avant prise, et classer les bétons suivant une échelle de fluidité croissante (ferme, plastique, très plastique et fluide).

Il existe de nombreux essais et tests divers permettant la mesure de certaines caractéristiques dont dépend l'ouvrabilité.

## **III. Essai d'affaissement au cône d'Abrams – Slump-test (NF P 18-451)**

### **❖ Domaine d'application**

C'est l'essai le plus couramment utilisé car il est très simple à mettre en œuvre. Il est utilisable tant que la dimension maximale des granulats ne dépasse pas 40 mm.

### **❖ Principe de l'essai**

L'essai consiste à mesurer l'affaissement d'un cône de béton sous l'effet de son propre poids. Plus cet affaissement sera grand et plus le béton sera réputé fluide.

### **❖ Equipement nécessaire**

L'appareillage est schématisé sur la figure 1 ; il se compose de 4 éléments :

- Un moule tronconique sans fond de 30 cm de hauteur, de 20 cm de diamètre en sa partie inférieure et de 10 cm de diamètre en sa partie supérieure.
- Une plaque d'appuis.
- Une tige de piquage.
- Un portique de mesure.

#### ❖ **Conduite de l'essai**

- 1- huiler légèrement le moule, et humecter la plaque de base. Fixer le cône sur la plaque.
- 2- Remplir le cône de béton.
  - le béton est introduit dans le moule en 3 couches d'égales hauteurs.
  - Chaque couche piquée de 25 coups au moyen de la tige de piquage.
  - Araser la dernière couche en roulant la tige de piquage sur le bord supérieur du moule.
- 3- Le démoulage s'opère en soulevant le moule avec précaution.
- 4- Laisser le mouvement d'affaissement se stabiliser (1 minute environ).
- 5- Mesurer l'affaissement A au moyen du portique (la mesure doit être effectuée sur le point le plus haut du béton).

#### ❖ **Valeurs usuelles de l'affaissement**

- 0 à 3 cm : béton très ferme.
- 3 à 6 cm : béton ferme.
- 6 à 9 cm : béton plastique.
- 9 à 13 cm : béton mou.
- Plus de 13 cm : béton très mou.

### **IV. Essai au Maniabilimètre L.C.P.C (NF P 18-452)**

#### ❖ **Domaine d'application**

Cet essai permet de tester des bétons dont le plus gros granulat peut avoir 50 mm de diamètre.

#### ❖ **Principe de l'essai**

Dans cet essai la consistance est caractérisée par le temps que met le béton pour s'écouler sous l'effet d'une vibration. Ce temps sera d'autant plus court que le béton sera plus fluide.

#### ❖ **Equipement nécessaire**

L'appareil utilisé est appelé « **Maniabilimètre A** » et est schématisé sur la figure 2. Il comporte :

- Un boîtier parallélépipédique métallique (60 cm × 30 cm × 30 cm).
- Une cloison amovible.

- Un vibreur.
- Un chronomètre.

#### ❖ Conduite de l'essai

- 1- huiler légèrement les parois internes de la cuve.
- 2- Le béton est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place en 4 couches. Chaque couche piquée de 6 coups au moyen de la tige de piquage.
- 3- Araser la dernière couche.
- 4- La cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre en même temps que la cloison est retirée.
- 5- Sous l'effet de la vibration le béton s'écoule. Le chronomètre est arrêté quand le béton atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier.
- 6- Le temps  $t$  mis par le béton pour s'écouler caractérise sa consistance.

