

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS .....	i
SOMMAIRE .....	ii
LISTE DES ABREVIATIONS ET UNITES .....	iii
LISTES DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
INTRODUCTION.....	1
Partie 1. ESSAIS SUR LE SABLE .....	2
I. EQUIVALENT DE SABLE : .....	2
II. GRANULOMETRIE : .....	5
III. Conclusion .....	7
Partie 2. ESSAIS SUR LE GRANULAT ET SUR LE BETON : .....	8
I. FRAGMENTATION DYNAMIQUE : .....	8
II. SLUMP TEST : .....	10
Partie 3. ESSAI SUR LE BITUME : .....	12
I. DENSITE RELATIVE : .....	12
II. PENETRABILITE A L'AIGUILLE (AVANT ET APRES PERTE): .....	13
III. PERTE AU CHAUFFAGE : .....	14
IV. BILLE-ANNEAU : .....	15
CONCLUSION .....	18
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	19
ANNEXES .....	I
TABLE DES MATIERES .....	vii

## LISTE DES ABREVIATIONS ET UNITES

### Abréviations :

(P + M) : Poignée + Masse

BA : Bille anneau

CE : Contre écrou

d : Dimension

D : Dimension maximale

d/D : Dimension minimale / Dimension maximale

ES : Équivalent de sable

ESV : Équivalent de sable à vue

h1 : Hauteur du sable brut + floculat

h2 : Hauteur du sable brut au piston

h2' : Hauteur du sable brut à vue

IP : Indice de pénétrabilité

L : Litre

LNTPB : Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment

Log : Logarithme à base 10

M : Masse

M<sub>i</sub> : Masse initiale

MR<sub>c</sub> : Masse du refus cumulé

P25 : Pénétration dow à 25°C

R<sub>c</sub> : Refus cumulé

S : Slump

### Unités :

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

μm : Micromètre

cm : Centimètre

cm<sup>3</sup> : Centimètre cube

g : Gramme

Kg : Kilogramme

min : Minute

mm : Millimètre

s : Secondes

## *LISTES DES FIGURES*

FIGURE 1: APPAREIL POUR EQUIVALENT DE SABLE.....	2
FIGURE 2: AGITATEUR ELECTRIQUE .....	3
FIGURE 3: TAMIS .....	6
FIGURE 4: BALANCE.....	6
FIGURE 5: APPAREIL POUR FRAGMENTATION DYNAMIQUE .....	8
FIGURE 6: ETUVE .....	9
FIGURE 7: APPAREIL POUR SLUMP TEST.....	11
FIGURE 8: PENETROMETRE.....	13
FIGURE 9: THERMOMETRE.....	14
FIGURE 10: BAIN THERMOSTATIQUE .....	16
FIGURE 11: APPAREIL POUR BILLE-ANNEAU .....	16

## *LISTE DES TABLEAUX*

TABLEAU 1: VALEUR PRECONISEES POUR LE SABLE .....	5
TABLEAU 2: NOMBRE DE COUP EN FONCTION DES CLASSES.....	10
TABLEAU 3: CLASSE DE CONSISTANCE .....	11

## INTRODUCTION

Le Laboratoire National des Travaux Publics et de Bâtiment (LNTPB) est une société sous tutelle du Ministère des Travaux Publics et aussi un laboratoire qui a toujours été au service des étudiants. Cette opportunité m'a permis de bénéficier un stage au sein de ce laboratoire pour la préparation de mon mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Licence.

Notre stage a duré deux semaines et est basé sur quelques essais effectués au département matériaux du laboratoire. Ce département effectue tous les essais physiques, mécaniques et chimiques sur les sables, les roches, le ciment et les bitumes.

Ce mémoire intitulé "ETUDE EXPERIMENTALES AU DEPARTEMENT MATERIAU DU LABORATOIRE NATIONAL DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BÂTIMENT" illustrera les détails concernant ce stage dont les données requises au laboratoire et des recherches bibliographiques ainsi que des recherches sur internet.

Pour une bonne compréhension du thème, trois parties seront élaborées dont la première partie sera consacré pour les essais sur le sable, la seconde partie montrera les essais sur le gravillon et sur le béton et la dernière partie traitera les essais sur le produit noir.

## Partie 1. ESSAIS SUR LE SABLE

### I. EQUIVALENT DE SABLE :

#### 1. But :

Cet essai dit « équivalent de sable » a pour but de déterminer la propreté du sable, c'est-à dire la proportion du sable brut face à la teneur en éléments fins, qui est essentiellement d'origine argileuse, végétale ou organique à la surface des grains.

Cette analyse permet de vérifier si l'argile se trouve dans des proportions qui permettent de réaliser un béton de qualité.

#### 2. Principe :

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculant ou lavant (Annexe 1) dans un cylindre gradué et à laisser l'ensemble reposer pendant 10 minutes. Puis d'agiter à l'aide d'un agitateur électrique (90 cycles pendant 30 secondes) de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon. On remplit alors le cylindre en utilisant le reste de solution flocculant afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 minutes, les hauteurs des produits sont mesurées. L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur hauteur totale, exprimé en pourcentage.

