

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE
FIN D'ÉTUDES

GC.0425

Titre PROPRIÉTÉS DES BÉTONS BITUMINEUX
UTILISÉS AU SÉNÉGAL

Auteur Alioune BADIANE

Génie CIVIL

Date JUIN 1983

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE:

PROPRIETES DES BETONS

BITUMINEUX UTILISES

AU SENEGAL

AUTEUR: ALIOUNE · BADIANE

DIRECTEUR DE PROJET: ANDRE · PARIS

DATE: 16.05.1983

DEDICACE:

Je dedie ce prôpt:

A mes parents

A mes amis et

A tous ceux qui, par leurs conseils, leurs enseignements, ont contribué à ma formation.

ALIOUNE

BADIANE

REMERCIEMENTS

J'aimerais exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce projet.

Je remercie particulièrement :

- Mr: André Paris, mon directeur de projet, professeur de route à L' Ecole Polytechnique de Thies, chef de département du Genie Civil, pour ses conseils,

- Mr Eserchel Franklin, responsable du laboratoire de Route à L' école Polytechnique de Thies pour l'aide et le soutien qu'il m'a apportés lors des manipulations.

Pour terminer, je remercie l'élève-ingénieur Alioune N'Diaye de sa disponibilité -

SOMMAIRE

Ce projet a trait à l'utilisation des différents types de matériaux commercialisés au Sénégal dans la fabrication des bétons bitumineux. C'est ainsi que successivement on aura à choisir les matériaux, à étudier les mélanges, à fabriquer des échantillons et à faire des essais en laboratoire en vue de comparer les différents mélanges à partir des résultats obtenus. Plusieurs essais sont utilisés. Et parmi les plus importants, on peut citer la densité brute, le pourcentage des vides dans le mélange, la stabilité et le fluage qui nous ont permis de déterminer la teneur en bitume optimale et idéale des différents mélanges. D'autre part, on a pu, à partir de ces études faites au laboratoire, comparer les propriétés importantes des bétons bitumineux qui sont la compacité, la stabilité mécanique et la tenue à l'eau et ainsi faire un choix judicieux dans l'utilisation même des revêtements.

TABLE DES MATIERES

Introduction — — — — — 1

Chapitre 1 : Les éléments du mélange

1.1: Le granulat — — — — — 3

1.2: Le liant hydrocarboné — — — — — 3

Chapitre 2: Mélanges de bétons bitumineux

2.1: Les couches utilisées dans l'étude — — — 5

2.2: Choix du type de mélange bitumineux — — 6

2.3: Etude de la granulométrie — — — 6

2.4: Représentation schématique d'un béton bitumineux — 8

2.5: Fabrication du mélange de béton bitumineux — 9

2.5.1: Les postes d'enrobage — — — 9

2.5.2: Les laboratoires — — — 9

2.6: Etude des mélanges de béton bitumineux — 9

2.7: Calcul des mélanges — — — — — 11

Chapitre 3: Essais au laboratoire et Résultats

3.1: Les essais pratiqués sur les mélanges — — — 12

3.1.1: densité brute — — — — — 12

3.1.2: pourcentage des vides — — — — — 12

3.1.3: Essai Marshall: stabilité et Fluage — 13

Chapitre 4: Comparaison et analyse des résultats

4.1: Détermination de la teneur en bitume optimale — 71

4.1.1: Couche de surface — — — — — 71

4.1.2: Couche de base — — — — — 71

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4.1.3 : Analyse des mélanges | 71 |
| 4.1.3.1 : Stabilité | 71 |
| 4.1.3.2 : Imperméabilité | 72 |
| 4.1.3.3 : Durabilité | 72 |
| 4.1.3.4 : Résistance à la fatigue | 72 |
| 4.1.3.5 : Sur le plan économique | 72 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| <u>Conclusion et Recommandations</u> | 73 |
|--------------------------------------|----|

References :

| | |
|--------------------------|----|
| a) <u>bibliographies</u> | 75 |
|--------------------------|----|

INTRODUCTION

On désigne par enrobé, toute une série de mélanges dont les caractéristiques sont diverses. Et selon que le granulat passe ou non dans un tambour sécheur qui le deshydrate (four), on parlera d'enrobés à chaud ou d'enrobés à froid. Les bétons bitumineux entrent dans la catégorie des enrobés denses à chaud dont le pourcentage des vides est faible. Ils possèdent de hautes performances caractérisées par:

- La qualité des granulats (propreté, résistance mécanique)
- La viscosité du liant.
- Une granulométrie continue avec tolérances strictes
- des performances élevées (forte compacité, résistance mécanique importante)

L'apparition des revêtements en enrobés ne date pas d'hier. C'est ainsi qu'ils ont été utilisés à l'avenue de Longchamp au bois de Boulogne un peu avant la guerre 1914-1918 et à New York en 1870 par le belge Desmets (avec de l'asphalte naturel de la vallée du Rhône.)

Avec le développement ou l'amélioration des systèmes de transports qui donne des avantages du genre:

- permettre des communications faciles.
- Élargir l'horizon des échanges commerciaux et culturels,
- Rendre plus simple le déplacement des gens et des marchandises,

il est nécessaire de se doter, à tous les niveaux, d'un bon réseau

routier. C'est pourquoi l'utilisation des bétons bitumineux sur les routes pour accroître leurs qualités est judicieuse. Et à partir de ce moment, l'étude au Laboratoire des bétons bitumineux, compte-tenu des matériaux disponibles prend toute son importance, si l'on veut qu'ils soient réservés aux routes, autoroutes, aérodromes, ... sur lesquels le trafic, soit par le nombre de passages, soit par la valeur élevée des charges et surtout des pressions, exige des enrobés de haute résistance et qui se densifient peu après leur mise en œuvre.

CHAPITRE I: LES ELEMENTS DU
MELANGE.

Le béton bitumineux est obtenu, principalement, à partir de deux (2) éléments: Les grains et le liant hydrocarboné.

1.1: Le granulat

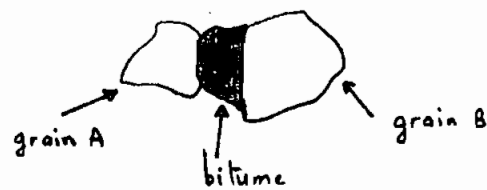
Les grains utilisés sont des basaltes qui proviennent de la carrière de Diack (sur la route de KHOMBOLE) appartenant à la compagnie sahélienne d'entreprise (C.S.E). Dans cette carrière, les roches émergent du sol sous une couche de terre plus ou moins importante et offrent des possibilités d'extraction à ciel ouvert. L'exploitation de cette carrière se fait surtout par abattage à l'explosif qui, introduit dans des forages profonds, fragmente la masse en gros blocs. Les casseurs broient ensuite les blocs avant qu'ils ne passent au concassage (concasseurs primaires) qui présente l'avantage d'améliorer le frottement interne et les possibilités de stabilisation et d'accrochage du matériau. Puis c'est le tour du criblage qui est exécuté sur 3 types de tamis. Les refus, récupérés à la sortie, sont renvoyés au criblage par l'intermédiaire du concasseur secondaire. Ainsi cette carrière produit des grains de différentes grosseurs: 0-3, 3-8, 8-16, 16-25, 25-40 et tout venant. Dans le projet on a eu à utiliser de ces matériaux (0-3, 3-8, 8-16, 16-20.)