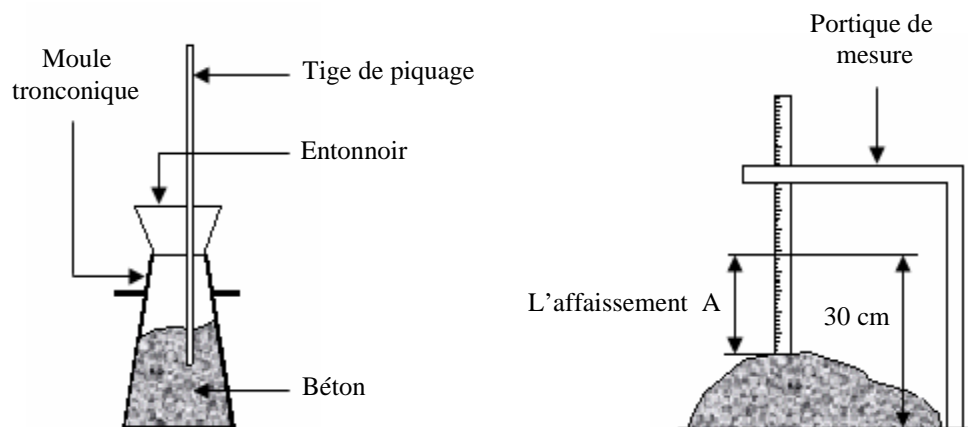
#### ❖ Valeurs usuelles du temps d'écoulement $t$

Ce temps sera d'autant plus court que le béton sera plus fluide (ou plus maniable), on constate en moyenne les valeurs suivantes :

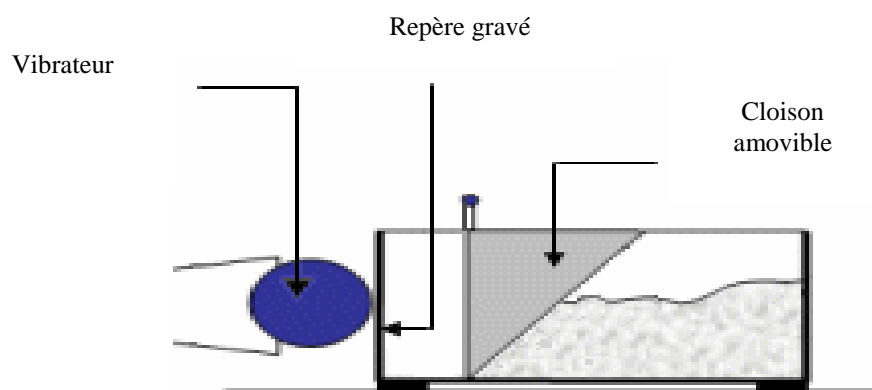
- $t < 10$  secondes : béton très mou.
- $t \approx 15$  secondes : béton mou.
- $20 < t < 30$  secondes : béton plastique.
- $t > 40$  secondes : béton très ferme.

## V. Travail demandé

- Confectionner un béton dont sa composition est bien déterminée ;
- Faire tester l'ouvrabilité de ce béton par les essais discrets précédemment ;
- Classer votre béton d'après les résultats d'essais obtenus ;
- Remplir ce béton dans les moules suivant la norme en vigueur ;
- Après 24 h décoffrer le béton, et conserver vos éprouvettes dans l'eau à 20 °C.



**Fig 1 : Mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.**



**Fig 2 : Maniabilimètre L.C.P.C.**



## **I- Introduction**

La résistance a été longtemps considérée comme la qualité essentielle, pour ne pas dire la seule, à rechercher pour un béton ; ouvrabilité et résistance sont à étudier de paire car elles sont étroitement dépendantes l'une de l'autre et d'autant plus qu'elles varient en sens inverse en fonction de certains facteurs essentiels de la composition du béton.

La résistance du béton se présente sous deux aspects essentiels : la résistance à la compression, et la résistance à la traction.

### **Notation :**

- la résistance en compression à 28 jours est désignée par  $f_{c28}$ .
- la résistance en traction à 28 jours est désignée par  $f_{t28}$ .

- **Objectif de l'essai**

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression et à la traction du béton, qui peut être mesurée en laboratoire sur des éprouvettes.

## **II- Essais de Compression (NF P 18 – 406)**

- **Principe de l'essai**

Elle se mesure par compression axiale de cylindres droits de révolution d'une hauteur double de leur diamètre. Le cylindre le plus couramment employé est le cylindre de (16×32) dont la section est de 200 cm<sup>2</sup> (figure 1).

