

CENTRE UNIVERSITAIRE DE BECHAR

2004/2005

Dr. HAMOUINE A.

Maître de conférence

P



PREFACE

La formation de l'ingénieur en génie civil nécessite l'observation et la manipulation des moyens à la disposition de cette spécialité qu'il s'agit de direction de chantier et réalisation d'ouvrage ou expérimental.

Cependant, la théorie acquise durant le cycle de formation est impérativement accompagné par des travaux pratiques surtout en matière de matériaux de construction unité destinée aux étudiants de troisième année génie civil et hydraulique avec les étudiants de première année architecture.

Il faudrait signaler que cette matière seule, contient plusieurs thèmes nécessitant chacun au moins une séance de travaux pratiques. Cependant, la disponibilité de matériel au niveau du laboratoire exige l'usage des moyens de bords.

Nous avons exposé dans ce polycopié une série de T.P. adéquate au matériel disponible pour une bonne exploitation et compréhension de la matière, tout en espérant l'acquisition d'autre matériel qui fera sans doute sujet d'annexe du présent polycopié.

Dr HAMOUINE A.

SOMMAIRE

1-	<i>ESSAI DEVAL</i>	03
2-	<i>ESSAI LOS ANGELES</i>	06
3-	<i>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</i>	09
4-	<i>ESSAI SEDIMENTOMETRIE</i>	18
5-	<i>ESSAI SUR BETON FRAIS</i>	25
6-	<i>DOSAGE EN EAU (PLASTICITE ET RESISTANCE du BETON).....</i>	27
7-	<i>ESSAI DE COMPRESSION ET TRACTION DIRECTE</i>	29.
8-	<i>ESSAI DE TRACTION PAR FLEXION</i>	30
9-	<i>ESSAI BRESILIEN</i>	32
10-	<i>RESISTANCE DU BETON EN FONCTION DU TEMPS</i>	34
11-	<i>ETUDE DE LA COMPOSITION D'UN BETON</i>	36
12-	<i>COMPOSITION D'UN BETON METHODE DE FAURY.....</i>	39

CONTROLE A L'USURE DES GRANULATS

ESSAI DEVAL

Cet essai a pour but de déterminer l'usure des roches qualifiée par un coefficient de qualités des pierres cassées, ou coefficient DEVAL. Cet essai se fait donc sur les roches et les graviers.



figure 1 appareil de l'essai Deval

Mode Opératoire :

On introduit dans la machine DEVAL normalisée 44 pierres choisies de la roche prélevée de la carrière, d'un poids total de 5000 g +50 g près.

Les pierres seront choisies dans des lots de façon à satisfaire tout d'abord à cette condition de poids mais aussi de façon à être aussi cubique que possible et à avoir des arêtes vives. Cette dernière condition est essentielle. Au besoin les pierres seront retaillées au marteau avant l'essai. Les pierres auront une grosseur moyenne d'environ 6 à 7 cm.

La machine comporte deux cylindres creux inclinés par rapport à l'horizontale et pouvant tourner autour de leur axe, entraînés par un moteur.

A l'intérieur des cylindres on introduit deux boules d'acier en même temps que les pierres. Un cylindre servira à l'essai DEVAL sec, l'autre à l'essai DEVAL humide en y ajoutant de l'eau. Les 2 essais sont faits en même temps.

On laisse les 2 cylindres tourner à une vitesse de 2000 tr/h pendant 5 heures.

Soit 10.000 tours au total. L'usure du matériau se fait par attrition.

On récupère de chaque cylindre les 5000 g qu'on lave au tamis de 1,6 mm et qu'on passe à l'étuve pendant 24 h pour enfin un pesage sec.

Calculs :

Soit P_1 : le poids initial = 5000 g.

P_2 : le poids final après séchage.

On définit l'usure pour les 5000 g comme étant l'écart U entre le poids initial et le poids final.

$$U = P_1 - P_2$$

L'usure sur 1kg sera :

$$U_{kg} - \frac{U}{5} = \frac{P_1 - P_2}{5}$$

Ainsi Le coefficient DEVAL s'exprime :

$$D = \frac{400}{U_{kg}}$$

U : représente le poids de sable produit par l'attrition.

On remarque que le coefficient DEVAL sec est toujours supérieur au coefficient DEVAL humide.

Généralement le DEVAL humide est égal à 1/3 du DEVAL sec.

Il est à remarquer que plus le DEVAL est grand plus l'agrégat est dur et donc bon.. On peut dire qu'une carrière est bonne à utiliser si son DEVAL est supérieur à 12.

FICHE D'ESSAI

TYPE D'ESSAI : ESSAI DEVAL

PROVENANCE :

ECHANTILLON :

<i>Echtl [d/D]</i>	<i>Condi on D'exéc ution S ou H</i>	<i>N</i>	<i>Poids Initial P₁(g)</i>	<i>Poids Final Refus/Tam is 1,60 mm P₂(g)</i>	<i>Coefficient DEVAL D $\frac{2000}{R-P_2}$</i>	<i>Observati on</i>

[d/D] classification des granulats à étudier

S : Exécution sèche

H : Exécution humide

N : Nombre de trous

P₁ : Poids initial

P₂ : Poids final

D : Coefficient DEVAL

Contrôle de la dureté des graviers

ESSAI LOS ANGELES

Comme l'essai précédent, cet essai renseigne sur la dureté des roches se basant sur un coefficient, appelé coefficient Los Angeles C_L , et sur le principe de l'effritement par abrasion.



figure 2 appareil de l'essai Los Angeles

La machine utilisée comporte un cylindre creux pouvant tourner de son axe et où on introduit l'échantillon ainsi que des boulets d'acier jouant le rôle de charges abrasives.

Mode Opératoire :

La roche ramenée de la carrière est concassée puis tamisée. Selon le refus et le tamisat enregistrés lors de l'analyse granulométrique, on la classe dans une des quatre grandes catégories de granulométrie (introduire A ,B ,C ou D).

Cette classification va nous permettre de choisir précisément le nombre de boulets d'acier à utiliser selon les normes prescrites.

Les boulets ainsi que le matériau sont mis en place dans le cylindre.

La machine fait alors 500 tours en 15 minutes, 15 secondes.

Ce temps écoulé, on arrête la machine et on récupère 5000 g de l'échantillon sans faire de choix, l'échantillon est alors lavé au tamis de 1,6 mm puis passé à l'étuve pendant 24 heures jusqu'à poids constant.

Calculs :

Soit $P_1 = 5000$ g

P_2 = Poids de l'échantillon après séchage.

Par définition, le coefficient Los Angeles s'exprime C_L :

$$C_L = \frac{P_1 - P_2}{P_1} 100$$

Classification :

Un tableau de classification a été déjà tracé. Il permet de classer les roches en fonction du coefficient Los Angeles.

Coefficient C_L	Nature de la roche
< 20	Très dure
20 à 25	Dure
25 à 30	Assez dure
30 à 40	Mis dure
40 à 50	Tendre
> 50	Très tendre

Remarque : Plus le coefficient Los Angeles est petit plus la roche est bonne, ce qui se traduit en résistance du béton composé avec, car la dureté est synonyme de très grande résistance. Cependant, l'ensemble des grains déduits des roches même avec un C_L réduit assure une squelette de béton très rigide.

PROVENANCE :
ECHANTILLON :

<i>N° Echant.</i>	<i>Type de Granulat</i>	<i>Durée de L'essai</i>	<i>Poids Initial. (P_i) (g)</i>	<i>Poids Final (P_f) (g)</i>	<i>Usure Totale U=P_i-P_f (g)</i>	<i>Coef L.A $\frac{U-100}{P_i}$</i>	<i>Obs</i>

EX : Nombre de tours de la machine est de 500 Tours, correspondant à un temps de 15mn 15 s.

<i>(Refus)</i>	<i>D (Tamisat)</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
31,5	50	1250 g						
25	31,5	1250 g						
16	25	1250 g	2500 g					
12,5	16	1250 g	2500 g					
10	12,5			2500 g				
6,3	10			2500 g				
3,15	6,3				5000 g			
4	6,3					5000 g		
6,3	10						5000 g	
10	14							5000 g
CHARGE ABRASIVE		5010 g	4600 g	3340 g	2510 g	2920 g	3760 g	4600 g
NOMBRE DE BOULETS		12	13	8	6	7	9	11

I- But de l'essai

II- Appareillage

III- Principe de la méthode

IV- Préparation de l'échantillon

V- Mode Opératoire

a- Tamisage à sec

b- Tamisage sous l'eau

c- Différence des 2 méthodes

VI- Calculs et Classification

1- Cas d'une granulométrie géante

2- Classification des sols d'après la granulométrie

3- Observations

VII- Conclusions.

I- But de l'essai :

L'analyse granulométrique consiste à classer en classe granulaire un échantillon d'essai ou une masse de concassé ou roulé.

L'essai a pour but de déterminer, en poids, la distribution des grains du matériau, on sépare par tamisage les plus gros éléments jusqu'à 0,08 mm puis par sédimentation les éléments inférieurs à 0,08 mm.

Le diagramme granulométrique qui représente le résultat de cet essai est une courbe obtenue en représentant les résultats sur un graphique semi-logarithmique où il est porté :

♦ *En abscisses (Échelle logarithmique) une dimension donnée (diamètre du tamis ou module).*

♦ *En ordonnées (Échelle arithmétique) le pourcentage d'éléments dont la taille est inférieure à cette dimension.*

II- Appareillage :

- Une passoire et tamis de contrôle.*
- Une balance de 15 Kgs au gramme près.*
- Une étuve de séchage avec thermostat.*
- Des plateaux 50x50x10 cm..*
- Un arrosoir.*
- Des pinceaux.*

III-Principe de la méthode :

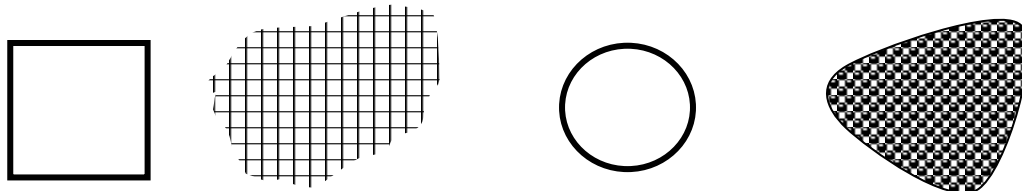
L'essai consiste à fractionner, au moyen d'une série de tamis ou passoires un matériau de plusieurs catégories de grains décroissants (figure3) .