1.2: Le liant hydrocarboné (bitume)

Le bitume est un corps noir ou brun, solide ou semi-solide à température ambiante, constitué de molécules hydrocarbonées et qui, soit existe dans la nature, soit résulte de la distillation fractionnée du pétrole brut.

Mais il faut noter que même à l'état naturel, le bitume résulte d'une distillation qui s'est accomplie naturellement au cours des temps géologiques.

Le bitume est utilisé comme liant, pour fixer et retenir entre eux des grains minéraux de diverses formes.



Le maintien de la liaison entre le grain A et B exige 2 conditions.

- a) Il ne doit pas avoir de rupture entre le film de bitume et le grain A ou B : C'est le rôle de l'adhésion
- b) Il ne doit pas avoir de rupture au sein même du film de bitume : C'est le rôle de la cohésion.

Ainsi l'adhésivité et la cohésivité qui sont deux des propriétés essentielles du bitume peuvent être définies comme suit :

o Adhésivité : C'est l'aptitude du bitume à se fixer sur un matériau pierreux et varie avec l'humidité et la nature du matériau.

o Cohésivité : C'est la possibilité, pour un bitume, de conserver sa plasticité, de s'adapter aux déformations du support sans fissuration et de tolérer les variations de température, grâce aux huiles qu'il contient.

Pour terminer, on peut citer les fillers qui sont des poudres très fines mélangées à certains matériaux pour en combler les vides et les dopes qui sont des produits chimiques destinés à assurer l'adhérence réciproque du liant et du matériaux pierreux.

CHAPITRE II : MELANGES DE BETONS

BITUMINEUX

2.1: Les couches utilisées dans l'étude.

Si on réalise une couche avec du béton bitumineux, alors cette couche doit avoir un certain nombre de qualités.

- Elle doit résister aux efforts imposés par les roues des véhicules
- Elle doit être étanche pour ne pas laisser l'eau entrer dans la chaussée
- Elle doit être stable même en présence d'eau et ne doit pas voir ses performances mécaniques diminuées en période de pluies.

2.1.1: Couche de base.

C'est la couche qui se trouve directement en contact avec les véhicules par l'intermédiaire d'une couche de surface peu épaisse. Elle supporte de ce fait des efforts importants horizontaux et verticaux. Elle peut être à base de matériaux enrobés, ouverts, semi-denses ou denses (pleins) et a une épaisseur plus importante que celle de la couche de surface.

2.1.2: Couche de surface

Nous savons qu'un excès d'eau est nuisible à la tenue de la chaussée. D'autre part, la surface de la chaussée est soumise à des efforts importants de pression et de frottement qui l'usent rapidement si la circulation est intense. Pour imperméabiliser et protéger la chaussée, on peut recouvrir la couche de base d'une couche de surface. Ainsi la chaussée ne va plus s'user mais seulement cette couche de surface dont le renouvellement s'effectuera facilement et sera relativement économique par rapport à la réparation de la chaussée proprement dite. Les matériaux enrobés utilisés, coûtent chers, mais se renouvellent bien moins souvent et leur application mécanique à la finisseuse, par exemple, permet de donner à la chaussée, une surface parfaitement régulière.

2.2: Choix du type de mélange bitumineux.

Ce choix doit se faire en fonction des exigences de chaque revêtement.

- Il doit donc être basé sur:

- Le type de travail à exécuter (couche de base, couche de surface, couche d'usure, rapiéçage, ...)
- L'épaisseur des couches à poser.
- La disponibilité des granulats.

C'est pourquoi, en nous référant aux recommandations Canadiennes sur les mélanges bitumineux de pavage du ministère des transports (voir tableau I), nous utilisons dans notre étude, le mélange MB₄ pour les couches de surfaces et le mélange MB₂ pour les couches de base.

2.3: Etude de la granulométrie.

Les matériaux que l'on utilise dans la fabrication des bétons bitumineux sont très souvent des matériaux naturels.

D'où ils varient dans le temps, et leur granulométrie peut alors évoluer à l'intérieur de certaines limites que l'on appelle alors un fuseau granulométrique.

Dans un fuseau granulométrique, on a l'habitude de parler de limite supérieure (% passant) qui est la courbe granulométrique qui joint les pourcentages limites les plus élevés et de limite inférieure qui est la courbe qui joint les % limites inférieurs. Lorsqu'on échantillonne une réserve de granulats ou que l'on constitue une réserve de granulats, on obtient non pas une seule courbe granulométrique pour une réserve donnée mais un ensemble de courbes comprises dans un fuseau.

Tableau I

7

LES MELANGES BITUMINEUX DE PAVAGE
MINISTÈRE DES TRANSPORTS - GOUVERNEMENT DE QUÉBEC

| Type | MB1 | MB2 | MB3 | MB4 | MB5 | MB6 | MB7 | |
|----------------|----------|------------------------|---|---------|-------------------------|-------------------------|-----------|----------|
| Usage | Base | Base | couche uni- que ou base ^o | surface | surface ou surfacage | surface ou surfacage | surface | |
| Épaisseur (mm) | 75 | 45-90 | 45-75 | 37,5-63 | 25-50 | 19-50 | 12,5-37,5 | |
| Tamis | | LE POURCENTAGE PASSANT | | | | | | |
| mm | po ou no | | | | | | | |
| 37,5 | 1 1/2" | 100 | | | | | | |
| 25 | 1 | | 100 | 100 | 100 | | | |
| 19 | 3/4" | 60-85 | 75-100 | 80-100 | 100 | | | |
| 12,5 | 1/2" | | | | 80-100 | 100 | 100 | |
| 9,5 | 3/8" | 40-65 | 45-80 | 60-80 | 70-90 | 80-100 | 85-100 | 100 |
| 4,75 | no 4 | 30-50 | 30-50 | 48-65 | 50-70 | 55-75 | 70-85 | 85-100 |
| 2,35 | no 8 | 20-45 | 20-45 | 35-60 | 38-63 | 42-67 | 57-75 | 65-90 |
| 1,18 | no 16 | | | | | | | |
| 0,600 | no 30 | 5-30 | 10-30 | 16-40 | 18-42 | 20-44 | 25-50 | 25-65 |
| 0,300 | no 50 | 3-22 | 5-22 | 10-30 | 11-31 | 13-33 | 15-40 | 18-48 |
| 0,150 | no 100 | 2-15 | 2-15 | 4-20 | 5-21 | 6-22 | 7-25 | 8-30 |
| 0,075 | no 200 | 1-8 | 1-8 | 2-10 | 2-10 | 2-10 | 4-12 | 3-12 |
| Bitume (%) | | 3,5-5,0 | 4-6,5 | 4,5-7,0 | 4,5-7,0 | 4,5-7,0 | 5,0-10,0 | 6,0-10,0 |
| Stabilité (N) | | +5300 | +5300 | +5300 | +5300 | +5300 | +5300 | +3300 |
| % des vides | | 3-8 | 2-6 | 2-6 | 2-5 | 2-5 | 2-5 | 2-6 |
| Fluage (mm) | | 1,7-4,0 | 2,0-4,0 | 2,0-4,0 | 2,0-4,0 | 2,0-4,5 | 2,0-4,5 | 2,0-4,5 |
| VDA (%) | | +12 | +13 | +13 | +14 | +15 | +15 | +16 |