- **Equipement nécessaire**

- Une machine d'essai qui est une presse de force et de dimension appropriées à l'éprouvette à tester et répondant aux prescriptions des normes NF P 18-411 et NF P 18-412.
- Un moyen pour rectifier les extrémités des éprouvettes : surfaçage au soufre, ou disque diamanté

- **Conduite de l'essai de rupture**

- L'éprouvette, une fois rectifiée, doit être bien centrée entre les plateaux de la presse d'essai.
- La mise en charge doit être effectuée à raison de 0,5 MPa/s avec une tolérance de 0,2 MPa/s. Pour des éprouvettes 16 × 32 cela signifie une montée en charge de 10 KN/s ± 4 KN/s.
- La charge de rupture, P, est la charge maximale enregistrée au cours de l'essai. Soit S la section orthogonale de l'éprouvette ; la résistance à la compression  $f_{c28}$ , est exprimée en MPa à 0,5MPa près et a

Pour expression :

$$f_{c28} = \frac{P}{S}$$

Dans la relation ci-dessus  $f_{c28}$  est directement obtenue en MPa si P est exprimée en méga newton (MN) et S en m<sup>2</sup>

### III- Essais de Traction (NF P 18 – 408)

L'essai le plus courant est l'essai de traction par flexion. Il s'effectue en général sur des éprouvettes prismatiques d'éclatement 4, reposant sur deux appuis, sous deux charges concentrées, symétriques, égales, appliquées au tiers de la portée (moment maximal constant entre les deux charges (Figure 2).

- **Principe de l'essai**

Cet essai consiste à rompre en flexion une éprouvette prismatique, de côté **a** et de longueur **4a**.

- **Equipement nécessaire**

- Une machine d'essai de flexion de dimension appropriée à l'éprouvette à tester et répondant aux prescriptions des normes en vigueur.

- **Conduite de l'essai**

- L'éprouvette, une fois rectifiée, doit être bien disposée sur les appuis de la machine d'essai.
- La charge de rupture, P, est la charge maximale enregistrée au cours de l'essai.

- La contrainte de flexion sur la fibre inférieure est donnée par la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{M}{I} \nu$$

Avec :

**M** : Moment de flexion constant entre les deux points d'application de la charge :  $M = \frac{P.a}{2}$

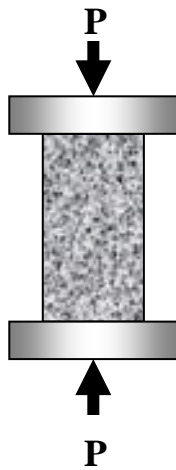
**I** : Moment d'inertie de la section transversale :  $I = \frac{a^4}{12}$

**v** : La distance de la fibre la plus éloignée :  $v = \frac{a}{2}$

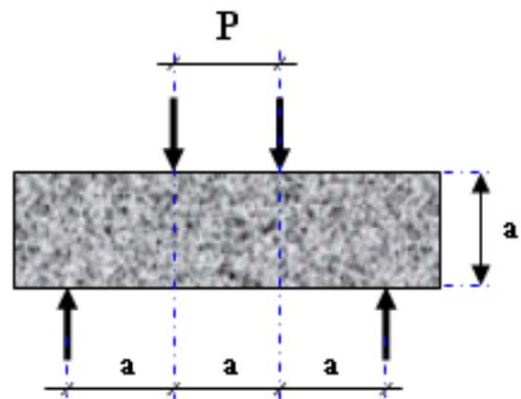
La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante :

$$f_{t28} = \frac{3P}{a^2}$$

On affecte un coefficient de 0,6 aux valeurs trouvées pour tenir compte de plastification du béton en on déduit la résistance à la traction ( $\sigma_t$ ) :  $f_{t28} = \frac{1.8P}{a^2}$



**Fig. 1** : Essai de compression



**Fig. 2** : Essai de traction par flexion