On appelle refus sur un tamis ou une passoire le matériau qui est retenu.

On appelle tamisat, le matériau qui passe.

Les poids des différents refus sont rapportés au poids initial du matériau.

Les pourcentages obtenus servent à faire la courbe granulométrique.



Maille du tamis

Maille du passoire

Figure 3 maille carrée et maille circulaire

IV- Préparation de L'échantillon :

L'échantillon doit représenter le plus fidèlement possible la composition du sol à essayer. Des ségrégations ont pu se produire pendant le transport donc le prélèvement sera d'abord bien brassé et mis en tas conique.

A l'aide d'un échantillonneur ou par la méthode des quartages successifs, on formera l'échantillon à analyser. Le poids de l'échantillon dépend des dimensions et au pourcentage des éléments les plus gros qu'il contient.

Expérimentalement on retient les valeurs suivantes :

Pour les éléments de diamètre supérieur à 100 mm, on prend 20 à 22 Kg d'échantillon.

Pour les éléments de diamètre supérieur à 63 mm, on prend 12 à 15 Kg d'échantillon .

<i>Passoires diamètre en(mm)</i>	<i>Poids de l'échantillon à relever (Kg)</i>
<i>100</i>	<i>20 à 22</i>
<i>63</i>	<i>12 à 15</i>
<i>40</i>	<i>8 à 10</i>
<i>25</i>	<i>5 à 6</i>
<i>12,5</i>	<i>3 à 4</i>

v-Mode Opératoire

Le tamisage peut-être effectué, soit sous l'eau, soit à sec. Le tamisage à sec n'est précis que pour les matériaux pulvérulents. Exemples, cailloux, graviers, sable.

Dés que le sol comporte des éléments limoneux ou argileux, le tamisage doit s'effectuer sous l'eau. L'échantillon retenu pour le tamisage ne doit en aucun cas être pulvérisé préalablement aux opérations de tamisage même s'il est aggloméré à la sortie de l'étuve, il ne doit jamais être soumis à l'action d'un pilon ou d'un broyeur à boulets.

a) Tamisage à sec

On prend tout d'abord la série des passoires normales (12,5-25-40-63-100 mm)

La passoire du plus gros module est placée sur le plateau qui sert à recueillir le tamisat. Puis l'échantillon est versé sur la passoire, en plusieurs fois pour ne pas surcharger. On secoue la passoire par des brusques secousses horizontales de faible amplitude, on opère dans toutes les directions, puis on remue à la main les cailloux dans la passoire pour accélérer leur passage et

ceci sans forcer sur la tôle perforée; et on poursuit cette opération jusqu'à ce qu'il ne passe pratiquement plus aucun élément. A ce moment là, on prend le refus, on le pèse au gramme près et inscrit la valeur de la pesée sur la feuille d'essai. Puis le tamisat contenu dans le plateau est renversé sur la passoire de dimension immédiatement inférieure préalablement placée sur un second plateau.

On recommence les opérations de tamisage précédentes avec cette seconde passoire puis successivement avec les deux dernières passoires et à chaque fois on note les refus retenus par chaque passoire. Le tamisat recueilli sous la dernière passoire, s'il ne contient pas de cailloux et de gros graviers, est tamisé avec la série de tamis normaux (0,80-0,1-0,2-0,4-1-2-5 mm) ; ils sont emboîtés convenablement les uns dans les autres et munis d'un fond pour former la colonne de tamisage. Puis de nouveau par la méthode de quartages successifs soit à l'aide d'un échantillonneur, le fractionnement du tamisat se fait, on notera sur la feuille d'essai le nouveau poids P_1 de la fraction retenue $200 < P_1 < 500 D$

De nouveau on verse l'échantillon ou le tamisat sur le tamis supérieur, On met le couvercle et on répète les mêmes opérations, c'est-à-dire on secoue l'ensemble des tamis de brusque secousses horizontales pendant quelques minutes, on remue les matériaux qui se trouvent dans le tamis supérieur, toujours en prenant soin de ne pas appuyer sur le toile pour forcer le passage des éléments, pour ne pas fausser l'opération et pour ne pas détériorer la toile tamisante.

On arrête lorsqu'il ne passe plus rien, on enlève le tamis, on pèse au gramme près le refus et l'on note le poids sur la feuille d'essai.

Lorsque le dernier refus au tamis de 0,80 mm a été ainsi déterminé, on pèse le résidu contenu dans le fond placé sous la série des tamis. On porte sur la feuille de calcul tous les refus cumulés et on calcule facilement le pourcentage des tamisats et on trace alors la courbe granulométrique.

b)- Tamisage sous l'eau

L'échantillon sec dont on a noté le poids P est mis à détremper dans un bac en tôle rempli d'eau pendant un temps suffisant, afin d'obtenir la désagrégation complète des mottes de terre et de cailloux. L'opération peut durer de quelques minutes à plusieurs heures ; on pourra l'accélérer en brisant de temps à autre le contenu du bac, on enlève les cailloux et les graviers, puis on sépare les gros éléments de la fraction la plus fine de l'échantillon, en utilisant la passoire de 12,5 mm. On place cette dernière au dessus d'un bac posé sur l'évier sous le robinet de lavage. Le bec doit avoir une contenance supérieure à celle du premier. On verse lentement tout le contenu du premier bac sur la passoire, on rince soigneusement ce bac sur la passoire, on secoue la passoire en prenant soin de ne pas projeter de matériaux hors du deuxième bac, on poursuit le tamisage, en remuant les matériaux qu'elle contient, puis on lave

le contenu de cette passoire, on continue à remuer les matériaux jusqu'à ce qu'il ne reste sur la passoire que des cailloux et des graviers bien propres.

Pendant toute l'opération, il faudra veiller à ce que le deuxième bac ne déborde pas. Le refus de la passoire est séché à l'étuve à 105 C, jusqu'au poids constant et son tamisage sera opéré à sec avec la série des passoires normales (100-63-40-25-12,5 mm). Il ne faut pas oublier de passer le dernier refus à la passoire de 12,5 mm.

On pèse à chaque fois les refus des différents tamis, et on porte les résultats sur la feuille de calcul et on passe à la phase de calcul.

c)- Différences entre les deux méthodes

La différence entre les deux méthodes est simple à voir, dans l'une on effectue un lavage, alors que dans l'autre, on réalise directement l'essai. Dans un tableau on mettra les différences du tamisage à sec et du tamisage dans l'eau.

	<i>Tamisage sous l'eau</i>	<i>Tamisage à sec</i>
<i>Classification</i>	<i>Granulométrie Normale</i>	<i>Granulométrie Géante</i>
<i>% d'Impuretés</i>	<i>Élevé</i>	<i>Faible</i>
<i>Nature du matériau</i>	<i>Sables, limions, argiles.. Éléments < 12,5mm</i>	<i>Gravillons, cailloux Éléments > 12,5 mm</i>

VI – Calculs et Classification

1- Cas d'une granulométrie géante

On prend un matériau de poids $P = 2000g$ par échantillonnage on pèse 13362 g.

***Formules**

-Poids de l'échantillon : déterminé par pesée directe.

-Poids du refus cumulé : déterminé par pesée directe.

-Refus cumulé (en%) = $\frac{\text{poids du refus cumulé} \times 100}{\text{poids de l'échantillon}}$

-Complément à 100 des refus cumulés = $100 - \text{refus cumulé en } (\%)$.

-Tamisat en (%) : avant le fractionnement, le % du tamisat est égal au complément à 100 des refus cumulés.

-Après fractionnement, le % du tamisat est égal au complément à 100 des refus cumulés, multiplié par le dernier tamisat en % calculé avant le fractionnement.

2- Classification des sols d'après la granulométrie

La classification de base suivante, en progression géométrique de raison 1/10 s'établit comme suit :

<i>Enrochement</i>	<i>$D > 200 \text{ (mm)}$</i>
<i>Caillou</i>	<i>$200 > d > 20$</i>
<i>Gravier</i>	<i>$20 > d > 2$</i>
<i>Sable gros</i>	<i>$2 > d > 0,2$</i>
<i>Sables fins</i>	<i>$0,2 > d > 0,02$</i>
<i>Silt</i>	<i>$0,02 > d > 0,002$</i>
<i>Argile</i>	<i>$2 \text{ à } 0,20 \text{ (}\mu\text{)}$</i>
<i>Ultra</i>	<i>$0,2 \text{ à } 0,02(\mu)$</i>

3-Observations

** Cas des refus : imbibition pendant 48 heures ; tamisage sous l'eau sans forces*

** Sables : marnes consolidées, sur l'avis de l'ingénieur chargé de l'étude, on fait l'essai.*

** Qualités insuffisantes ; on fait GH sur une fraction du matériau et on note le poids des enlevés après avis de l'ingénieur.*

- Température d'étuvage 5°C, pour les sols gypseux et les sols organiques.

VII- Conclusion

La courbe granulométrique est le résultat de l'essai, elle nous renseigne sur son uniformité, on caractérise un sol par la granulométrie c'est- à – dire par le coefficient d'uniformité ou coefficient de Hazen, qui est défini comme suit :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

- si $(d_{60}/d_{10}) < 2$ le sol présente une granulométrie uniforme.

- si $(d_{60}/d_{10}) > 2$ le sol présente une granulométrie variée.