* Lorsque posé à l'automne sans revêtement de surface

On appelle courbe granulométrique moyenne, la courbe obtenue en faisant la moyenne des % passant sur chacun des tamis. Dans la pratique, cette courbe moyenne est utilisée pour le calcul des mélanges, et ceci principalement pour la raison suivante :

- o Le fuseau granulométrique dans lequel évolue le granulat est étroit (limites supérieure et inférieure proches l'une de l'autre)

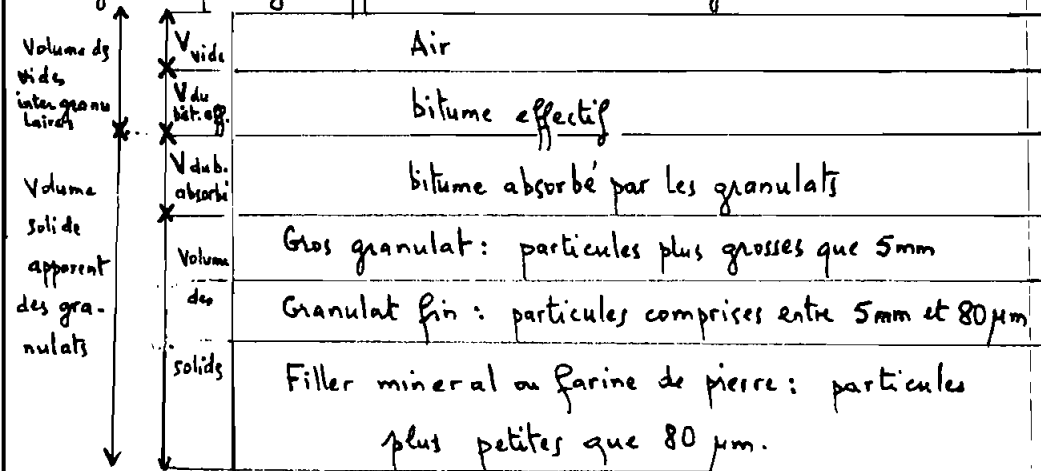
Par tradition, on a l'habitude de représenter les résultats de l'analyse granulométrique sur des graphiques où en abscisse, on reporte les ouvertures des tamis en mm sur une échelle logarithmique, et les pourcentages cumulatifs passants en ordonnée sur une échelle arithmétique -

2.4: Représentation schématique d'un béton bitumineux.

Un béton bitumineux est un mélange de granulats, de bitume et d'air.

Une partie du bitume que l'on introduit dans le mélange est absorbée par les granulats et n'agit pas comme liant, on parle alors de bitume absorbé.

Le reste du bitume qui lie effectivement les granulats entre eux est appelé bitume effectif. Un bon béton bitumineux doit contenir aussi un certain volume d'air de façon à pouvoir absorber la dilatation du bitume et permettre un léger compactage supplémentaire sous les charges des véhicules.



2.5: Fabrication du mélange de béton bitumineux

Le mélange de béton bitumineux se réalise de 2 façons:

- Soit au niveau des postes d'enrobage
- Soit au niveau des laboratoires -

2.5.1: Les postes d'enrobage

Il existe 2 types de postes d'enrobage qui diffèrent dans leur façon de combiner les constituants pour le malaxage. Ce sont:

● Les postes d'enrobage en continu:

On n'y interrompt pas le flot de granulats dont le débit volumétrique et par suite pondéral est constant. Puis on le mélange avec un courant également continu de liant.

● Les postes d'enrobage à fournées.

Les matériaux y sont proportionnés pour le malaxage, d'une façon séparée par pesée. Ils sont ensuite mélangés en une fournée puis retirés du malaxeur; Et le cycle recommence.

2.5.2: Les laboratoires

Pour chaque échantillon d'essai, on pèse la quantité de chaque fraction de la dimension requise pour produire une gachée qui resultera en un échantillon compacté. Au préalable, on chauffe le granulat à l'étuve jusqu'à une certaine température et on le mélange rapidement avec le liant (bitume) pour qu'il soit bien enrobé. Notons que la température du malaxage doit aussi être contrôlée.

2.6: Etude des mélanges de béton bitumineux

Le mélange est défini par les proportions en poids de granulats et du liant qui le composent. Il faut chercher alors une ou plusieurs

compositions satisfaisantes. En présence de matériaux déterminés, il n'existe pas de moyens de définir à coup sûr une bonne formule et les tâtonnements sont toujours de règle. Les essais à effectuer se rapportent à 3 caractéristiques du revêtement.

- sa compacité
- sa stabilité mécanique
- son insensibilité à l'eau.

En effet, on cherchera à avoir des enrobés compacts et non saturés de liant, résistants et dont la résistance ne s'effondre pas lorsque le revêtement est en contact plus ou moins prolongé avec l'eau.

● La compacité

Elle est liée à la granulométrie du squelette minéral. Et la courbe granulométrique du mélange est adéquate lorsqu'il restera peu de vides à remplir par le liant. On partira de fuseaux granulométriques qui permettent d'essayer au laboratoire des mélanges de granulats qu'on envisage d'utiliser afin d'obtenir une courbe de mélange à l'intérieur du fuseau. Il faut noter qu'il est préférable d'avoir un mélange sec, compact pour réduire la consommation de liant devant remplir les vides et obtenir par la suite, une stabilité convenable.

● La stabilité mécanique

C'est l'effort maximum à la presse et est fonction:

- de la forme et de la nature des grains (squelette minéral)
- du dosage en liant
- de la nature du liant (pénétration).

Elle dépend aussi de la température à laquelle s'effectue l'essai et

de la vitesse avec laquelle est appliquée la charge, qui sont des facteurs fixés.