#### 3. Appareillages :

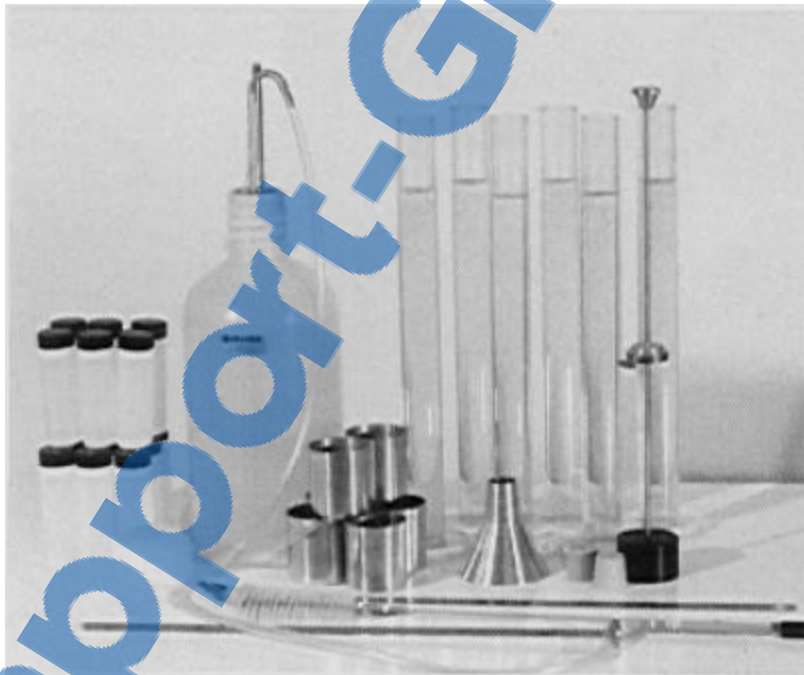


Figure 1: Appareil pour équivalent de sable



Figure 2: Agitateur électrique

Pour l'équivalent de sable, on utilise les appareils suivants :

- Gabarit
- Éprouvette plexiglas et bouchon
- Réglette métallique
- Entonnoir
- Tube laveur
- Piston taré (Annexe 2)
- Agitateur électrique

#### 4. Mode opératoire :

##### a. Préparation :

L'essai doit être réalisé sur la fraction 0/5 mm où la teneur en humidité du sable doit être inférieure à 2% et la prise d'essai est de 120 g (plein du gabarit).

##### b. Remplissage, agitation et lavage :

On remplit l'éprouvette graduée d'une solution lavant, jusqu'au trait de référence inférieur figuré sur sa surface.

On verse ensuite la prise dans l'éprouvette à l'aide d'un entonnoir, l'ensemble est agité à la main pour bien humidifier le sable et déloger les bulles d'air après avoir fermé le cylindre par le bouchon, puis on laisse le sable s'humidifier pendant 10 min.

On dispose l'éprouvette sur une machine à vibrer automatique (agitateur) et procède à l'agitation pendant 30 s, ce qui correspond à 90 cycles.

Le tube laveur est ensuite descendu dans l'éprouvette de façon qu'on nettoie les bords supérieurs du cylindre à l'aide de la solution lavant pour que l'ensemble de l'échantillon soit plongé dans la solution. Le tube est plongé au fond de l'éprouvette et on irrigue le sable, ce qui favorise la remontée des particules fines et des éléments argileux. Tout en faisant subir à l'éprouvette un lent mouvement de rotation, on remonte lentement le tube.



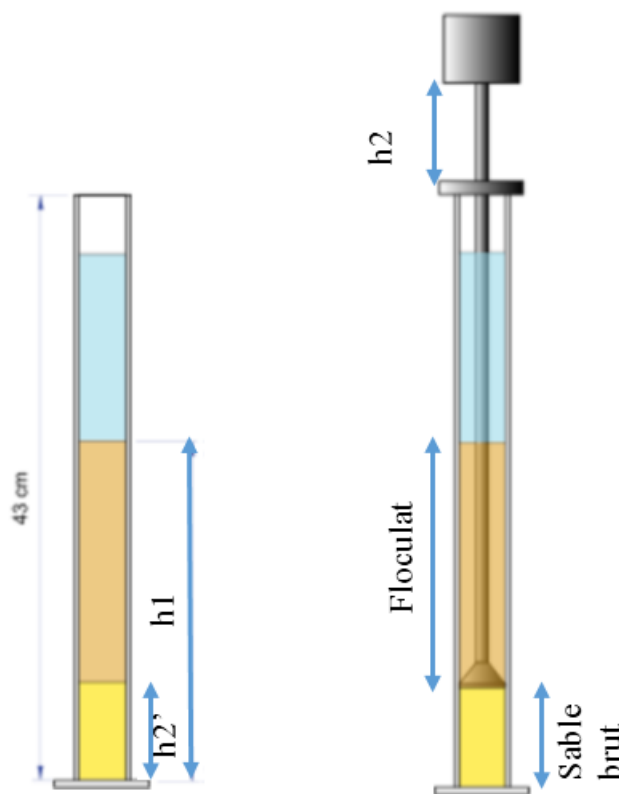
Quand le niveau de liquide avoisine le trait repère supérieur gravé sur le cylindre, on relève lentement le tube laveur et régule le flux de façon à maintenir le liquide au niveau du trait repère supérieur jusqu'à ce que le tube soit complètement retiré et le flux interrompu.

L'éprouvette va reposer durant 20 min, le temps que tout le floculat argileux se dépose sur le sable brut.

##### 5. Mesure et résultat :

Après repos, la limite entre l'argile et le sable est visible. On peut mesurer à vue et à la règle la hauteur de sable brut et la hauteur de sable total (sable brut+ floculat) pour en déterminer la proportion qui est le rapport entre la hauteur de sable brut par celle de sable total. Cette proportion exprimée en pourcentage donne l'équivalent de sable à vue (ESV).

Il est aussi possible de prendre cette mesure à l'aide d'un piston normalisé qui traverse la couche d'argile pour se poser sur le sable brut. La hauteur totale du sable se mesure comme précédemment. La longueur de la tige du piston correspond à la hauteur de l'éprouvette. La mesure de la longueur de la tige qui n'est pas pénétré dans l'éprouvette correspond alors à la hauteur de sable brut. Cette méthode donne l'équivalent de sable au piston ou équivalent de sable tout simplement (ES).



L'équivalent de sable est donné par les formules suivantes :

$$\text{ESV} = 100 \frac{h_2}{h_1} \quad \text{et} \quad \text{ES} = 100 \frac{h_2}{h_1}$$

Les valeurs de l'équivalent de sable indiquent la nature du sable en fonction du moyen de mesure et permettent d'en apprécier la qualité pour composer un béton.