**Selon Hazen, on admet que la perméabilité d'un sol dépend premièrement du coefficient d'uniformité et du diamètre efficace d_{10} .*

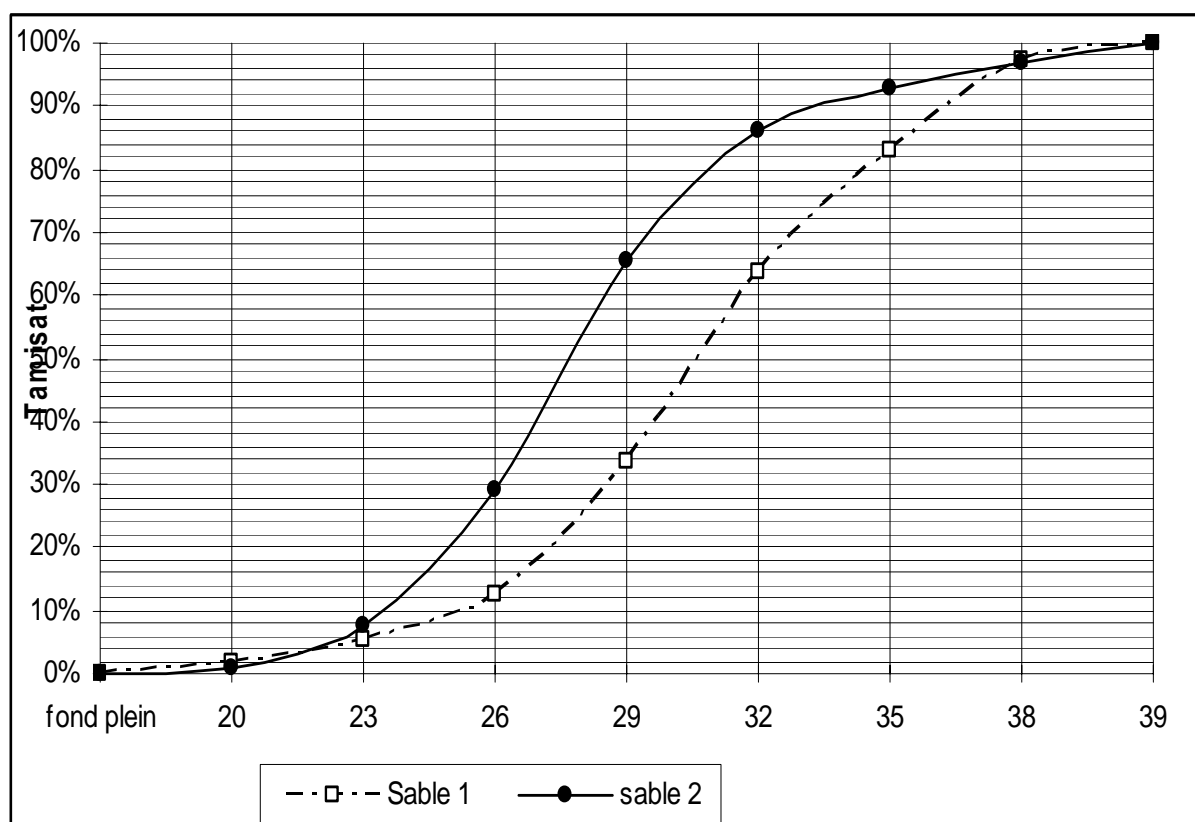
La courbe granulométrique donne pour chaque diamètre d_x , le poids x des particules de cette taille ou de la taille inférieure.

Exemple 1

sable n°2	masse initiale		1200 g
-----------	----------------	--	--------

module AFNOR	tamis dimension en mm	sable n°1			sable n°2		
		refus cumulé		Tamisat	refus cumulé		Tamisat
		masse g	en %	en %	masse g	en %	en %
fond plein		2600 g	100%	0%	1200 g	100%	0%
20	0.080	2550 g	98%	2%	1188 g	99%	1%
23	0.160	2460 g	95%	5%	1110 g	93%	8%
26	0.315	2272 g	87%	13%	848 g	71%	29%
29	0.630	1722 g	66%	34%	415 g	35%	65%
32	1.250	942 g	36%	64%	168 g	14%	86%
35	2.500	442 g	17%	83%	84 g	7%	93%
38	5.000	72 g	3%	97%	38 g	3%	97%
39	6.300	0 g	0%	100%	0 g	0%	100%

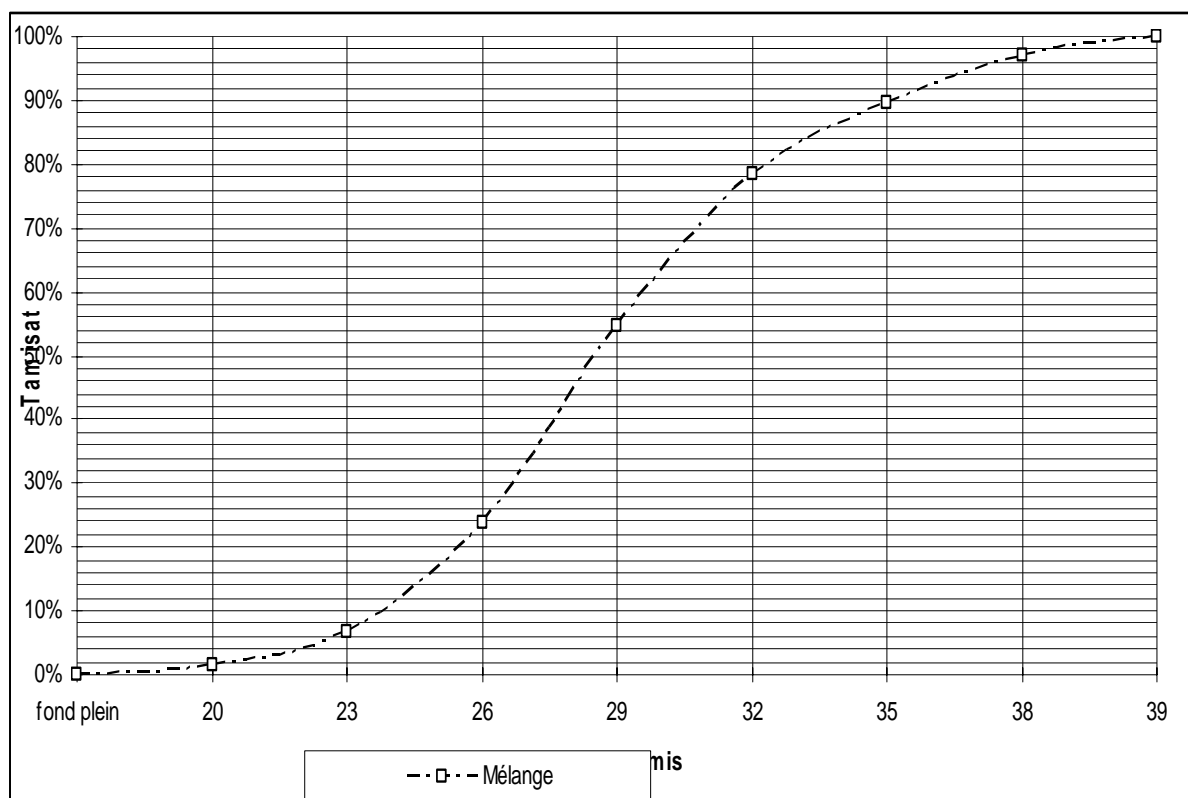
Module de finesse Mf1:	3.04	Module de finesse Mf2:	2.22
------------------------	------	------------------------	------



Exemple 2

Module AFNOR	Tamis dimension en mm	sable1	sable 2	mélange	
		tamisé	tamisé	tamisé	refus
		en %	en %	en %	en %
fond plein		0%	0%	0%	100%
20	0.080	2%	1%	1%	99%
23	0.160	5%	8%	7%	93%
26	0.315	13%	29%	24%	76%
29	0.630	34%	65%	55%	45%
32	1.250	64%	86%	78%	22%
35	2.500	83%	93%	90%	10%
38	5.000	97%	97%	97%	3%
39	6.300	100%	100%	100%	0%

module de finesse S1:	2.50
-----------------------	------



ESSAI SEDIMENTOMETRIE

I – But de L’essai

II – L’Essai de Sédimentométrie.

- 1-Principe de la méthode.
- 2- Préparation de L’essai.
- 3- Manipulation
- 4- Remarques
- 5- Calculs : exemple

III – Conclusion

ESSAI SEDIMENTOMETRIE

I- But de L'essai :

Le tamisage n'est plus possible, lorsque la dimension des particules est inférieure à $100\ \mu$; donc on a recours à la sédimentométrie.

Le but de cet essai est de mesurer sans commettre une grande erreur à différentes époques à l'aide d'un densimètre une suspension de sol.

Il permet de tracer complètement la courbe granulométrique.

II- L'essai de Sédimentométrie :

1- Principe de la méthode :

Cette méthode est basée sur la loi de Stokes qui exprime la vitesse de décantation d'une particule sphérique dans un liquide visqueux en fonction du diamètre de la particule.

Cette relation s'écrit : $v = \frac{(\lambda_s - \lambda_0)}{18\eta} d^2$ unité en CGS

Où :

v : vitesse de décantation en cm/s.

λ : Poids spécifique du grain en dynes.

λ_0 : Poids spécifique d'eau en dynes.

d : Diamètre de la sphère en mm.

η : Viscosité du liquide en poises.

On travaille sur une suspension initialement homogène, la décantation des particules détruit cette homogénéité. La densité de la suspension n'est plus constante à un instant t donné après le début de l'expérience, elle varie avec la profondeur.

Avec le densimètre on mesure la densité moyenne ; et on peut admettre que cette densité moyenne sans erreur notable est égale à la densité de la suspension à la profondeur H du centre de gravité du tube du densimètre.

Les particules qui, à l'instant initial, étaient en surface et qui, à l'instant, sont à la profondeur H , ont décanté avec une vitesse $\frac{H}{t}$; elles ont donc une dimension :

$$d_y = \sqrt{\frac{18\eta H}{(\lambda_s - \lambda_0)t}}$$

Pour les particules plus grosses leur vitesse de décantation est plus élevée donc à l'instant t à la profondeur H , on ne trouve que des particules de dimensions égales ou inférieures à dy .

On suppose que les vitesses de décantation sont constantes ces particules de même taille de la suspension initiale.

V : volume de la suspension.

P : poids du sol sec contenu dans la suspension.

Y : le pourcentage en poids de sol sec des particules de dimensions inférieures ou égales à dy .

La densité τ de la suspension à l'instant t , à la profondeur h est donc :

$$y = \frac{v}{P} \frac{\lambda_s - \lambda_0(\tau - 1)}{\lambda_s - \lambda_0}$$

À l'instant t , on mesure la densité τ , à l'aide du densimètre et on en déduit immédiatement h .

H étant la distance de la graduation τ au centre de gravité du bulbe.

On peut calculer y et dy et de cette façon on détermine un point de la courbe granulométrique, et on obtient le reste des points de la courbe granulométrique en recommençant la mesure plusieurs fois.

2-Préparation de l'essai :

Les tamisats de diamètre 100 μ sont recueillis après l'essai de la granulométrie, on met ces éléments inférieurs à 100 μ à l'étuve pendant 24^h à une température de 105°C.

On travaille légèrement et soigneusement, on pratique un léger compactage pour casser les petites mottes de l'échantillon et ceci à l'aide d'un petit mortier et d'un pilon ; puis on met l'échantillon compacté dans un sachet en nylon mais avant cette opération on fait l'échantillonnage à l'aide d'un petit échantillonneur.