Notons qu'une bonne stabilité est obtenue avec une teneur en bitume basse et une grande compacité.

● La tenue à l'eau.

Elle est influencée par 2 facteurs :

- L'adhésivité du liant aux granulats
- L'absence de tout élément argileux susceptible de gonfler en présence d'eau.

Pour avoir une bonne mesure de la sensibilité de l'enrobé à l'eau, il faut faire le rapport des résistances après et avant immersion.

2.7: Calcul des mélanges.

On prépare des mélanges avec des teneurs en bitume différentes; Et pour chaque mélange, on détermine les essais suivants:

- La densité brute
- Le pourcentage des vides dans le mélange
- Le pourcentage des vides entre les granulats
- Le fluage et la stabilité.

Tous ces résultats sont portés sur des graphiques en fonction de la teneur réelle en bitume. On détermine alors la teneur en bitume optimale qui donnera les meilleurs résultats vis à vis des normes. La teneur optimale et idéale est celle qui correspond:

- 1) A la densité brute maximale
- 2) A la stabilité maximale
- 3) Au pourcentage minimum de vides.

Notons cependant que les autres essais doivent aussi être acceptables.

CHAPITRE III: ESSAIS AU LABORATOIRE

ET RESULTATS

3.1: Les essais pratiques sur les mélanges

Dans le projet, plusieurs essais ont été effectués sur les échantillons. Et parmi les plus importants, on peut retenir:

3.1.1: La densité brute

Lorsqu'on réalise un échantillon d'enrobé selon un processus opératoire déterminé, on mélange agrégats et liant, et on remplit un moule de dimensions déterminées en compactant le mélange dans le moule (presse, dame, ...).

Le poids spécifique D de l'éprouvette après démoulage, ou poids spécifique brut, est le rapport du poids de l'éprouvette à son volume.

$$D = \frac{P}{V}$$

Remarque: Dans l'essai, on avait pour l'éprouvette, un diamètre = 10,16 cm

3.1.2: Le pourcentage des vides interstitiels

Le pourcentage des vides de l'éprouvette est donné par la formule:

$$V = 100 \left(1 - \frac{D}{D_m} \right)$$

où D = poids spécifique apparent de l'éprouvette

D_m = poids spécifique maximum de l'éprouvette

- Poids spécifique apparent: Il est défini par la

formule suivante:

$$D = \frac{A}{A - C} \text{ où}$$

A = poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve

C = poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface.

● Poids spécifique maximum de l'éprouvette.

Pour déterminer le poids spécifique maximum, on mesure le poids spécifique des "pleins" d'une éprouvette par une méthode picnométrique. On utilise un solvant, en général du trichloréthylène, comme liquide dans le picnomètre.

On rompt l'éprouvette après chauffage; Et l'éprouvette ainsi réduite en fragments à chaud, est entièrement désenrobée, et théoriquement on a directement le volume de ses "pleins".

Dans ce procédé, le poids spécifique maximum se détermine à partir de la formule suivante:

$$P.S.M = \frac{B - A}{V - \frac{C - B}{\delta}}$$

A = poids du picnomètre vide

où B = poids du picnomètre + enrobé

C = poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène

V = volume du picnomètre

δ = poids spécifique du trichloréthylène →

$$\delta = 1,4642$$

3.1.3: Essai Marshall: Stabilité et fluage.

Dans cet essai, on note l'effort maximum à la presse et la déformation diamétrale de l'éprouvette au moment de la rupture, c'est à dire du maximum d'effort à la presse.

L'effort maximum est la stabilité mécanique et la déformation à ce stade est l'écrasement. → A l'aide de cadrans reliés à l'appareil, on fait des lectures nous permettant d'avoir la stabilité mécanique et le fluage, par correspondance.

PREPARATION DES INGREDIENTS.

COUCHE DE BASE : MB2.

● Les exigences granulométriques pour ce type de mélange.

| Grosseur du tamis | | Pourcentage passant | Pourcentage passant moyen |
|-------------------|-------|---------------------|---------------------------|
| (po) | (mm) | | |
| 1 | 25 | 100 | 100 |
| 3/4" | 19 | 75 - 100 | 87,5 |
| 3/8" | 9,5 | 45 - 80 | 62,5 |
| n° 4 | 4,75 | 30 - 50 | 40 |
| no 8 | 2,36 | 20 - 45 | 32,5 |
| no 30 | 0,600 | 10 - 30 | 20 |
| no 50 | 0,300 | 5 - 22 | 13,5 |
| no 100 | 0,150 | 2 - 15 | 8,5 |
| no 200 | 0,075 | 1 - 8 | 4,5 |

● Masses à prendre des différentes grosseurs des agrégats
pour obtenir les 3000 grs d'agrégats nécessaires pour les éprouvets

| Retenu au tamis (mm) | % cumulatif | % non-cumulatif | Masses en grammes |
|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------------|
| 19 | $100 - 87,5 = 12,5$ | 12,5 | $3000 \times 0,125 = 375$ |
| 9,5 | $100 - 62,5 = 37,5$ | 25 | $3000 \times 0,25 = 750$ |
| 4,75 | $100 - 40 = 60$ | 22,5 | $3000 \times 0,225 = 675$ |
| 2,36 | $100 - 32,5 = 67,5$ | 7,5 | $3000 \times 0,075 = 225$ |
| 0,600 | $100 - 20 = 80$ | 12,5 | $3000 \times 0,125 = 375$ |
| 0,300 | $100 - 13,5 = 86,5$ | 6,5 | $3000 \times 0,065 = 195$ |
| 0,150 | $100 - 8,5 = 91,5$ | 5 | $3000 \times 0,05 = 150$ |
| 0,075 | $100 - 4,5 = 95,5$ | 4 | $3000 \times 0,04 = 120$ |
| | | 4,5 | $3000 \times 0,045 = 135$ |

Essai Marshall: Stabilité et FluagePREPARATION DES INGREDIENTSCOUCHE DE SURFACE: MB₄.