<b>ESV</b>	<b>ES</b>	<b>Nature du sable</b>
<b>ESV&lt;65</b>	<b>ES&lt;60</b>	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
<b>65≤ESV&lt;75</b>	<b>60≤ES&lt;70</b>	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait
<b>75≤ESV&lt;85</b>	<b>70≤ES&lt;80</b>	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convénant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.
<b>ESV≥85</b>	<b>ES≥80</b>	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

*Tableau 1: Valeur préconisées pour le sable*

## II. GRANULOMETRIE :

### 1. But :

Le but de cet essai est de déterminer la répartition des grains de sol suivant leur dimension dans un échantillon et de représenter la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

Les ouvertures des mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction des dimensions des grains et de la précision attendue.

### 2. Principe :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un échantillon en plusieurs classes granulaires de taille décroissante.

Les masses des différents refus sont remportées à la masse initiale de l'échantillon, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous une forme graphique appelée courbe granulométrique.

### 3. Appareillage :

Les appareils pour la granulométrie sont :

- Tamis
- Balance
- Pinceau

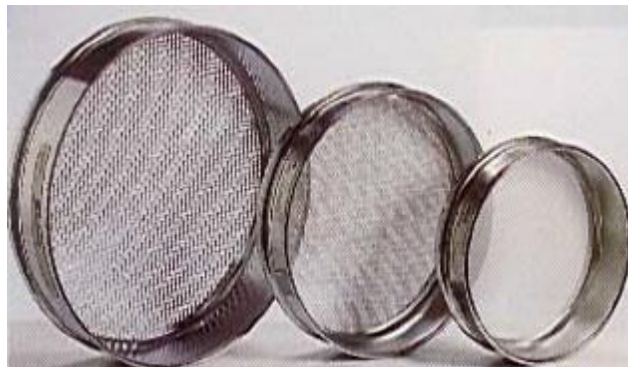


Figure 3: Tamis



Fanja (2016)

Figure 4: Balance

#### 4. Mode opératoire :

##### a. Préparation :

On fait l'échantillonnage par quartage pour assurer l'homogénéité de la prise

Pour la prise, il est recommandé de se tenir dans les limites définies par la formule :

$$300D < M < 500D$$

**M** : masse de la prise

**D** : dimension maximale de grain

##### b. Criblage et pesage :

On pèse la masse initiale de l'échantillon, puis la verser dans le tamis qui a la plus grande maille suivi du fond de tamis.

Quand il n'y a plus d'échantillon qui passe par le premier tamis, on pèse le refus de ce tamis.

On criblera ensuite le passant du premier tamis (dans le fond de tamis) en le versant dans le deuxième tamis et ainsi de suite jusqu'au tamis qui a le plus petite maille.

Ces valeurs de la masse sont à enregistrer sur une fiche (sur la colonne refus)

On complète le fiche (Annexe 4) en additionnant la masse de refus du premier tamis par celle du deuxième, puis les deux par celle du troisième, et ainsi de suite ; seul le premier est juste à copier (sur la colonne cumulé).

Le pourcentage de refus cumulé est obtenu par la formule :

$$\%Rc = 100 \frac{MRc}{Mi}$$

**MRc** : masse du refus cumulé

**Mi** : masse initiale

Le pourcentage de la complémentaire est donnée par :

$$\%Complémentaire = 100 - \%Rc$$

**Rc** : refus cumulé

### III. Conclusion

Les essais dits équivalent de sable et granulométrie sont considérablement très utile pour assurer la qualité du béton. Pour toute construction dont nous utilisons de sable, faire ces essais nous donne beaucoup d'avantage pour la fiabilité de l'ouvrage. Allons voir maintenant les essais concernant le granulat.

## **Partie 2. ESSAIS SUR LE GRANULAT ET SUR LE BETON :**

### **I. FRAGMENTATION DYNAMIQUE :**

#### **1. But :**

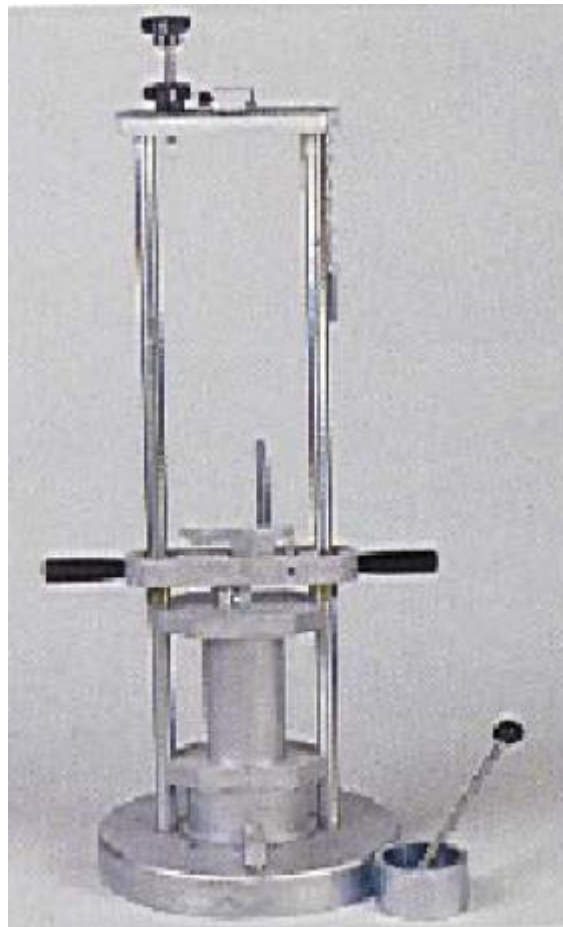
Le présent essai a pour but de mesurer la résistance à la compression des granulats.

#### **2. Principe :**

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 cm produits en soumettant le matériau aux chocs d'une masse normalisée.

Le rapport entre la masse des éléments passant au tamis 1,6 cm au cours de l'essai et la masse initiale en pourcentage donne le coefficient de fragmentation dynamique.