3- Manipulation :

On pèse 20,02 gr du matériau contenu dans les sachets, on verse de l'eau distillée dans une éprouvette graduée jusqu'à obtention d'un demi-litre, puis on verse 20,02 gr de l'échantillon dans l'éprouvette, on met cette éprouvette sous l'air pendant 1^h30mm, puis 30mm, après avoir mis l'éprouvette sous l'air, on ajoute au matériau un agent défloculant tel que le silicate de soude ou le pyrophosphate de soude ou du phosphate de sodium. La solution se prépare à partir d'un litre d'eau distillée et de 102 grs de phosphate de sodium solide.

On attend 1^h30 mm après avoir mis l'agent défloculant sous l'air, on remplit l'éprouvette d'eau distillée jusqu'à litre. On laisse le matériau se

stabiliser et les particules se décanter pendant une durée de 18 heures à 24 heures

Après cette stabilisation, on agite pendant 2 mm l'ensemble de la solution à l'aide d'un agitateur afin de séparer les grains à nouveau. On ne touche plus l'éprouvette pour ne pas perturber les particules. On plonge le densimètre dans l'éprouvette et on prend les lectures. Au cours de l'essai on plonge le thermomètre pour relever la température. Les résultats sont inscrits sur la feuille d'essai. A la fin de l'essai on passe à la phase du calcul et on complète la courbe granulométrique.

4- Remarques

Le densimètre nous permet de déterminer la densité des grains

Lorsqu'on plonge le densimètre dans la solution, on le met à la graduation 10, et en fonction du temps le densimètre varie.

Le poids du densimètre est équilibré par le poids du volume d'eau et des sédiments déplacés.

Les particules sont plus ou moins libérées, le tracé des courbes granulométriques dépend du mode opératoire.

En plus des erreurs dues au mode opératoire, il existe des erreurs provenant des hypothèses sur lesquelles la loi de Stokes est basée

Les grains sont les sphères.

Le poids spécifique des grains est connu.

La correction apportée est fonction de la température principalement dans les conditions d'essais :

Si $T > 20^\circ$ on ajoute la correction.

Si $T < 20^\circ$ on retranche la correction.

5- Calculs : Exemple.

Soit t : temps du début de l'essai

$t = 9^h 35^{mn}$

$t + t'' \rightarrow \text{lecture} = 9,5 \quad T = 25^\circ\text{C}$

Correction = 1,044 \rightarrow lecture corrigée = 10,544 = 9,5 + 1,044

ϕ microns = $\phi 80 \mu$.

(%) T_a = dernier pourcentage de tamisât de la courbe granulométrique = 77,5%

III- Conclusion

Dans cet essai de sédimentométrie on a pu savoir exactement la proportion des éléments donc tracer complètement la courbe granulométrique du matériau à étudier.

Les erreurs s'accumulent dans l'essai de sédimentométrie, ces erreurs proviennent généralement du mode opératoire, de l'opérateur, de la température....

L'ensemble de ces erreurs se solde généralement par une trop forte proportion d'éléments fins, erreur qui est dans le sens de la sécurité pour l'ingénieur, les éléments fins étant les plus visibles.

ANALYSE DE SEDIMENTOMETRIE

Opérateur : sondage : P_2 Echantillon n° :
Date : Nature :
Poids spécifique : Densimètre n° : 4 Profondeur : 1,50 m

<i>Heure</i>		<i>lecture</i>	<i>T°</i>	<i>Correction</i>	<i>Lecture corrigée</i>	<i>Ø microns</i>	<i>%</i>	<i>Observations</i>
9 ^H 42	15''	9,5	25°1	1,044	10,768	80	77,5%	
	30''	9,0	/	/	10,568	75	74,0%	
	1''	8,0	/	/	10,068	55	66,2%	
	2'	7,0	/	/	9,568	38	59,0%	
9 ^H 47	5'	5,9	/	/	8,268	25	50,4%	
9 ^H 52	10'	4,9	25°2	1,068	6,868	17	43,7%	
9 ^H 02	20'	3,9	/	/	5,168	12	36,5%	
9 ^H 22	40'	3,0	25°3	1,09	4,016	8	30,0%	
9 ^H 02	80'	2,2	25°4	1,116	3,040	6	24,3%	
9 ^H 22	160'	1,3	25°6	1,164	2,264	4	18,0%	
9 ^H 02	320'	0,5	25°7	1,188	1,588	3	12,4%	

ANALYSE DE SEDIMENTOMETRIE

Opérateur : sondage : P_2 Echantillon n° :
Date : Nature :
Poids spécifique : Densimètre n° : 4 Profondeur : 1,50 m

<i>Heure</i>		<i>lecture</i>	<i>T°</i>	<i>Correction</i>	<i>Lecture corrigée</i>	<i>Ø microns</i>	<i>%</i>	<i>Observations</i>
9 ^H 35	15''	9,7	25°2	1,068	10,768	80	98,6%	
	30''	9,5	/	/	10,568	75	96,5%	
	1''	9,0	/	/	10,068	55	92,2%	
	2'	8,5	/	/	9,568	38	88,0%	
9 ^H 40	5'	7,2	/	/	8,268	25	76,0%	
9 ^H 45	10'	5,8	/	/	6,868	17	63,0%	
9 ^H 55	20'	4,1	/	/	5,168	12	47,5%	
9 ^H 15	40'	2,9	25°4	1,116	4,016	8	36,8%	
9 ^H 55	80'	1,9	25°5	1,140	3,040	6	27,8%	
9 ^H 15	160'	1,1	25°6	1,164	2,264	4	20,8%	
9 ^H 55	320'	0,4	25°7	1,188	1,588	3	14,5%	

ESSAI SUR BETON FRAIS

ESSAI SUR BETON FRAIS :

1/ Essai d'affaissement au cône d'Abrahms :

L'essai consiste à mesurer l'affaissement d'une masse de béton frais après démoulage.

2/ Maniabilité :

C'est une simulation de l'écoulement d'un béton dans un coffrage avec vibration. Cette aptitude est repérée par le temps que met le béton pour atteindre un niveau.

3/Essai au cône d'abrahms :

Cet essai est exécuté sur le béton frais en vue de déterminer l'ouvrabilité du béton

Il s'agit de mesurer l'affaissement d'une masse de béton frais après démoulage et les résultats obtenus permettent de classer le béton selon leur maniabilité.



Figure 4 Appareillage de cône d'Abrahms

MATERIEL UTILISE :

Cône d'Abrahms : plaque de base, hausse pour remplissage, tige en acier $l = 60\text{ cm}$; $\varnothing 1,6$ et portique avec règle pour mesurer l'affaissement.

MODE OPERATOIRE :

- Nettoyer et humidifier la surface d'appui à l'aide d'une éponge*
- Introduire le béton en 3 couches recevant chacune 25 coups de piquage*
- Araser le moule puis démouler immédiatement avec précaution*
- Attendre une minute et mesurer l'affaissement*

REMARQUE :

Vu que l'essai au cône d'Abrahms présente une assez forte dispersion on aura avantage à faire plusieurs essai

(3 au minimum) sur le même béton et prendre la moyenne

Si l'affaissement du béton est accompagné de cisaillement il y a lieu de recommencer l'essai.

RESULTAT ET INTERPRETATION :

Le résultat obtenu permet de classer les bétons (voir tableau ci dessous)

Cet essai ne convient pas des bétons trop secs ou dont les granulats ont des diamètres > 25 mm (essai étalement)

Pour des pièces en béton armé courant l'affaissement doit être de l'ordre de 5 à 7 cm

AFFAISSEMENT (cm)	QUALIFICATION DU BETON
0-3	Très ferme
3-6	Ferme
6-9	Normal
9-13	Mou
>13	Très mou

2/ maniabilité : moule parallélépipédique ouvert en haut et portant un vibreur sur le côté.

DOSAGE EN EAU (PLASTICITE ET RESISTANCE DU BETON)

A – FABRICATION

Dosage pour 1 m³ de béton : granulats 0/5 : 510 l
5 /15 : 750 l
Ciment : 350 Kg
Eau : 160 l

1 – Déterminer la teneur en eau des granulats

2 – Calculer le dosage pondéral pour 1 m³ de béton :

a – granulats secs

b – granulats mouillés

3 –Fabriquer 30 litres de béton.

B – MANIPULATION

I – Béton frais

1. Effectuer un essai d'affaissement au cône d'Abrams : le cône préalablement huilé, est rempli en 4 couches, chacune étant mise en place par 20 coups de dame.

Noter l'aspect du béton.

2. Confectionner un moule de 3 éprouvettes 7 x 7 x 28 (la section réelle de chacune est de 50 cm²) et le placer dans la salle de conservation.

3. Au béton restant rajouter :

0,63 l d'eau pour obtenir un béton dosé à 180 l d'eau / m³

0,56 l d'eau pour obtenir un béton dosé à 200 l d'eau / m³

0,48 l d'eau pour obtenir un béton dosé à 220 l d'eau / m³

0,40 l d'eau pour obtenir un béton dosé à 240 l d'eau / m³

(Ces quantités d'eau seront retrouvées par le calcul)

Pour chacun de ces dosages réitérer les opérations 1 et 2.

II- Béton durci

Après durcissement les éprouvettes sont rompues en flexion et les deux moitiés obtenues en compression.

- **Remarque :** *Ne pas oublier de nettoyer tout le matériel utilisé.*

C – COMPTE-RENDU

I – Béton frais :

Tracer la courbe représentant la variation de l'affaissement en fonction du dosage en eau, commenter.

II- Béton durci :

1°) présenter les résultats obtenus sous forme de tableaux.

2°) Calculer les contraintes de rupture, moyennes, dispersions.

3°) Tracer sur un même graphique les courbes représentant la variation des résistances

*En traction par flexion et en compression en fonction du dosage en eau.
Analyser et comparer les deux courbes.*

4°) faire une synthèse des résultats obtenus sur béton frais et béton durci.

ESSAI DE COMPRESSION

Le but est de déterminer la résistance à la compression ou à la traction du béton.

L'essai se fait sur une éprouvette cylindrique de dimensions normalisées et d'élancement de 2. ($H = 2 \varnothing$)

Les dimensions les plus utilisées sont :

$$H = 32 \text{ cm} \quad \varnothing = 16 \text{ cm}$$

Après malaxage, on remplit en béton un moule cylindrique normalisé, le remplissage du moule se fera en 3 couches bien vibrées chacune.

L'éprouvette sera immergée dans un bac d'eau pour durcir à une température moyenne de $20^\circ = C$.