● Les exigences granulométriques pour ce type de mélange.

| Grossueur du tamis no | Grossueur (mm) | Pourcentage passant | Pourcentage passant moyen |
|--------------------------|----------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | 25 | 100 | 100 |
| 3/4" | 19 | 100 | 100 |
| 1/2" | 12,5 | 80 - 100 | 90 |
| 3/8" | 9,5 | 70 - 90 | 80 |
| no 4 | 4,75 | 50 - 70 | 60 |
| no 8 | 2,36 | 38 - 63 | 50,5 |
| no 30 | 0,600 | 18 - 42 | 30 |
| no 50 | 0,300 | 11 - 31 | 21 |
| n° 100 | 0,150 | 5 - 21 | 13 |
| n° 200 | 0,075 | 2 - 10 | 6 |

● Masses à prendre des différentes grosseurs des agrégats pour obtenir les 3000 gus d'agrégats nécessaires pour les éprouvettes

| Retenu au tamis (mm) | % cumulatif | % non-cumulatif | Masse en gramme |
|-------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| 12,5 | 100 - 90 = 10 | 10 | 3000 × 0,10 = 300 |
| 9,5 | 100 - 80 = 20 | 10 | 3000 × 0,10 = 300 |
| 4,75 | 100 - 60 = 40 | 20 | 3000 × 0,20 = 600 |
| 2,36 | 100 - 50,5 = 49,5 | 9,5 | 3000 × 0,095 = 285 |
| 0,600 | 100 - 30 = 70 | 20,5 | 3000 × 0,205 = 615 |
| 0,300 | 100 - 21 = 79 | 9 | 3000 × 0,09 = 270 |
| 0,150 | 100 - 13 = 87 | 8 | 3000 × 0,08 = 240 |
| 0,075 | 100 - 6 = 94 | 7 | 3000 × 0,07 = 210 |
| | | 6 | 3000 × 0,06 = 180 |

HUMBOLDT MFG. CO.

Scientific Instruments  Testing Equipment
 Laboratory Apparatus
 7300 WEST AGATITE

NORRIDGE, CHICAGO, ILL 60656

MARSHALL METHOD CALIBRATION TABLE FOR RING NUMBER #1709

| Dial | Dial | Dial | Dial | Dial | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|-----|------|-----|------|
| Reading - Pounds | Reading - Pounds | Reading - Pounds | Reading - Pounds | Reading - Pounds | | | | | |
| 0 | 0 | 59 | 600 | 139 | 1500 | 267 | 3000 | 414 | 4500 |
| 1 | 20 | 60 | 620 | 143 | 1550 | 274 | 3050 | 418 | 4550 |
| 2 | 40 | 62 | 640 | 147 | 1600 | 279 | 3100 | 425 | 4600 |
| 3 | 60 | 63 | 660 | 150 | 1650 | 282 | 3150 | 429 | 4650 |
| 4 | 80 | 66 | 680 | 155 | 1700 | 287 | 3200 | 434 | 4700 |
| 12 | 100 | 67 | 700 | 158 | 1750 | 292 | 3250 | 438 | 4750 |
| 13 | 120 | 69 | 720 | 163 | 1800 | 297 | 3300 | 443 | 4800 |
| 15 | 140 | 71 | 740 | 168 | 1850 | 304 | 3350 | 449 | 4850 |
| 16 | 160 | 74 | 760 | 172 | 1900 | 307 | 3400 | 454 | 4900 |
| 19 | 180 | 75 | 780 | 176 | 1950 | 312 | 3450 | 458 | 4950 |
| 21 | 200 | 76 | 800 | 181 | 2000 | 317 | 3500 | 463 | 5000 |
| 23 | 220 | 79 | 820 | 185 | 2050 | 323 | 3550 | 468 | 5050 |
| 24 | 240 | 81 | 840 | 189 | 2100 | 328 | 3600 | 473 | 5100 |
| 27 | 260 | 82 | 860 | 194 | 2150 | 332 | 3650 | 477 | 5150 |
| 28 | 280 | 85 | 880 | 197 | 2200 | 337 | 3700 | 484 | 5200 |
| 30 | 300 | 86 | 900 | 203 | 2250 | 342 | 3750 | 490 | 5250 |
| 33 | 320 | 87 | 920 | 207 | 2300 | 348 | 3800 | 495 | 5300 |
| 35 | 340 | 89 | 940 | 210 | 2350 | 352 | 3850 | 500 | 5350 |
| 36 | 360 | 92 | 960 | 215 | 2400 | 357 | 3900 | 505 | 5400 |
| 38 | 380 | 94 | 980 | 219 | 2450 | 361 | 3950 | 509 | 5450 |
| 41 | 400 | 95 | 1000 | 224 | 2500 | 367 | 4000 | 514 | 5500 |
| 42 | 420 | 100 | 1050 | 228 | 2550 | 371 | 4050 | 519 | 5550 |
| 44 | 440 | 104 | 1100 | 232 | 2600 | 376 | 4100 | 525 | 5600 |
| 46 | 460 | 108 | 1150 | 237 | 2650 | 382 | 4150 | 531 | 5650 |
| 47 | 480 | 112 | 1200 | 241 | 2700 | 386 | 4200 | 536 | 5700 |
| 49 | 500 | 116 | 1250 | 245 | 2750 | 390 | 4250 | 542 | 5750 |
| 52 | 520 | 119 | 1300 | 250 | 2800 | 396 | 4300 | 547 | 5800 |
| 54 | 540 | 126 | 1350 | 255 | 2850 | 400 | 4350 | 553 | 5850 |
| 55 | 560 | 128 | 1400 | 258 | 2900 | 404 | 4400 | 557 | 5900 |
| 56 | 580 | 134 | 1450 | 264 | 2950 | 409 | 4450 | 563 | 5950 |
| | | | | | | | | 570 | 6000 |

FACTEUR DE CORRECTION (STABILITE MARSHALL)

| Volume brut en cm ³ | Epaisseur approximative en po | Facteur de correction |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 200 - 213 | 1 | 5,56 |
| 214 - 225 | 11 16 | 5,00 |
| 226 - 237 | 11 8 | 4,55 |
| 238 - 250 | 13 16 | 4,17 |
| 251 - 264 | 11 4 | 3,85 |
| 265 - 276 | 15 16 | 3,57 |
| 277 - 289 | 13 8 | 3,33 |
| 290 - 301 | 17 16 | 3,03 |
| 302 - 316 | 11 2 | 2,70 |
| 317 - 328 | 19 16 | 2,50 |
| 329 - 340 | 15 8 | 2,27 |
| 341 - 353 | 11 16 | 2,08 |
| 354 - 367 | 13 4 | 1,92 |
| 368 - 379 | 11 16 | 1,79 |
| 380 - 392 | 17 8 | 1,67 |
| 393 - 405 | 11 16 | 1,56 |
| 406 - 420 | 2 | 1,47 |
| 421 - 431 | 21 16 | 1,39 |
| 432 - 443 | 21 8 | 1,32 |
| 444 - 456 | 23 16 | 1,25 |
| 457 - 470 | 21 4 | 1,19 |
| 471 - 482 | 25 16 | 1,14 |
| 483 - 495 | 23 8 | 1,09 |
| 496 - 508 | 27 16 | 1,04 |

FACTEUR DE CORRECTION (STABILITE MARSHALL) (suiv)

| Volume brut en cm^3 | Epaisseur approximative en po | Facteur de correction |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 509 - 522 | 2 1/2 | 1,00 |
| 523 - 535 | 2 9/16 | 0,96 |
| 536 - 546 | 2 5/8 | 0,93 |
| 547 - 559 | 2 11/16 | 0,89 |
| 560 - 573 | 2 3/4 | 0,86 |
| 574 - 585 | 2 13/16 | 0,83 |
| 586 - 598 | 2 7/8 | 0,81 |
| 599 - 610 | 2 15/16 | 0,78 |
| 611 - 625 | 3 | 0,76 |

- La stabilité obtenue avec le facteur de correction correspond à la stabilité qu'aurait une éprouvette de 2 1/2" d'un mélange identique.
- La relation volume - épaisseur est basée sur une éprouvette de 2 1/2"
- L'épaisseur en po (de l'éprouvette) peut être fournie par l'équation suivante :

$$E = 0,004854 \cdot V$$

où E = épaisseur en po de l'éprouvette

V = volume en cm^3 de l'éprouvette

Req. 1 pouce = 2,54 cm.