#### **3. Appareillage :**



*Figure 5: Appareil pour fragmentation dynamique*



Figure 6: Étuve

Les appareillages pour fragmentation dynamique comprennent :

- L'étuve
- L'appareil pour fragmentation
- Les tamis
- La balance avec plateau

#### 4. Mode opératoire :

##### a. Préparation et prise :

L'échantillon devra être représentatif de la fourniture des granulats qui seront employés. Donc, le nombre d'échantillon à étudier sera fonction de l'importance et de l'hétérogénéité de la fourniture.

L'échantillon est tamisé à sec sur chacun des deux tamis de la classe granulaire choisie, en commençant par le tamis le plus grand.

La masse de l'échantillon pour essai doit être de  $350 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ .

##### b. Exécution de l'essai : (schéma explicative : Annexe 5)

On met la quantité nécessaire dans le moule M1, après avoir soigneusement nettoyé celui-ci à l'aide d'un pinceau, puis la répartir uniformément sans la tasser puis placer la pige sur la partie supérieure des granulats.

On débloque ensuite C1 et laisser descendre lentement l'ensemble poignée et masse (P+M) jusqu'au contact avec la pige et on procède au réglage de la hauteur de chute.

Lorsque (P+M) repose sur la pige, on débloque la contre écrou (CE) et régler la vis V jusqu'à ce que C2 commence à pivoter sur son axe, puis revisser CE.

On rabat C1 et on dégage la pige.

L'essai est alors prêt à être réaliser.

On met en contact l'ensemble (P+M) avec le granulat et dégager C1 afin qu'il ne bloque pas P durant l'essai.

On remonte ensuite (P+M) ; quand le crochet qui retient la masse C2 vient en contact avec la vis de réglage de hauteur de chute V, il pivote et libère M. Le premier coup de masse est donné ; aller rechercher M en redescendant P et répéter l'opération autant de fois qu'indiqué ci-dessous, selon la classe granulaire choisie :

Classe granulaire d/D mm	Nombre de coups de masse
4/6,3	16
6,3/10	22
10/14	28

Tableau 2: Nombre de coup en fonction des classes

Après le dernier coup, on remonte lentement (P+M) et on les bloque avec C1.

On fait sortir M1 et on procède aux opérations de tamisage et pesage qui consiste à recueillir et passer le granulat après essai sur le tamis de 1,6 cm afin de peser le passant et le refus au gramme près (soit m la masse du passant et m' la masse du refus).

#### 5. Expression des résultats :

Le coefficient de fragmentation dynamique est obtenu par le rapport :

$$FD = 100 \frac{350 - m'}{350}$$

**FD** : coefficient fragmentation dynamique

Il faut arrondir le résultat à l'unité la plus proche.

On peut effectuer la vérification suivante :

$$m + m' = 350 \text{ g}$$

Dans la pratique, le coefficient est bon lorsque le résultat obtenu est inférieur à 35.

## II. SLUMP TEST :

### 1. But :

Cet essai permet de mesurer l'affaissement d'un béton.

### 2. Principe :

Le slump test ou méthode du cône d'Abrahams consiste à ajouter du béton dans le cône en trois couches dont le premier remplissage sera fait jusqu'à la mi-hauteur du cône ; pour la deuxième couche on garde plus ou moins la quantité précédente et la dernière complète le reste à combler du cône.

Chaque couche sera serrée de 25 coups à l'aide d'une barre métallique, puis on enlève avec attention le cône pour mesurer l'écroulement du béton face à la hauteur de cet cône.

### 3. Appareillage :

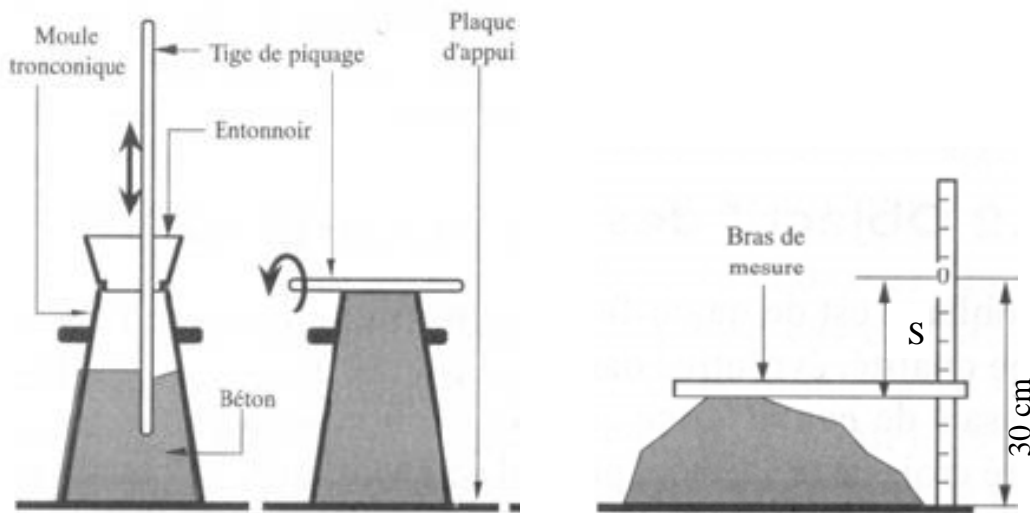


Figure 7: Appareil pour slump test

On utilise les appareils suivants pour le slump test :

- Cône d'Abrahams
- Tige de piquage
- Bras de mesure
- Plaqué d'appui

### 4. Mode opératoire :

#### a. Préparation :

Il faut d'abord élaborer du béton : on mélange le ciment et le sable jusqu'à ce que l'ensemble ait pris une teinte uniforme. On ajoute ensuite le gravier nécessaire et on brasse de nouveau jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène. L'eau ne doit être ajoutée que progressivement jusqu'à l'obtention de la plasticité souhaitée.

#### b. Exécution de l'essai :

On remplit le cône par du béton en trois couches qui sera serré chacune de 25 coups d'une barre métallique (tige de piquage).