Le démoulage se fera après un 24 heures. Généralement, la résistance est déterminée à 7 jours ou à 28 jours.

Ce temps écoulé, on retire le moule et on fait passer l'éprouvette à la presse ou à la presse à flexion permet la lecture de la force qui s'exerce sur les facettes latérales du cylindre de béton.

Eprouvette sera placée entre les deux mâchoires de la machine et on élèvera une seule lecture. Celle de la force correspondant à la rupture de l'échantillon. Soit F cette lecture.

Calculs :

La résistance sera : $G = \frac{F}{S}$

S : section de l'éprouvette : $200,96 \text{ cm}^2$

F : force au moment de la rupture.

Et essai se fait également sur les roches que l'on doit tailler au préalable sous forme de cubes d'arête égale à 7 cm.

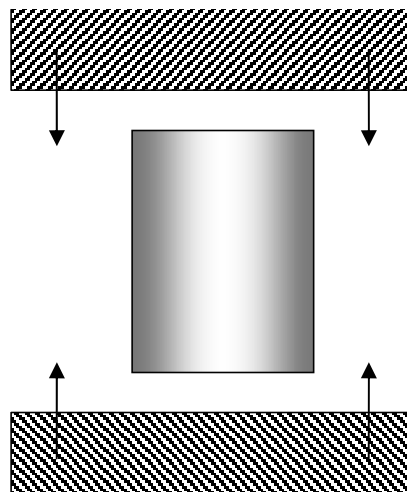


Figure 5 Essai de compression

RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION

L'essai se fait sur des éprouvettes prismatiques de dimensions standardisées de côté « a » et de longueur « 4 a »

Plusieurs dimensions sont utilisées, selon le diamètre du plus gros granulat C_g

Pour $C_g < 25 \text{ mm}$ on utilise un prisme de $7 \times 7 \times 28 \text{ cm}^3$

Pour $C_g \geq 25 \text{ mm}$ on utilise un prisme de $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$

On utilise la même préparation que pour les deux essais précédents, en ce qui concerne le moulage, Le durcissement et le démoulage.

L'éprouvette prismatique ainsi préparée est placée entre deux plaques comportant des appuis. la plaque inférieure comporte deux appuis distants de $3a$.

La plaque supérieure comporte un seul appui qui sera placé sur l'éprouvette entre les deux autres. C'est le cas d'une seule charge concentrée.

Dans le cas de deux charges concentrées, la plaque supérieure sera munie de deux appuis séparés par une distance inférieure à $3a$.

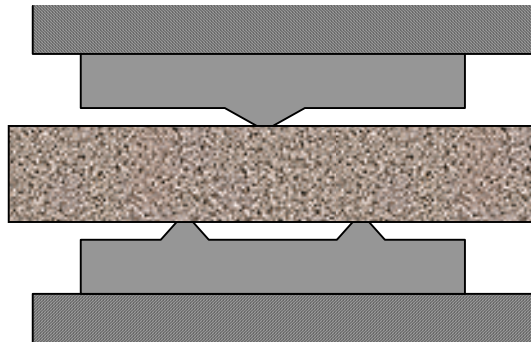


Figure 6 essai de traction par flexion

La même presse utilisée en compression simple est utilisée pour cet essai.

La lecture de la force est prise au moment de la rupture. Soit P .

Calculs :

Soit le moment de flexion $M = \frac{P.L}{4}$

P = force au moment de la rupture

$L = 3a$: distance entre appuis.

La résistance à la traction par flexion est donnée par :

$$\sigma_{RF} = \frac{3,6 M}{a^3}$$

On peut avoir la résistance à la flexion pure par la formule suivante :

$$R_F = \frac{R_{TF}}{0,6}$$

Avec :

R_F : résistance à la flexion pure.

R_{TF} : résistance à la traction par flexion.

ESSAI BRÉSILIEN

Cet essai a aussi pour but de déterminer la résistance à la traction du béton. C'est un essai de traction par fendage qui consiste à écraser un cylindre de béton placé horizontalement entre les deux plateaux d'une presse.

-l'éprouvette a les mêmes dimensions ($\varnothing = 16 \text{ cm}$, $l = 32 \text{ cm}$) et subit la même préparation que pour les essais de compression simple.

Eprouvette prête après 7 ou 28 jours sera exécuté à l'essai.

-il est couchée sur sa hauteur. On lui applique alors un charge progressive à l'aide de la presse le long de sa génératrice.

Lecture se fait aussi au moment de la rupture qui se fait généralement le long du diamètre.

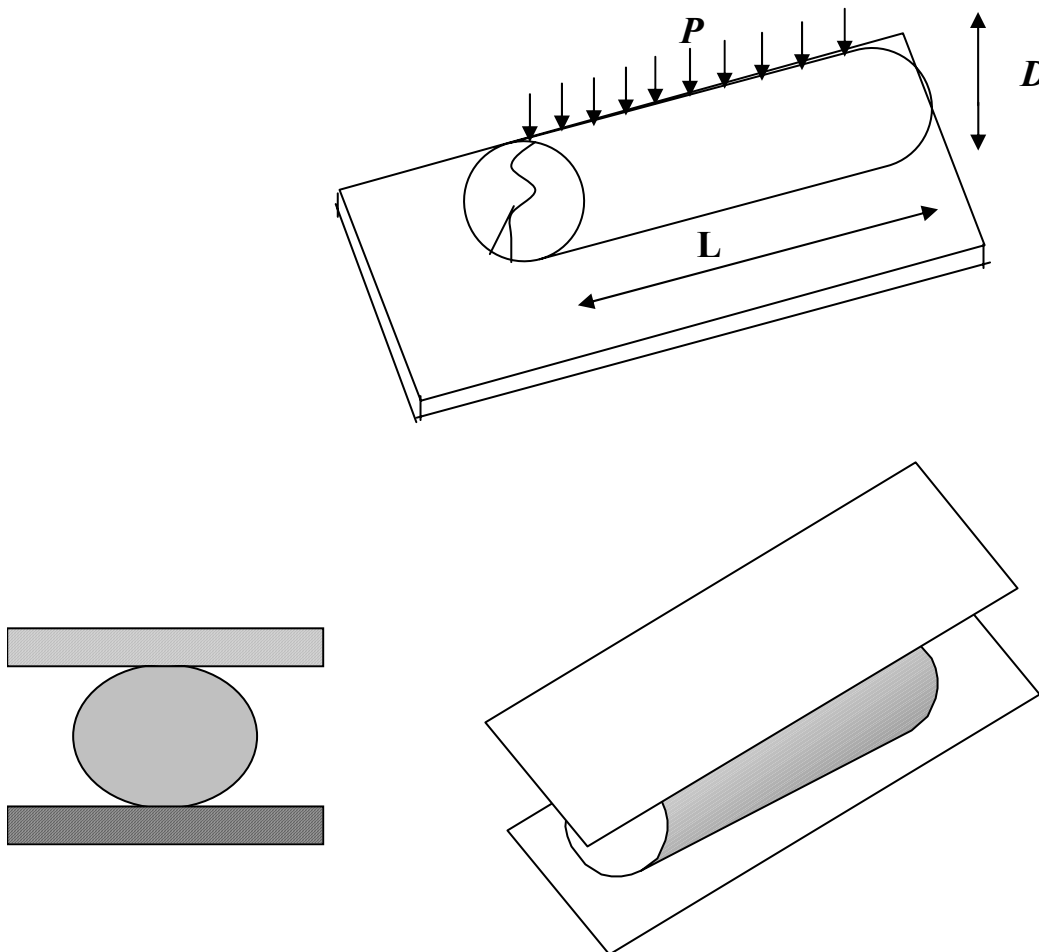


Figure 7 Essai Brésilien

Calculs :

La contrainte de traction par fendage est donnée par :

$$\sigma = \frac{2P}{\pi .DL}$$

P : charge lue au moment de la rupture.

D : diamètre de l'éprouvette.

Comme $L = 2 D$

$$\sigma = \frac{P}{\pi D^2}$$

RESISTANCE DU BETON EN FONCTION DU TEMPS

A-FABRICATION

Dosage pour 1 m³ de béton :

*granulats 0 / 5 : 510 l
5 / 15 : 750 l
ciment : 350 l
eau : 190 l*

1. *Déterminer la teneur en eau des granulats*
2. *Calculer le dosage pondéral pour 1 m³ de béton :*
 - a- *granulats secs*
 - b- *granulats mouillés*
3. *Fabriquer la qualité de béton nécessaire à la réalisation d'éprouvettes cylindriques (h = 32 cm, s = 200 cm²) dont le nombre sera précisé au cours de la séance.*
4. *confectionner et marquer les éprouvettes (date de fabrication, N° du groupe)
puis les placer dans la salle de conservation.*

B – RUPTURE

Les éprouvette seront rompues en compression à 7, 14, 21, et 28 jours (R1 , R2 , R3 , R4). Avant rupture elles devront être surfacées soigneusement avec l'enduit au soufre afin d'assurer une horizontalité très exacte aux deux extrémités.