Bitume 60/70 ; Couche de base

Teneur en bitume: 4%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N°: | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 907,30 | 894,15 | 789,00 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,85 | 4,8 | 4,25 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 396,2 | 389,15 | 344,56 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,29 | 2,29 | 2,29 |
| Densité brute moyenne | | 2,29 | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente

| | |
|--|----------|
| Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve | 919 g |
| Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface | 501,27 g |
| Densité apparente | 2,2 |

• Densité maximale de l'éprouvette

| | |
|---|----------|
| Poids du picnomètre vide (A) | 241 g |
| Poids du picnomètre + enrobé (B) | 625 g |
| Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) | 960 g |
| Volume du picnomètre (V) | 393,5 ml |
| Densité maximale de l'éprouvette | 2,33 |

Pourcentage des vides: 5,6

Essai Marshal. Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Bitume 60/70 : Couche de base.

1. Numero de la granulometrie : MB.2
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 4%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du perimètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Temperature du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2,0 à 4,0 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30s) : 25s

| 11. Eprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|---------|--------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 51,2 | 49,7 | 102,8 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 2290,75 | 2245,81 | 4828,4 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,85 | 4,8 | 4,25 |
| 15. Facteur de correction | 2,27 | 2,27 | 1,04 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5200 | 5098 | 5021,5 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,9 | 2,3 | 2,3 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 5106,5 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 2,5 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | Non | |
| Fluage. | | Oui | |

Bitume 60/70: Couche de base

Teneur en bitume: 4,5%

Résultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|-------|--------|-------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 923 | 934 | 886 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,95 | 5,0 | 4,75 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 401,3 | 405,36 | 385,1 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| Densité brute moyenne | | 2,3 | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente.

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 911 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 500 g

Densité apparente. : 2,22

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du pycnomètre vide (A) : 241 g

Poids du pycnomètre + enrobé (B) : 702 g

Poids du pycnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1005 g

Volume du pycnomètre (V) : 404 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,34

Pourcentage des vides: 5,1

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Bitume 60/70 : Couche de base

1. Numero de la granulométrie : MB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 4,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Temperature du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2,0 à 4,0 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30s) : 27s

| 11. Eprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|---|---------|---------|---------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre. | 75,9 | 79,6 | 52,4 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 3553,53 | 3674,28 | 2332,73 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,95 | 5,00 | 4,75 |
| 15. Facteur de correction | 1,47 | 1,47 | 2,27 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5223,69 | 5401,2 | 5295,3 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,7 | 3,0 | 2,9 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 5306,73 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 2,9 | | |
| 20. Conformité: Stabilité | Oui | | |
| Fluage | Oui | | |

Bitume 60/70: Couche de base

Teneur en bitume: 5%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 853 | 863 | 788 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,5 | 4,55 | 4,15 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 364,82 | 368,88 | 336,45 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,34 | 2,34 | 2,34 |
| Densité brute moyenne | 2,34 | | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 840 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 467 g

Densité apparente : 2,25

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 660 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 982,45 g

Volume du picnomètre (V) : 398 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,36

Pourcentage des vides : 4,7

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Bitume 60/70 : Couche de base

1. Numéro de la granulométrie : MB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2,0 à 4,0 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|--------|--------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 126,3 | 131,5 | 39,2 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 6041,7 | 6359,4 | 1726,7 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,5 | 4,55 | 4,15 |
| 15. Facteur de correction | 0,96 | 0,96 | 3,33 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5800 | 6105 | 5750 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,1 | 3,4 | 3,1 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 5885 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 3,2 | | |
| 20. Conformité : Stabilité | Oui | | |
| Fluage | Oui | | |

Bitume 60/70: Couche de base

Teneur en bitume: 5,5%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|-------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 800 | 810 | 857 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,2 | 4,25 | 4,5 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 340,5 | 344,56 | 364,83 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,35 | 2,35 | 2,35 |
| Densité brute moyenne | | 2,35 | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 810g
 Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 453,2g
 Densité apparente : 2,27

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241g
 Poids du picnomètre + enrobé (B) : 690g
 Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1000,5g
 Volume du picnomètre (V) : 401,5ml
 Densité maximale de l'éprouvette : 2,37

Pourcentage des vides: 4,2

Essai Marshall. Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM-D1559

Bitume 60/70 : Couche de base

1. Numéro de la granulométrie : MB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain :
d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|----------|-----------|----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 145,2 | 145,5 | 157 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 7019,2 | 7037,3 | 7708,3 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,2 — | 4,25 — | 4,5 — |
| 15. Facteur de correction | 1,04 | 1,04 | 0,96 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 7300 | 7318,8 | 7400 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,5 | 3,5 | 3,8 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 7339,6 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 3,6 | | |
| 20. Conformité: Stabilité | oui | | |
| Fluage | oui | | |

bitume 60/70: Couche de base

Teneur en bitume: 6%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 774 | 684 | 736 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,03 | 3,56 | 3,83 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 326,72 | 288,62 | 310,51 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,37 | 2,37 | 2,37 |
| Densité brute moyenne | | 2,37 | |

② Pourcentage des vides

● Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 740g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 418,3g

Densité apparente : 2,30

● Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 750g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1036,1g

Volume du picnomètre (V) : 409,3 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,38

Pourcentage des vides: 3,4

Essai Marshal- Stabilité et Fluage

Norme de L'ASTM - D 1559

Bitume 60/70: Couche de base

1. Numéro de la granulométrie: MB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange: 6 %
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre: 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur: 10
5. Nombre de coups de compactage par face: 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$): 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau: 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N: 5300
9. Fluage exigé en mm: 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain:
d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s): 30 s.