Le béton est égalisé au niveau supérieur du tube (cône) qui est ensuite retiré verticalement avec précaution.

La masse de béton s'affaisse un peu.  $S$  est la mesure d'affaissement, le slump.

### 5. Interprétation des résultats :

Tableau 3: Classe

Méthode	Classe de consistance		
	Raide	Plastique	Mou
Slump (cm)	0-1	2-3	5-10

de consistance





### Partie 3. ESSAI SUR LE BITUME :

#### I. DENSITE RELATIVE :

##### 1. Définition :

La densité est le rapport entre la masse de l'échantillon et son volume correspondant.

##### 2. Principe :

Cet essai consiste à fondre un échantillon de bitume, la refroidir à une température déterminée, puis peser la masse d'une prise et la trouver le volume.

La densité est donnée par le rapport masse sur volume de cette prise.

##### 3. Appareillage :

Pour la densité relative, on a les appareils suivants :

- Godet
- Verre
- Bain Thermostatique
- Balance

##### 4. Mode opératoire :

###### a. Préparation :

On chauffe l'échantillon jusqu'à ce qu'elle fonde et on verse de l'échantillon (prise) dans un godet et porter l'ensemble godet + prise dans le bain thermostatique pour le rendre à la température 25°C.

###### b. Pesage :

On pèse le godet plus verre (M1) puis l'ensemble godet plein d'eau dont sa surface supérieure est aplati par le verre (M2).

La différence entre ses deux masses donne la masse d'eau (équivalent au volume d'eau= volume total du godet).

Volume total du godet :

$$V1 = M2 - M1$$

On pèse ensuite la masse de l'ensemble *godet + verre + prise* à 25°C (M3)

La masse du bitume est donnée par :

$$M4 = M3 - M1$$

L'ensemble *godet + verre + bitume* est à peser après y avoir ajouté de l'eau pour compléter le reste du volume du godet non-occupé par le bitume (M5)

On obtient la masse d'eau restante (équivalent au volume d'eau restante) par la formule :

$$M6 = M5 - M3$$

En soustrayant le volume total du godet par le volume d'eau restante, on a le volume de bitume

$$V2 = V1 - M6$$

5. Expression du résultat :

On obtient la densité du bitume par la formule :

$$\gamma = \frac{M4}{V2}$$

II. PENETRABILITE A L'AIGUILLE (AVANT ET APRES PERTE):

1. Définition :

La pénétrabilité à l'aiguille du bitume pur est donnée par la mesure de l'enfoncement exprimée en dixième de millimètre d'une aiguille type soumise à une charge donnée dans la prise d'essai, dans des conditions normalisées.

2. Principe :

Le principe consiste à faire fondre la prise d'essai, la refroidir à une température déterminée et à mesurer dans des conditions normalisées au moyen d'un pénétromètre muni d'une aiguille type, la profondeur à laquelle pénètre cette aiguille dans le liant à examiner.

3. Appareillage :



Figure 8: Pénétromètre

Les appareils pour la pénétrabilité sont :

- Pénétromètre
- Gobelet
- Bain thermostatique

#### 4. Mode opératoire :

##### a. Préparation :

On fait chauffer l'échantillon à la température la plus basse à laquelle il devient suffisamment fluide pour pouvoir être versé. Agiter l'échantillon pour l'homogénéiser, ensuite le verser dans le gobelet. Il faut que sa hauteur soit supérieure à 10 mm environ, profondeur à laquelle l'aiguille est susceptible de pénétrer au cours de l'essai.

Il faut protéger le gobelet et son contenu de la poussière par un couvercle.

On place ensuite le gobelet dans le bain d'eau ainsi que le récipient de transfert, l'y laisser pendant 1h à 1h 30 min, le bain d'eau étant maintenu à  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ .

##### b. Exécution de l'essai :

On met la prise d'essai dans le récipient rempli d'une quantité d'eau suffisante provenant du bain pour recouvrir complètement le gobelet. Ensuite placer le récipient sur le plateau du pénétromètre. Déplacer l'aiguille chargée de 100 grammes (charge totale) pour qu'elle affleure en surface de la prise d'essai. Ramener à zéro l'aiguille du cadran, libérer l'aiguille pendant 5 secondes, la bloquer ensuite et mesurer la profondeur d'enfoncement en dixième de millimètre.

L'opération est répétée cinq fois en différents points de la surface de la prise d'essai distant d'au moins 10 mm les uns des autres.

#### 5. Expression du résultat :

La pénétration est la moyenne des résultats des cinq déterminations, arrondie à l'unité la plus proche.

### III. PERTE AU CHAUFFAGE :

#### 1. Définition :

La perte de masse au chauffage des produits bitumineux est le rapport exprimé en pourcent de la perte de masse de la prise d'essai à sa masse initiale.

#### 2. Principe :

Une prise d'essai est pesée puis chauffée à  $163^{\circ}\text{C}$  pendant cinq heures dans une étuve ventilée. Elle est à nouveau pesée pour déterminer sa perte de masse.

#### 3. Appareillage :



Figure 9: Thermomètre

On a les appareils suivants pour la perte au chauffage :

- Étuve
- Thermomètre
- Gobelet

4. Mode opératoire :

a. Préparation :

L'échantillon est homogénéisé et chauffé à la température minimale nécessaire, en évitant l'inclusion des bulles d'air, puis on prélève la prise d'essai.

b. Exécution de l'essai :

Une prise d'essai de  $50 \pm 0,5$  grammes est introduite dans un gobelet propre sec vitré à 0,01 g, puis porté dans l'étuve où la température est de  $163 \pm 1^\circ\text{C}$ . On maintient la température à  $163^\circ\text{C}$  pendant cinq heures. Une fois la période de chauffage terminée, on retire la prise de l'étuve, la refroidir et peser à 0,01 près.

c. Expression des résultats :

La perte de masse au chauffage est le rapport exprimé en pourcent de la perte de masse de la prise d'essai à sa masse initiale.

$$\% \text{Perte} = 100 \frac{\text{Masse perte}}{\text{Masse initiale}}$$

IV. BILLE-ANNEAU :

1. Définition :

Le point de ramollissement bille et anneau est la température à laquelle un produit bitumineux atteint un certain degré de ramollissement dans des conditions normalisées.