Remarque : *Ne pas oublier de nettoyer tout le matériel utilisé.*

C – COMPTE-RENDU

1. *Présenter les résultats sous forme de tableaux.*

2. représenter la variation de la résistance en compression en fonction du temps. La courbe ne peut différer de cette allure que peu figure 6

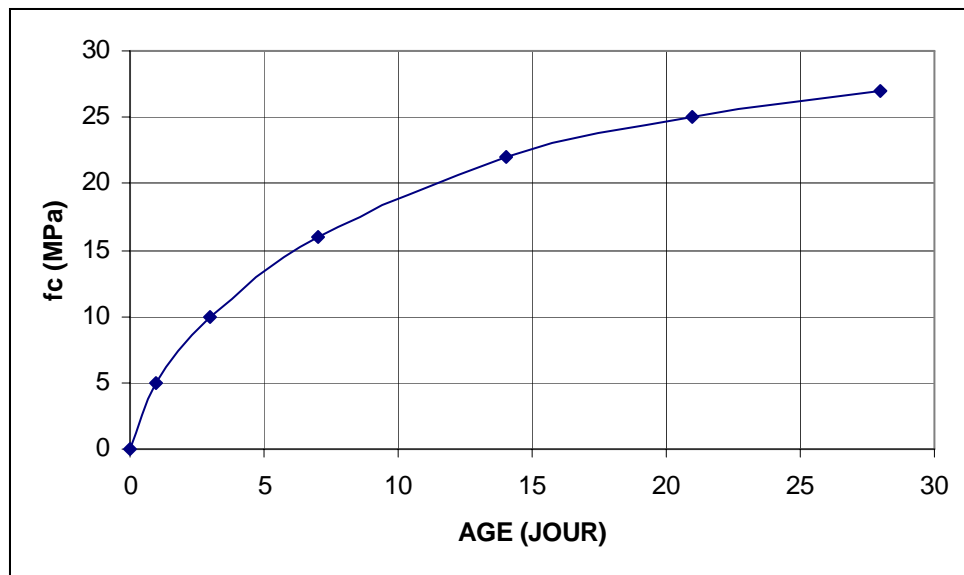


Figure 8 exemple de courbe influence de l'age du béton sur la résistance en compression

ETUDE DE LA COMPOSITION D'UN BETON

BUT:

I- ETUDE GRANULOMETRIQUE (1 ère séance)

Pour la réalisation du béton, on dispose de trois classes de granulats :

- *sable 0/5*
- *gravillon 5/15*
- *gravier 15/30*

- a. *Prélever sur les tas des échantillons aussi représentatifs que possible .*
 - i. *-sable : 1 Kg environ*
 - ii. *-gravillon : 1 ,5 Kg environ*
 - iii. *-gravier : 3 Kg environ.*
- b. *Sécher et peser les granulats.*
- c. *Tamiser en commençant toujours par le plus gros tamis.*
- d. *Nettoyer les tamis et passoirs, puis évacuer tous les granulats utilisés.*
- e. *Tracer les courbes granulométriques.*

II- CALCUL DE LA COMPOSITION DU BETON

- 1- *Détermination du rayon du moule (R) : éprouvette cylindrique (16 x 32 cm)*
- 2- *Moyen de mise en œuvre : vibration moyenne donc consistance normale (CF. coefficients : A , B, K et K').*
- 3- *Dosage en ciment fixé à 350 Kg/m³ de CPJ 45.*
- 4- *Déterminer les dosages en granulats, ciment et eau pour la fabrication d'un m³ de béton, selon la méthode de FAURY.*

III- FABRICATION DU BETON : (2ème séance)

- 1°) *déterminer la teneur en eau des granulats.*
- 2°) *calculer le dosage pondéral pour 1 m³ de béton (avec granulats mouillés)*
- 3°) *fabriquer la quantité de béton nécessaire à la réalisation de 6 éprouvette cylindriques (h = 32 cm, s = 200 cm²)*
- 4°) *confectionner et marquer les éprouvette (date de fabrication, N° du groupe), puis les placer dans la salle de conservation.*

IV – CONTROLE DES RESISTANCES DU BETON (3ème séance)

1°) Essai au scléromètre (Essai non destructif)

***principe :**

Le scléromètre se présente sous forme d'un manchon cylindrique à l'intérieur duquel coulisse une tige de 10 à 20 mm de Ø. On place la tige contre l'ouvrage à tester ; en appuyant fortement sur le manchon, On fait pénétrer la tige dans celui-ci, jusqu'au moment où un déclic se produit, libérant une masse qui frappe la tige contre l'ouvrage... Un index donne alors la mesure de l'essai sur une règle graduée placée sur le manchon extérieur.

Pour déterminer la résistance, il faut se reporter aux graphiques dessinés sur le manchon.

L'essai donne des résultats valables si l'on considère la moyenne d'un assez grand nombre de points (une douzaine environ)

*** manipulation :**

réaliser l'essai scléromètre sur tous les éprouvettes (une douzaine de poids par éprouvette) et calculer la valeur moyenne par éprouvette.

Remarque : *il sera intéressant de comparer ces résultats avec ceux obtenus lors de l'essai de rupture en compression.*

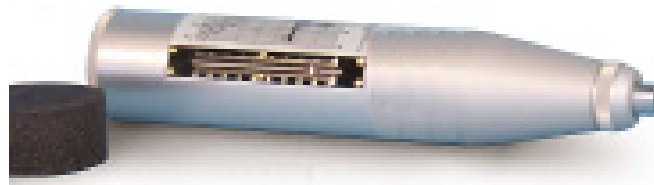


Figure 8 scléromètre

2°) rupture en compression :

Les éprouvettes seront rompues en compression à l'aide d'une presse hydraulique, après surfacage avec l'enduit au soufre. Les résultats obtenus permettront de déterminer la résistance nominale qui se définit comme suit :

La résistance nominale d'un béton dont on possède des mesures de résistance en nombre suffisant est définie comme la moyenne arithmétique de ces mesures (à 28 jours d'âge) diminuée des huit dixièmes de leur écart quadratique moyen. Elle est désignée par le σ_{28} ou σ_n et constitue la base technique des justifications de sécurité.

$$\sigma'_n = m_a - 0,8\delta \quad (1)$$

m_a = moyenne arithmétique
 δ = écart quadratique moyen

$$\text{On a : } \delta = \sqrt{\frac{\sum (m_i - m_a)^2}{N}}$$

Ou m_i = une mesure

$i = 1, 2, \dots, N$

N = Nombre de mesures

****Remarque :** les contraintes du planning ne permettent pas, pour tous les groupes de réaliser l'essai de compression à 28 jours. Calculer néanmoins la contrainte à l'aide de la formule (1) et préciser l'âge du béton.*

COMPOSITION D'UN BETON METHODE DE FAURY

I- DEFINITION

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir les pourcentages des différents granulats dont on dispose, ainsi que les dosages en eau et en ciment, afin de réaliser un béton dont les caractéristiques soient celles recherchées pour l'ouvrage considéré.

II- METHODE UTILISEE

Les méthodes les plus utilisées sont celle de M. VALETTE, dite à " granulométrie discontinue ", de caractère essentiellement expérimental, et celle de M. FAURY, à " granulométrie continue ".

La méthode de FAURY permet le tracé d'une courbe granulométrique théorique, que doit suivre au mieux la courbe granulométrique réelle du mélange ciment + sable + gravier.

Pour cela il faut connaître :

- 1) Les courbes granulométriques de chacun des matériaux*
- 2) Le volume absolu total des matériaux solides à mettre en œuvre par mètre cube de béton.*

Ce volume se déduit de l'indice des vides I .

III- LA GRANULOMETRIE

1- Notions générales

L'analyse granulométrique est l'opération qui consiste à déterminer les proportions relatives de chaque " classe " des grains entrant dans la composition d'un sable ou d'un gravier.

Cette opération est effectuée sur tamis ou passoire suivant la grosseur des grains. Il faut noter que si \varnothing est le diamètre d'une passoire, le tamis de maille équivalente (retenant le même pourcentage de matériau) a pour maille $d = \varnothing$. Un même " module " désigne cette passoire et ce tamis 1,25

2- Mode Opératoire

a) Prélèvement du matériau : l'échantillon doit être aussi représentatif que possible de l'ensemble, et sa quantité en rapport avec les possibilités de tamisage (ne pas surcharger les tamis).

b) Le tamisage : ne l'effectuer que sur matériau sec, manuellement pour les graviers, à l'aide de la tamiseuse pour les sables. Noter les poids des " refus " (ce qui reste sur chaque tamis) et en déduire les pourcentages en volumes absolus des " tamisats " (parties du matériau qui sont passées à travers chaque tamis).

Les résultats sont reportés sur un graphique ou l'on a :

- en ordonnée, les pourcentages des tamisats
- en abscisse, les dimensions des tamis, l'échelle étant proportionnelle à $\sqrt[5]{d}$
- **Remarque :** Si tous les grains sont de même densité, on remplacera les pourcentages en volume par ceux en poids.

2- **Exemple de courbe granulométrique (voir figure 1)**

Sur la courbe de ce gravier, on voit qu'il y a :

4 % d'éléments passant au tamis de 1,25 mm
 15 % d'éléments passant au tamis de 2,5 mm
 48 % d'éléments passant à la passoire de 6,3 mm
 90 % d'éléments passant à la passoire de 12,5 mm

c'est-à-dire que l'on a après tamisage :

4 % d'éléments passant tous les tamis
 11 % d'éléments retenus au tamis de 1,25 mm
 33 % d'éléments retenus au tamis de 2,5 mm
 42 % d'éléments retenus à la passoire de 6,3 mm
 10 % d'éléments retenus à la passoire de 12,5 mm

3- **Diamètre maximal d'un gravier**

Il peut avoir incertitude sur la grosseur maximale d'un granulat, par exemple lorsque les gros éléments sont très rares. Dans ce on utilisera la formule :

$$D = d_1 + (d_1 - d_2) \frac{X}{Y}$$

d_1 : diamètre de passoire immédiatement < D

d_2 : diamètre de passoire immédiatement < d_1

X : pourcentages des grains retenus sur d_1

Y : pourcentages des grains compris entre d_1 et d_2

Exemple : sur la courbe granulométrique précédente, nous avons :

$$D = 12,5 + (12,5 - 6,3) \frac{10}{42} = 14 \text{ mm}$$

D est exprimé en dimension passoire.

IV – INDICE DES VIDES, RAYON MOYEN DU MOULE

L'indice des vides correspond au volume total des vides contenus dans 1 m³ du mélange sec ciment + sable + gravier, supposé à sa compacité maximum.

La valeur minimale théorique de cet indice est :

$$I = \frac{K}{\sqrt[5]{D}} + \frac{K'}{R - 0,75}$$

Dans cette formule :

- *D est la grosseur maximale du gravier, comme précisé précédemment.*

- *K un coefficient dépendant de la consistance du béton, de la puissance de serrage et de la nature des granulats.*

- *K' un autre coefficient variant de 0,004 pour un béton mou à 0,002 pour un béton ferme, (béton courant : K' = 0,003).*

- *R le rayon du moule.*

$$R = \frac{\text{Volume à remplir de béton}}{\text{Surface total des parois et armatures}}$$

La valeur de R fait intervenir « l'effet de paroi » : l'indice des vides augmente avec la surface des parois (moule, armatures, surface libre talochée).

R doit être calculé pour la partie où l'effet de paroi risque d'être le plus important.