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|---------|--------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 160 | 44 | 159,1 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 7877,2 | 1958,35 | 7835,5 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,03 | 3,56 | 3,83 |
| 15. Facteur de correction | 1,14 | 4,55 | 1,14 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 8980 | 8910,5 | 8932,5 |
| 17. Indice de fluage en mm | 4,1 | 3,2 | 4,1 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée | | 8941 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,8 | |
| 20. Conformité: Stabilité | | Oui | |
| Fluage | | Oui | |

Bitume 60/70: Couche de base

Teneur en bitume: 6,5%

Résultats des essais

I. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|-------|--------|------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 899 | 788 | 755 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,66 | 4,08 | 3,91 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 377,8 | 330,78 | 317 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,38 | 2,38 | 2,38 |
| Densité brute moyenne | 2,38 | | |

II. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 801 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 455,7 g

Densité apparente : 2,32

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 790 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichlorethylène (C) : 1060,3 g

Volume du picnomètre (V) : 414,3 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,39

Pourcentage des vides: 2,9

Essai Marshal- Stabilité et Fluage

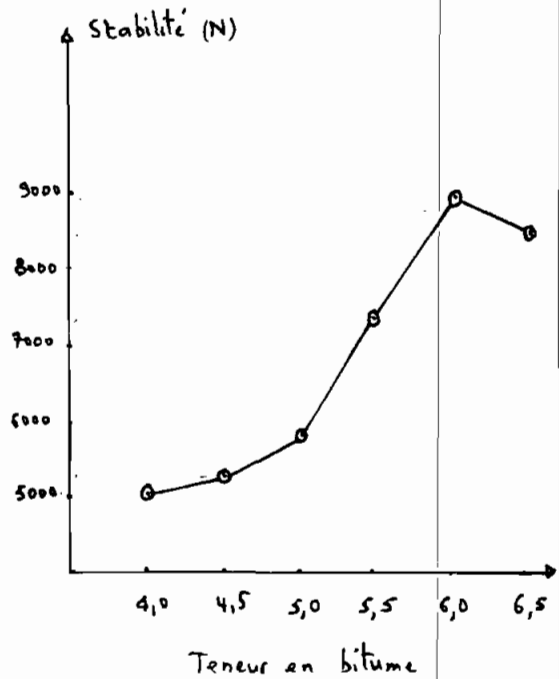
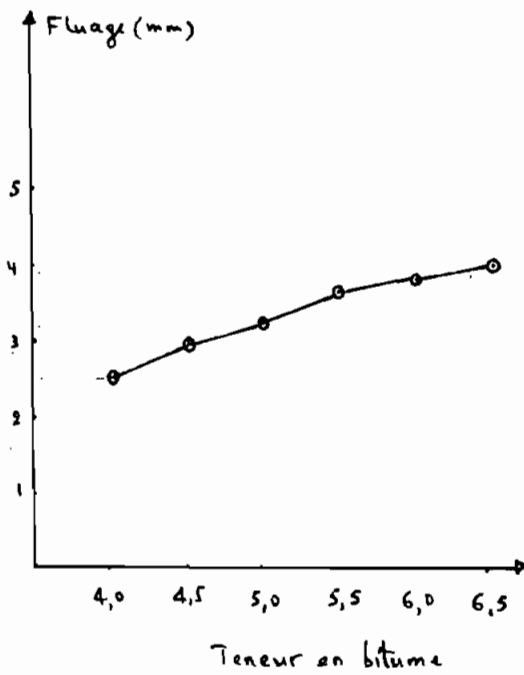
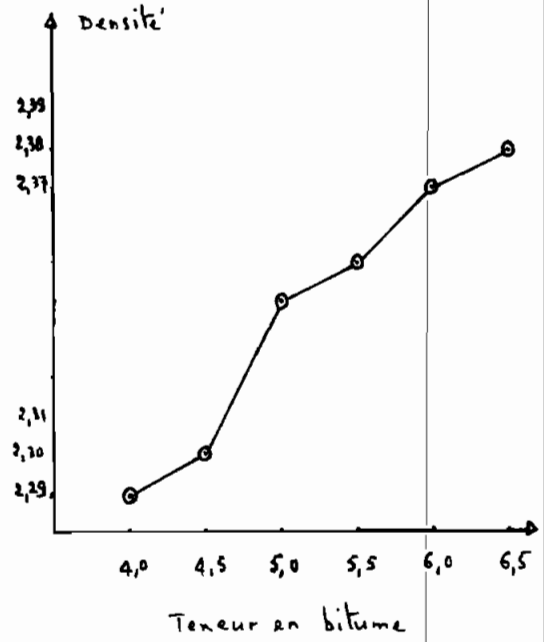
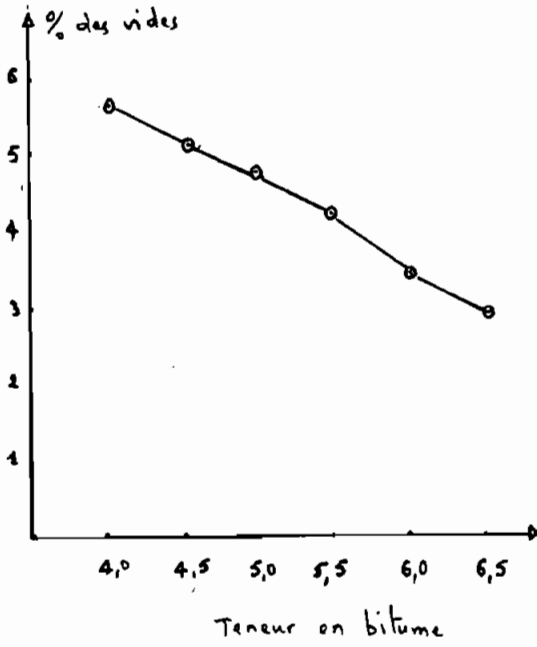
Norme de l'ASTM - D 1559

Bitume 60/70 : Couche de base

1. Numéro de la granulométrie: MB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange: 6,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre: 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur: 10
5. Nombre de coups de compactage par face: 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$): 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau: 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N: 5300
9. Fluage exigé en mm: 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s): 30 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|--------|---------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 180,1 | 55,5 | 150,7 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 8854,79 | 2537,2 | 7373,07 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) | 4,66 | 4,08 | 3,91 |
| 15. ou volume des éprouvettes (cm ³) | — | — | — |
| 15. Facteur de correction | 0,96 | 3,33 | 1,14 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 8500,6 | 8448,9 | 8405,3 |
| 17. Indice de fluage en mm | 4,1 | 4 | 3,6 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 8451,6 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,9 | |
| 20. Conformité: Stabilité | | oui | |
| Fluage | | oui | |

Bitume 60/70 : Couche de base.