2. Principe :

Une bille d'acier d'une masse déterminée est placée sur une prise d'essai du produit, contenue dans un anneau de métal de dimensions normalisées. L'ensemble est chauffé à une vitesse constante déterminée. La température à laquelle la prise d'essai devient assez molle pour que la bille ait pénétré le produit bitumineux tombe enveloppée de celui-ci, d'une hauteur déterminée, est prise comme le point de ramollissement du produit étudié.

3. Appareillage :

Les appareils pour l'essai bille-anneau sont :

- Bain thermostatique
- Étuve
- Appareil Bille Anneau
- Thermomètre
- Plaque chauffante



Figure 10: Bain thermostatique



Figure 11: Appareil pour bille-anneau

Fanja (2016)

Fanja (2016)

#### 4. Mode opératoire :

##### a. Préparation :

On chauffe l'échantillon jusqu'à ce qu'il soit assez fluide puis le verse dans deux anneaux. Pendant cette opération, les anneaux reposent sur une plaque. On laisse refroidir pendant 30 min.

Après refroidissement, on enlève l'excès de produit par arasement en utilisant une spatule légèrement chauffée.

##### b. Exécution de l'essai :

On assemble l'appareillage avec les anneaux, le thermomètre et les guides en position correcte et on remplit le gobelet avec de l'eau distillée à  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  sur une hauteur comprise entre 102 et 108 mm. La température est maintenue à  $5^\circ\text{C}$  pendant 15 min, en plaçant si nécessaire le gobelet cylindrique dans de la glace fondante. Il faut placer une bille à l'aide d'une pince au centre de chaque guide.

On chauffe ensuite l'ensemble de façon, à élever la température de  $5^\circ\text{C}$  par minute. Cette élévation de température doit être uniforme. La température indiquée par le thermomètre est à noter pour chaque ensemble anneau-bille, à laquelle l'échantillon enveloppant la bille touche la plaque inférieure du support.

##### c. Expression des résultats :

On arrondit à  $0,5^\circ\text{C}$  près la moyenne des températures enregistrées des deux essais et noter ce résultat comme le point de ramollissement.

L'indice de pénétrabilité est donné par la formule :

$$\text{IP} = 50 \frac{\log 800 - \log \text{P25}}{\text{B.A.} - 25}$$

**IP** : indice de pénétrabilité

**Log** : logarithme à base 10

**P25** : pénétrabilité à  $25^\circ\text{C}$

**B.A.** : résultat de l'essai bille-anneau

## CONCLUSION

Ce stage au laboratoire présente un énorme intérêt pour développer nos connaissances en géotechnique. Il nous a permis de connaître quelques (puisque certains essais que nous n'avons pas assistés ne sont pas exposés dans ce rapport) essais effectués sur les matériaux utilisés en génie civil.

Dans ce cas, bien que les matériaux nous semblent utilisables et/ou aptes à la construction, les essais géotechniques sont effectivement nécessaires et indispensables à la dureté et la durabilité des ouvrages.

Cependant, faute de temps, nous n'avons pas pu travailler sur chantier qui est indispensable à la mise en pratique de certaines études et pour savoir vraiment à quel point ces essais sont-ils essentielles.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [i] Analyse granulométrique
- [ii] ANNEXES3
- [iii] bci 001 1974 1975 42 43 14 à 001 d
- [iv] BLPC 59 pp 65 69
- [v] CT B51 17 18
- [vi] LPEE MAGAZINE 36 07
- [vii] matériaux de construction
- [viii] Module 3 Classification Sols 110718
- [ix] RABARIVELO (S. B). Projet de mise en place d'un laboratoire d'analyses physico-chimiques des substances naturelles
- [x] Rapport d'identification des sols EPFL
- [xi] sb 01

## WEBOGRAPHIES

- [xii] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Equivalent\\_de\\_sable](https://fr.wikipedia.org/wiki/Equivalent_de_sable)



## ANNEXES

### Annexe 1. Solution flocculant

Pour une quantité de 1 litre, la solution flocculant est composée de :

- 219 g de chlorure de calcium cristallin,  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ou 111 g de chlorure de calcium anhydre,  $\text{CaCl}_2$  ;
- 450 g de glycérine à 99 % de glycérol, de qualité de réactif pour laboratoire ;
- 12,5 g formaldéhyde en solution, 40 % en volume, de qualité de réactif pour laboratoire ;
- 350 ml eau distillée ou déminéralisée.

### Annexe 2. Piston mesureur

Les éléments du piston sont :

- une tige de 43 cm de longueur ;
- une embase de 2,5 cm de diamètre, dont la surface inférieure est plate, lisse et perpendiculaire à l'axe de la tige et qui comporte latéralement trois vis de centrage du piston dans le cylindre;
- un manchon, de 1 cm d'épaisseur, qui s'adapte sur le cylindre gradué et permet de guider la tige, en même temps qu'il sert à repérer l'enfoncement du piston d'essai dans le cylindre.
- un poids fixé à l'extrémité supérieure de la tige