Remarque : *On veillera à ce que l'on ait : $R \geq D$*

Tableau des valeurs usuelles de K

Consistance du béton	Moyens de Mise En oeuvre	Matériaux utilisés		
		Sable roulé Gravier roulé	Sable roulé Gravier concassé	Sable concassé Gravier concassé
<i>Molle</i>	<i>Piquage damage</i>	0,34	0,36	0,38
<i>Normale</i>	<i>Vibration Moyenne</i>	0,26 à 0,28	0,28 à 0,30	0,30 à 0,34
<i>Ferme</i>	<i>Vibration Poussée</i>	0,25 à 0,27	0,26 à 0,28	0,28 à 0,30
<i>Très ferme</i>	<i>Vibration Puissante</i>	≤ 0,24	≤ 0,25	≤ 0,27

V – DOSAGES EN EAU EN CIMENT

1- Dosage en eau E

La quantité total d'eau E nécessaire dans 1 m³ de béton peut être évaluée par l'indice des vides majoré de 20 % pour un béton ferme, à 30 % pour un béton mou.

$$E = I \times 1,2 \text{ à } I \times 1,3$$

Cependant, il pourra être nécessaire de corriger cette quantité d'eau si l'on n'obtient pas la plasticité recherchée (slump-test par exemple).

Si les granulats sont humides, la quantité d'eau nécessaire devra être diminuée de celle déjà apportée par ces granulats (une masse M de granulats humides se compose d'une masse M' de matériau et d'une masse et d'eau).

2- Dosage en ciment

Le dosage en ciment est généralement fixé dans les cahiers de charges en fonction principalement des résistances à atteindre.

Son volume est dans ces condition fixé (densité des grains de ciment : 3,1).

VI – POURCENTAGES DE SABLE ET DE GRAVIER

1 – Tracé de la courbe de référence

La courbe granulométrique idéale du mélange sec : ciment + sable + gravier conduisant à la compacité maximale est théoriquement représentée par une droite dite « courbe de référence » ; cependant FAURY a distingué les grains fins (< D/2) des gros grains (> D/2) et la pente de la courbe de référence n'est pas la même pour chacune de ces deux catégories.

La courbe granulométrique de référence est donc composée de 2 segments de droite AB et BC, tels que :

- A : Ordonnée 0 %

abscisse $d_c = 0,0065 \text{ mm}$ (diamètre théorique du grain de ciment le plus fin)

- C : ordonnée 100 %

abscisse D, diamètre du plus gros agrégat.

- B : ordonnée $Y_{D/2}$

abscisse D/2

(voir figure 2)

L'ordonnée $Y_{D/2}$ du point de brisure B se calcule par la formule :

$$Y_{D/2} = \sqrt[3]{A + 17 \frac{B}{D} + \frac{B}{\frac{R}{D} - 0,75}} \quad \text{dans laquelle :}$$

-A : est un coefficient qui dépend de :

- la nature des matériaux
- la puissance du serrage
- la consistance recherchée
 - D : la dimension maximale des granulats
 - B : un coefficient fonction de la consistance du béton :
 - $B = 2$ béton mou
 - $B = 1$ béton très ferme
 - R : le rayon moyen du moule.

Exemple : pour un béton dans lequel $D = 25$ mm, les valeurs extrêmes de Y sont :

- valeur maximale : 78 %
- valeur minimale : 54 %

TABLEAU DES VALEURS DE A

Consistance Du Béton	Moyens de Mise En œuvre	Matériaux utilisés		
		Sable roulé Gravier roulé	Sable roulé Gravier concassé	Sable concassé Gravier concassé
Molle	Piquage Damage	28	30	32
Normale	Vibration Moyenne	21 à 22	23 à 24	25 à 26
Très ferme	Vibration Très puissante	* 18	* 19	* 20

2 – Détermination du pourcentage de chacun des constituants

pour ce faire, on portera sur le même graphique la courbe de référence et les courbes granulométriques des constituants. On suppose que tout le ciment passe au tamis de 0,08 mm.

Supposons le mélange ciment + sable + gravier réalisé : il faut qu'à un tamis donné, le pourcentage passant de ce mélange soit celui du point correspondant de la courbe de référence. (pourcentages en volumes).

Exemple 1 : calcul direct (voir figure 4)

-béton dosé à 350 Kg de ciment par m^3 soit $\frac{350}{3,1} = 113$ l

- $I = 0,150$ soit $E = 180$ l/ m^3 (béton ferme)

- volume de matériaux solides : (vides d'air négligeables)

$$V_S = 1000 - 180 = 820 \text{ l}$$

-pourcentage de ciment en volume absolu

$$C = \frac{113}{280} \times 100 = 13,5\%$$

- La passoire d doit laisser passer 48 % du mélange et nous voyons qu'il y passera la totalité du ciment soit 13,5 % du total, et la totalité du sable (s)

$$\text{donc } S = 48\% - 13,5\% = 34,5\%$$

-cette passoire retient 52 % du mélange, et on voit qu'elle ne retient, et en totalité, que le gravier (G)

$$\text{donc } G = 52\%$$

-poids des constituants

$$\text{Sable, densité } 2,6 : P_S = 34,5\% \times 820 \times 2,6 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravier, densité } 2,7 : P_G = 52\% \times 820 \times 2,7 \text{ Kg}$$

Exemple 2 vérification

Dosages du béton : E : 200 l/m³

$$\text{Ciment : } 350 \text{ Kg/m}^3 \text{ soit } 113 \text{ l } \left(\frac{113}{800} = 14\% \right)$$

$$\text{Sable : } 36\%$$

$$\text{Gravier : } 50\%$$

Courbes granulométriques et de référence : voir figure 3 vérification à un tamis d quelconque

Tamisons le mélange ciment + sable + gravier : sur le tamis d il passe :

-100 % du ciment (puisque < 0,08) soit du total 14%

- 70 % du sable (courbe du sable) soit 70% des 36% contenus 25%

- 8 % du gravier soit 8 % des 50 % contenus 4%

Total 43,2%

On voit que la courbe réelle s'écarte en ce point de 0,2 % de la courbe théorique.

En pratique, on veillera à ce que la courbe réelle ne s'écarte pas de plus ou moins 5 % de la courbe théorique.

VII – FABRICATION DU BETON ET ESSAIS

1 – Nature du béton

Ce béton est destiné à la fabrication de poutres ou de poteaux en béton armé, et réalisés par la suit.

Le dosage en ciment et la pièce à bétonner seront précisés au début du cycle de travaux pratiques.

2 – Analyse granulométrique

Les échantillons seront obtenus par quartage.

Mesurer la densité et la teneur en eau des granulats (correction éventuelle de E).

3 – Fabrication des éprouvettes

Prévoir la fabrication de 6 éprouvettes 16 cm x 32 cm

Le béton est fabriqué à la bétonnière : vérifier que la plasticité est bien celle recherche (Slump-Test).

Mettre en deux couches, vibrer à l'aiguille.

Peser les éprouvettes après fabrication et les mettre en salle de conservation à 100 % d'humidité.

4- Rupture des éprouvettes

Surfacer les éprouvettes avec l'enduit au soufre.

Remarques :

La vitesse de mise en charge influe sur la résistance apparente du béton. Il est conseillé de charger à la vitesse de 3 à 7 Kg/cm² et par seconde.

VIII- EXPLOITATION DES RESULTATS :

Pour les calculs, le béton est défini par sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours et que l'on appelle, la « valeur caractéristique requise » $f_{c,28}$.

Les résistances mécaniques à la compression attribuées à priori aux bétons courants, sont les suivantes :

20 MPa ou bars sur les chantiers convenablement outillés.

25 MPa ou 250 bars sur les chantiers faisant l'objet d'un contrôle régulier.

30 MPa ou 300 bars à condition de choisir convenablement les matériaux et d'étudier la composition la du béton.

A partir des valeurs expérimentales obtenues on calculera soit :

-La résistance nominale : La résistance nominale d'un béton dont on possède des mesures de résistances (à 28 jours) en nombre suffisant est définie comme la moyenne arithmétique de ces mesures diminuée des huit dixièmes de l'écart type .

Elle est désignée par les symboles σ'_{28} ou σ'_n .

$$\sigma'_n = m_a - 0,8 s$$

m_a =moyenne arithmétique

s =écart type

$$on a : s = \sqrt{\frac{\sum (m_i - m_a)^2}{N - 1}}$$

m_i = une mesure

$i = 1,2,...,N$

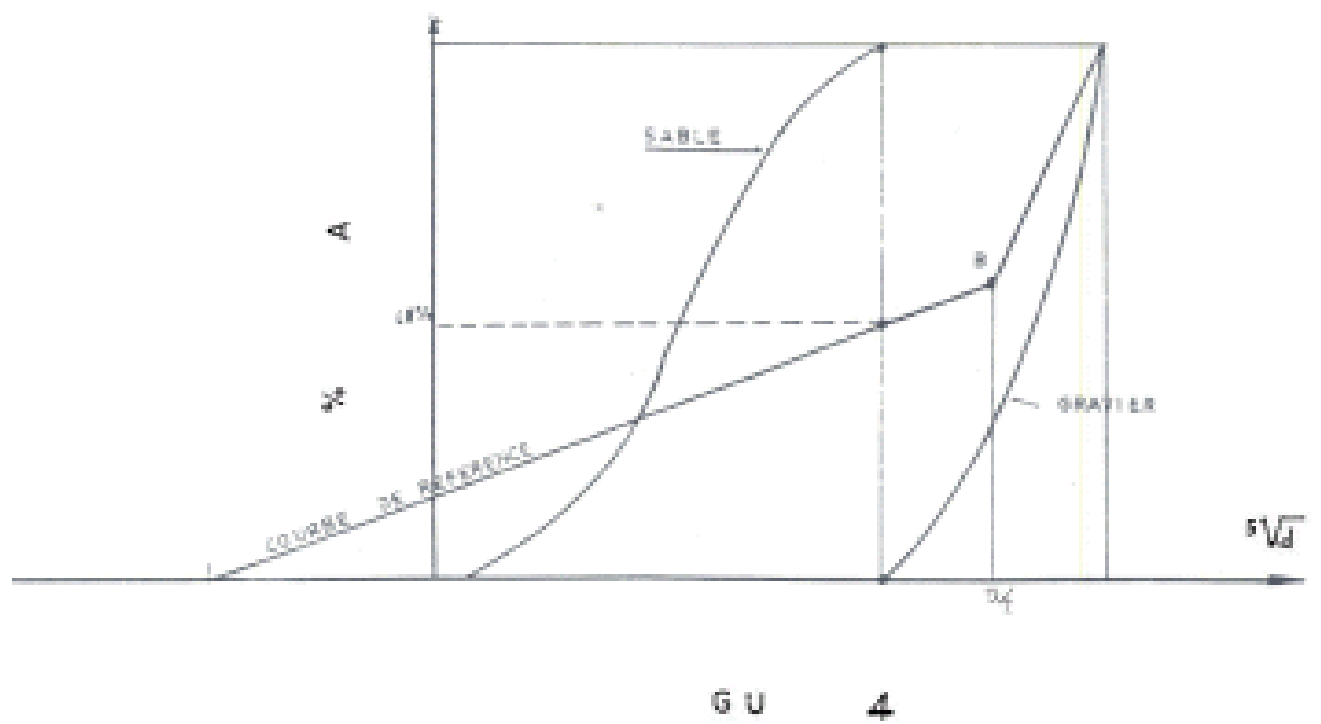
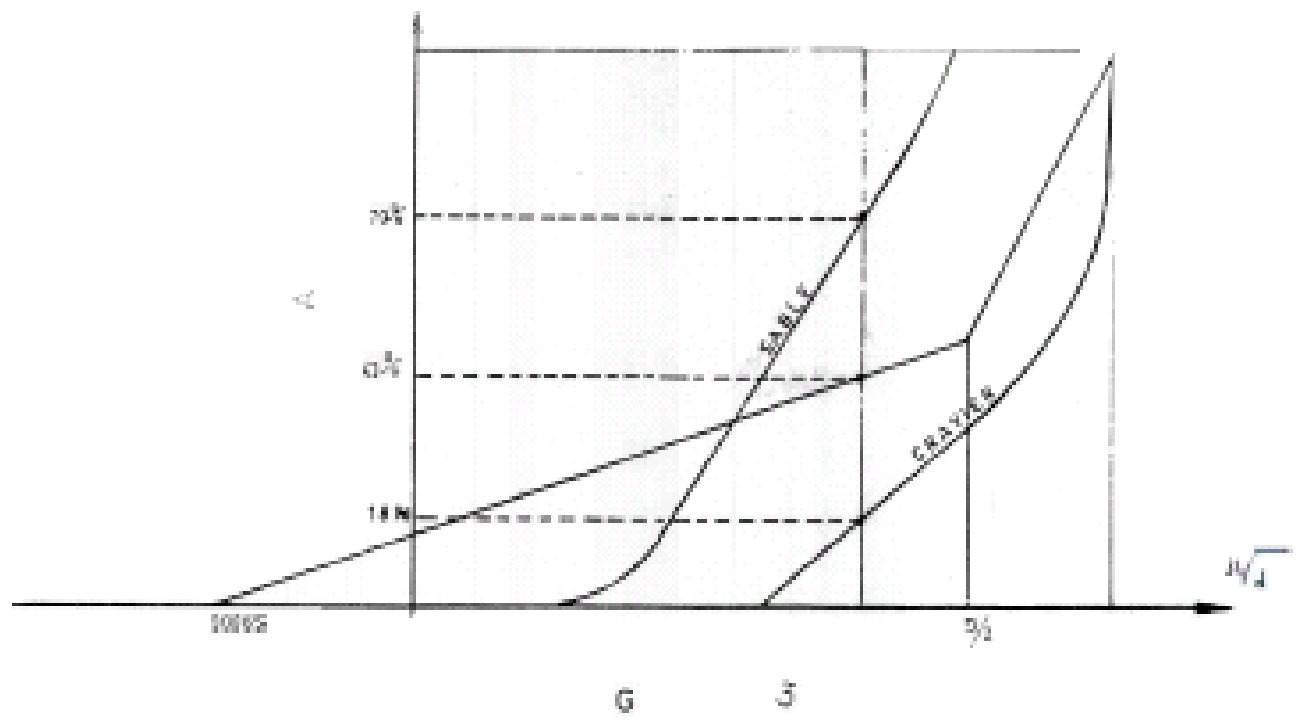
N = nombre de mesures

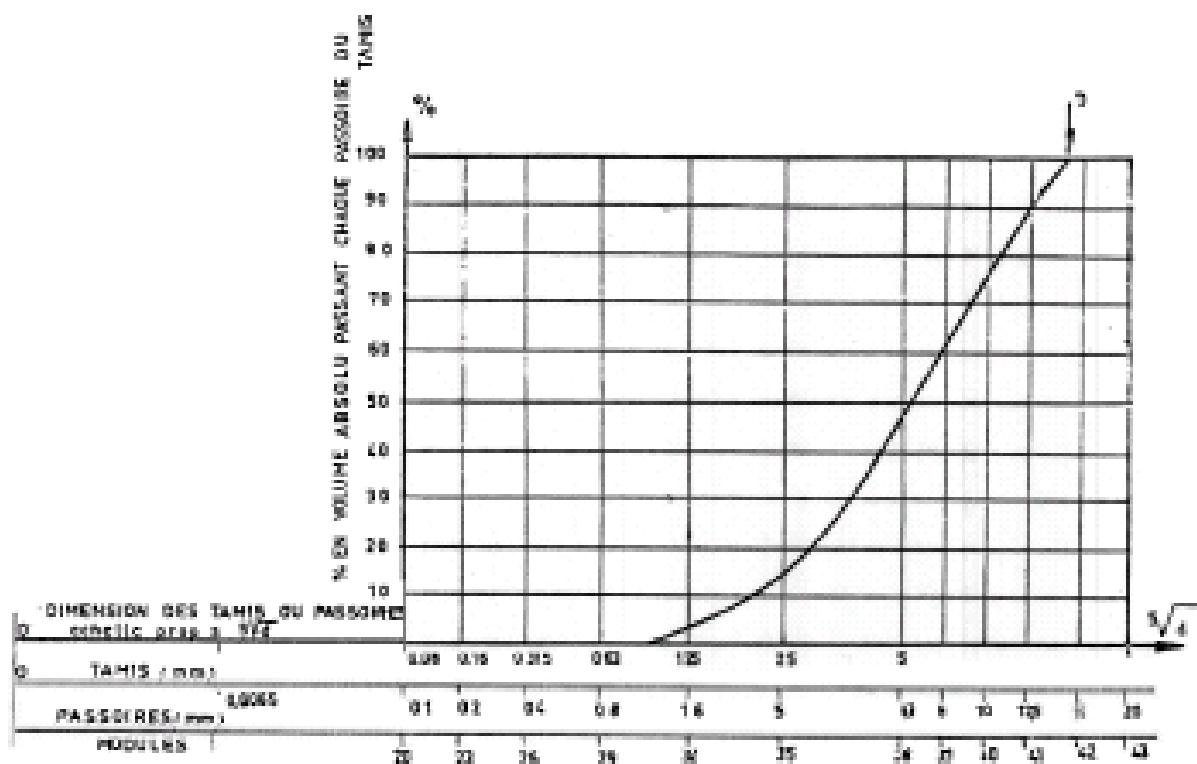
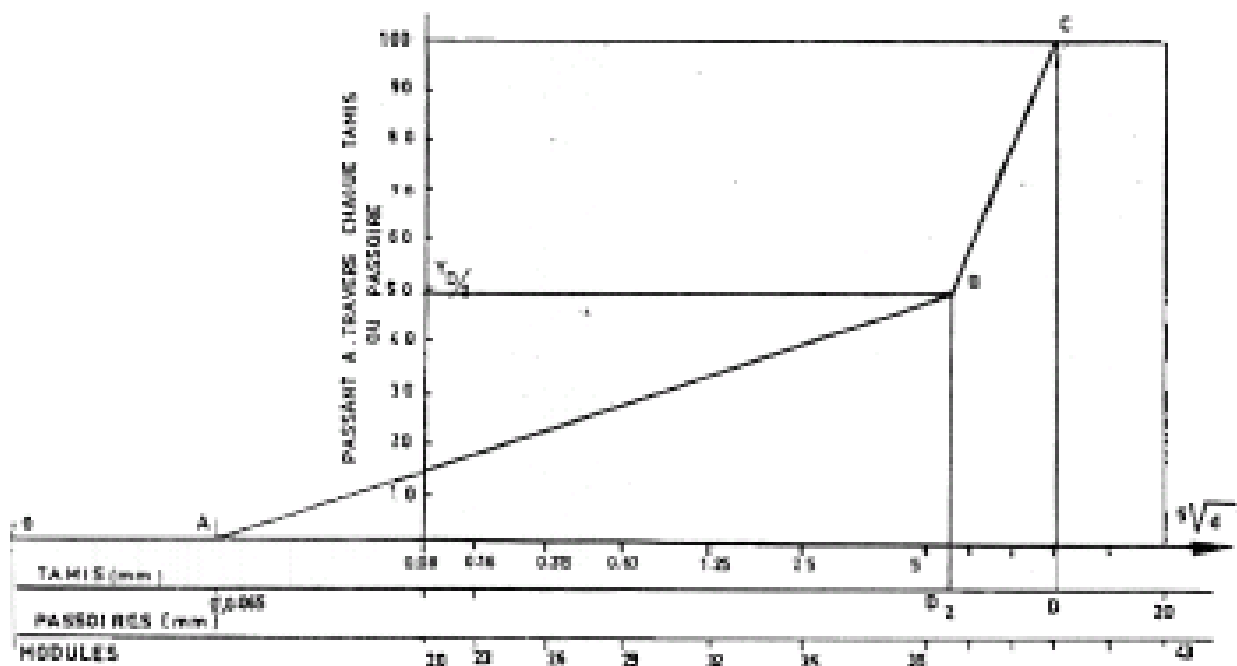
- Soit la résistance σ'_j (pour des bétons d'âge $j < 28$ jours).

La relation entre σ'_j et σ'_{28} est la suivante :

$$\sigma'_j = 0,685 \sigma'_{28} \log(j + 1)$$

Dans tous les cas on comparera les valeurs des résistances trouvées à celles des résistances requises (ces dernières sont inférieures de 10 à 15 % aux valeurs des résistances nominales correspondantes).





RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADAM M. NEVILLE ; PROPRIETES DES BETONS ; Eyrolles 2000
2. KEDJOUR NASR-EDDINE ; PROPRIETES ET PATHOLOGIE DU BETON ; OPU 1991
3. KEDJOUR NASR-EDDINE ; LE LABORATOIRE DU BETON ; OPU 2003
4. A. KOMAR ; MATERIAUX ET ELEMENTS DE CONSTRUCTION; éditions mir Moscou ; 1989
5. NORMES ALGERIENNES NA, MATERIAUX DE CONSTRUCTION ; édition et diffusion INAPI 1992
6. A. BRAHMA; LE BETON ; OPU 1986
7. GEORGES DREUX ; NOUVEAU GUIDE DU BETON ; Eyrolles 1981
8. محمد راتب سطات وأندراوس سعود، مواد البناء و اختباراتها، ديوان المطبوعات الجامعية 1992