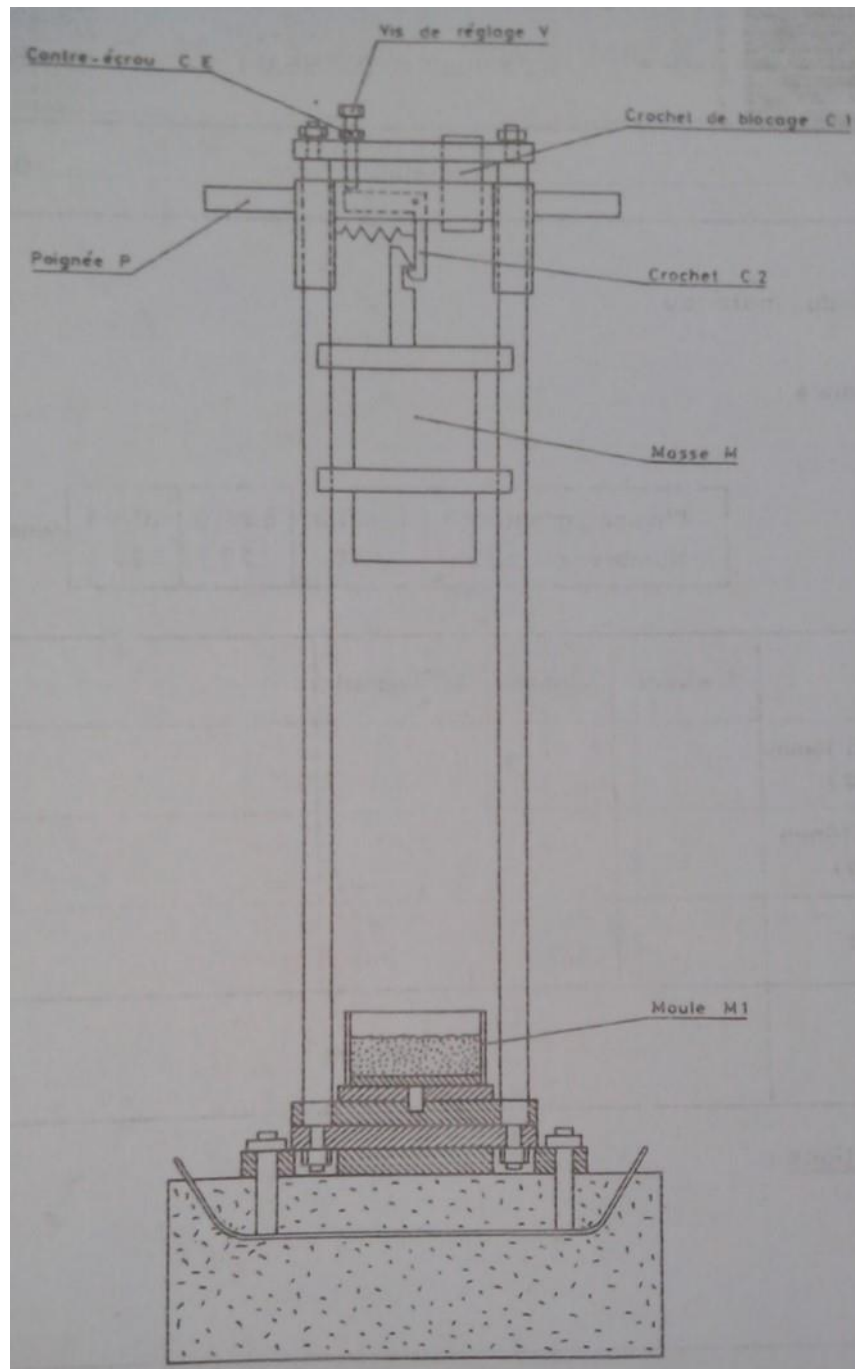
### Annexe 3. Résultat ES et ESV

Équivalent de sable		Essai
Masse de la prise d'essai (g)		<b>120</b>
Hauteur totale h1		11,2
Hauteur sédiment (en cm)	Au piston h2	9,75
	À vue h2'	10,4
Équivalent de sable (en %)	Au piston (ES)	92,86 $\approx$ 93
	À vue (ESV)	87,05 $\approx$ 87

## Annexe 4. Résultat de l'essai granulométrique

Masse initiale en g	9668,0				
Module AFNOR	Tamis en mm	Masse en g		Pourcentage	
		refus	cumulé	Refus cumulé	complémentaire
45	25,00	319,0	319,0	3,30	97
44	20,00	3331,0	3650,0	37,80	62
43	16,00	2079,0	5729,0	59,25	40
42	12,50	2324,0	8053,0	83,29	17
41	10,00	808,0	8861,0	91,65	82
40	8,00	337,0	9198,0	95,13	5
39	6,30	128,5	9326,5	96,46	4
38	5,00	54,5	9380,5	97,03	3
37	4,00	22,0	9402,5	97,25	3
36	0,315	14,0	9416,5	97,40	3
34	2,00	16,0	9432,5	97,56	2
31	1,00	16,0	9448,5	97,73	2
	< 0,08	157,0	9606	99,35	1

## Annexe 5. Figure avec les notations indiquées dans l'exécution de l'essai fragmentation dynamique



## Annexe 6. Résultat fragmentation dynamique

<b>Nature du matériau</b>	<b>Calcaire</b>	
<b>Classe granulaire</b>	<b>10/14</b>	
<b>Nombre de coups</b>	<b>28</b>	
<b>Prise en g</b>	<b>350</b>	
<b>Numéro de l'essai</b>	<b>Essai 1</b>	<b>Essai 2</b>
<b>Passant à 16 mm</b>	108,5	100
<b>Refus à 16 mm</b>	241,5	250
<b>Coefficient FD en %</b>	31	29
<b>FD<sub>moyen</sub> en %</b>	30	

## Annexe 7. Résultat de la mesure d'affaissement

<b>Gravillon en kg</b>	<b>12,40</b>	<b>24,3</b>
<b>Sable en kg</b>	<b>7,20</b>	<b>28,3</b>
<b>Ciment en kg</b>	<b>4,0</b>	<b>15</b>
<b>Eau en L</b>	<b>1,85</b>	<b>14</b>
<b>Numéro de l'essai</b>	<b>Essai 1</b>	<b>Essai 2</b>
<b>Slump</b>	6,5	7

## Annexe 8. Résultat de l'essai réception bitume

Mesure de la densité à 25°C	
<b>Référence godet</b>	<b>N° 1</b>
<b>Masse (godet + verre)</b>	105,63
<b>Masse (godet + verre + eau)</b>	191,09
<b>Volume godet</b>	85,46
<b>Masse (godet + verre + bitume)</b>	165,81
<b>Masse bitume</b>	60,18
<b>Masse (godet + verre + bitume + eau)</b>	191,91
<b>Masse d'eau restante</b>	26,10
<b>Volume liant</b>	59,36
<b>Densité liant</b>	1,01

Perte à la chaleur		
<b>Numéro godet</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Masse godet</b>	56,95	55,35
<b>Masse (godet + bitume avant étuvage)</b>	114,97	121,05
<b>Masse (godet + bitume après étuvage)</b>	114,93	121,01
<b>Perte à la chaleur</b>	0,04	0,04
<b>% perte à la chaleur</b>	0,07	0,06

Pénétration dow et bille anneau		
<b>Pénétration dow à 25°C avant perte</b>	49/45/55/53/48	
	50	
<b>Point de ramollissement en °C</b>	<b>Gauche</b>	<b>Droite</b>
	42	43
	42,5	
<b>Pénétration dow à 25°C après perte</b>	60/62/58/64/56	
	60	
<b>% pénétration restante</b>	83,33	
<b>Valeur d'IP</b>	3,44	

Le bitume est de classe 50/60.

## *TABLE DES MATIERES*

REMERCIEMENTS .....	i
SOMMAIRE .....	ii
LISTE DES ABREVIATIONS ET UNITES .....	iii
LISTES DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
INTRODUCTION.....	1
Partie 1. ESSAIS SUR LE SABLE .....	2
I. EQUIVALENT DE SABLE : .....	2
1. But : .....	2
2. Principe : .....	2
3. Appareillages : .....	2
4. Mode opératoire : .....	3
a. Préparation : .....	3
b. Remplissage, agitation et lavage : .....	3
5. Mesure et résultat : .....	4
II. GRANULOMETRIE : .....	5
1. But : .....	5
2. Principe : .....	5
3. Appareillage : .....	5
4. Mode opératoire : .....	6
a. Préparation : .....	6
b. Criblage et pesage : .....	6
III. Conclusion .....	7
Partie 2. ESSAIS SUR LE GRANULAT ET SUR LE BETON : .....	8
I. FRAGMENTATION DYNAMIQUE : .....	8
1. But : .....	8
2. Principe : .....	8
3. Appareillage : .....	8
4. Mode opératoire : .....	9
a. Préparation et prise : .....	9
b. Exécution de l'essai :(schéma explicative : Annexe 5).....	9
5. Expression des résultats : .....	10
II. SLUMP TEST : .....	10
1. But : .....	10

2. Principe :	10
3. Appareillage :	11
4. Mode opératoire :	11
a. Préparation :	11
b. Exécution de l'essai :	11
5. Interprétation des résultats :	11
Partie 3. ESSAI SUR LE BITUME :	12
I. DENSITE RELATIVE :	12
1. Définition :	12
2. Principe :	12
3. Appareillage :	12
4. Mode opératoire :	12
a. Préparation :	12
b. Pesage :	12
5. Expression du résultat :	13
II. PENETRABILITE A L'AIGUILLE (AVANT ET APRES PERTE):	13
1. Définition :	13
2. Principe :	13
3. Appareillage :	13
4. Mode opératoire :	14
a. Préparation :	14
b. Exécution de l'essai :	14
5. Expression du résultat :	14
III. PERTE AU CHAUFFAGE :	14
1. Définition :	14
2. Principe :	14
3. Appareillage :	14
4. Mode opératoire :	15
a. Préparation :	15
b. Exécution de l'essai :	15
c. Expression des résultats :	15
IV. BILLE-ANNEAU :	15
1. Définition :	15
2. Principe :	15
3. Appareillage :	15

4. Mode opératoire :	17
a. Préparation :	17
b. Exécution de l'essai :	17
c. Expression des résultats :	17
CONCLUSION	18
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	19
ANNEXES	I
Annexe 1. Solution floculant	I
Annexe 2. Piston mesureur	I
Annexe 3. Résultat ES et ESV	I
Annexe 4. Résultat de l'essai granulométrique	II
Annexe 5. Figure avec les notations indiquées dans l'exécution de l'essai fragmentation dynamique	II
Annexe 6. Résultat fragmentation dynamique	IV
Annexe 7. Résultat de la mesure d'affaissement	IV
Annexe 8. Résultat de l'essai réception bitume	V
TABLE DES MATIERES	vii



**Titre : “ ETUDES EXPERIMENTALES AU DEPARTEMENT MATERIAU DU  
LABORATOIRE NATIONAL DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BÂTIMENT**

»

**Auteur** : ANDRIAMBELOMASITINA Dinasambatra *Fanjamilanto*

**Contact** : +261 34 67 712 75 / +261 33 85 690 43

Corps du mémoire : 19

Nombre de figures : 12

Nombre de tableau : 4



**Résumé** :

Ce présent mémoire nous a permis d’avoir certaines notions en géotechnique. En général, concernant le domaine des travaux publics et du bâtiment, les bases et piliers de la fondation et de la construction sont les études géotechniques. De ce fait, de nombreux essais tels que la réception de bitume ; l’équivalent de sable et l’étude granulométrique ; l’essai fragmentation dynamique et le “ slump test ” ; seront adoptés pour que les usagers puissent bénéficier de la bonne qualité, de la dureté et de la fiabilité des ouvrages.

**Mots clés**: Essai géotechnique, Matériau

**Abstract**:

This present report enable us to have some notion on geotechnics domain. In general, concerning the domain of public’s works and building, the base and pillar of the foundation and of the construction are the geotechnical study. Therefore, many test such as bitumen reception; sand’s equivalent; dynamic fragmentation test and slump test; will be adopted so that the users can profit from the best quality, the hardness and the reliability of the work.

**Keys word**: Geotechnics test, Material

**Rapporteur**: M. RANDRIAMIHARIVELO Philibert Daniel

Contact : 034 03 900 98