Cut back 150/250 : Couche de base

Teneur en bitume : 4%

Résultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 769 | 743 | 766 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,72 | 4,56 | 4,71 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 382,66 | 369,69 | 381,85 |
| Densité brute de l'échantillon | 2 | 2 | 2 |
| Densité brute moyenne | 2 | | |

②. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 742 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 357,5 g

Densité apparente : 2,93

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + anrobo' (B) : 729 g

Poids du picnomètre + anrobo' + trichloréthylène (C) : 991 g

Volume du picnomètre (V) : 417 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,05

Pourcentage des vides : 5,8

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D1559

Cut. back 150/250 : Couche de base

1. Numéro de la granulométrie : M_{B_2}
2. teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 4%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 et 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28 s

11. Eprouvette N°

12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre

13. Stabilité mesurée en N

14. Hauteur des éprouvettes (cm^3)
ou volume des éprouvettes (cm^3)

15. Facteur de correction

16. Stabilité corrigée en N

17. Indice de fluage en mm

18. Stabilité moyenne corrigée (N)

19. Fluage moyen en mm

20. Conformité: Stabilité
Fluage

| | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|---------|---------|
| | | | |
| | 48,1 | 108,3 | 48 |
| | 2185,07 | 5130,31 | 2182,38 |
| | 4,72 | 4,56 | 4,71 |
| | - | - | - |
| | 2,27 | 0,96 | 2,27 |
| | 4960,1 | 4925,1 | 4954 |
| | 1,7 | 1,4 | 1,4 |
| | | 4946,4 | |
| | | 1,5 | |
| | | Non | |
| | | Non | |

Cut back 150/250: Couche de base

Teneur en bitume: 4,5%

Resultats des essais

I. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|-------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 708 | 767 | 852 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,3 | 4,66 | 5,18 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 348,61 | 377,8 | 419,96 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Densité brute moyenne | 2,03 | | |

II. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 732 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 357 g

Densité apparente : 1,95

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 795 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1026,1 g

Volume du picnomètre (V) : 426,8 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,06

Pourcentage des vides: 5,3

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Cut back 150/250 ; Couche de base

1. Numéro de la granulométrie : NB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 4,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvette N° | 1 | 2 | 3 |
|--|----------|-----------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 104,5 | 113,1 | 77,5 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4927,07 | 5401,04 | 3602,04 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,3 — | 4,66 — | 5,18 — |
| 15. Facteur de correction | 1,04 | 0,96 | 1,47 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5120 | 5185 | 5295 |
| 17. Indice de fluage en mm | 1,7 | 1,9 | 2,1 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 5200 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 1,9 | | |
| 20. Conformité : Stabilité | Non | | |
| Fluage | Non | | |

Cut back 150/250 : Couche de base

Teneur en bitume: 5%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N°: | 1 | 2 | 3 |
|---|-------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 842 | 745 | 728 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 5,04 | 4,46 | 4,36 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 408,6 | 361,59 | 353,48 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,06 | 2,06 | 2,06 |
| Densité brute moyenne | | 2,06 | |

②. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 732 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 362,3 g

Densité apparente : 1,98

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 703 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 979,8 g

Volume du picnomètre (V) : 412,2 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,07

Pourcentage des vides: 4,3

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Cut back 150/250 : Couche de base

1. Numero de la granulométrie : ΠB_2
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|---|---------|---------|---------|
| 12. Lecture du cadran micro-métrique du dynamomètre | 86,7 | 127,5 | 117,7 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4064,83 | 6168,75 | 5690,29 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) | 5,04 | 4,46 | 4,36 |
| 15. ou volume des éprouvettes (cm ³) | — | — | — |
| 15. Facteur de correction | 1,47 | 0,96 | 1,04 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5975,3 | 5922 | 5917,9 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,2 | 2,1 | 2 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 5938,4 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 2,1 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | oui | |
| Fluage. | | oui | |

Cut back 150/250 : Couche de base

Teneur en bitume : 5,5%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 590 | 715 | 861 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 3,5 | 4,24 | 5,11 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 287,76 | 343,75 | 414,28 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,08 | 2,08 | 2,08 |
| Densité brute moyenne | | 2,08 | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 682 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 341 g

Densité apparente : 2

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 709 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 984 g

Volume du picnomètre (V) : 412,8 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,08

Pourcentage des vides : 3,8

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Cut. back 150/250 : Couche de base.

1. Numéro de la granulométrie : NB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 30 s

11. Éprouvettes N°:

12. Lecture du cadran micro-métrique du dynamomètre

13. Stabilité mesurée en N

14. Hauteur des éprouvettes (cm)

ou volume des éprouvettes (cm³)

15. Facteur de correction

16. Stabilité corrigée en N

17. Indice de fluage en mm

18. Stabilité moyenne corrigée (N)

19. Fluage moyen en mm

20. Conformité: Stabilité
Fluage

| | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|--------|---------|
| | | | |
| | 30,9 | 126,6 | 97,8 |
| | 1360,3 | 6067,5 | 4351,36 |
| | 3,5 | 4,24 | 5,11 |
| | - | - | - |
| | 4,55 | 1,04 | 1,47 |
| | 6189,4 | 6310,2 | 6396,5 |
| | 2 | 2,2 | 2,7 |
| | | 6298,7 | |
| | | 2,3 | |
| | | Oui | |
| | | Oui | |

Cut back 150/250: Couche de base

Teneur en bitume: 6%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 721 | 855 | 519 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,24 | 5,14 | 3,12 |
| Diamètre de l'éprouvette (cm) | 10,16 | 10,16 | 10,16 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 351,86 | 416,72 | 252,95 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,05 | 2,05 | 2,05 |
| Densité brute moyenne | | 2,05 | |

②. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 649 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 323 g

Densité apparente : 1,99

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + anrobo' (B) : 703 g

Poids du picnomètre + anrobo' + solvant (C) : 978,7 g

Volume du picnomètre (V) : 412,6 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,06

Pourcentage des vides: 3,4

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Cut. back 150/250 : Couche de base

1. Numéro de la granulométrie : NB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 6%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain :
d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|------------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micro-métrique du dynamomètre | 139,8 | 101,8 | 60,3 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 6715,38 | 4768,84 | 2732,08 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,34 - | 5,14 - | 3,12 - |
| 15. Facteur de correction | 1,04 | 1,47 | 2,50 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 6984 | 7010,2 | 6930,2 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,7 | 2,9 | 2,5 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 6974,8 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 2,7 | |
| 20. Conformité : Stabilité Fluage. | | oui oui | |

Cutback 150/250: Couche de base

Teneur en bitume: 6,5%

Resultats des essais

I. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 820 | 725 | 689 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 5,01 | 4,43 | 4,21 |
| Diamètre de l'éprouvette (cm) | 10,16 | 10,16 | 10,16 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 406,18 | 359,15 | 341,72 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,02 | 2,02 | 2,02 |
| Densité brute moyenne | | 2,02 | |

II. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 699 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 344,2 g

Densité apparente : 1,97

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 712 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 978,8 g

Volume du picnomètre (V) : 415,4 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,02

Pourcentage des vides: 2,5

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

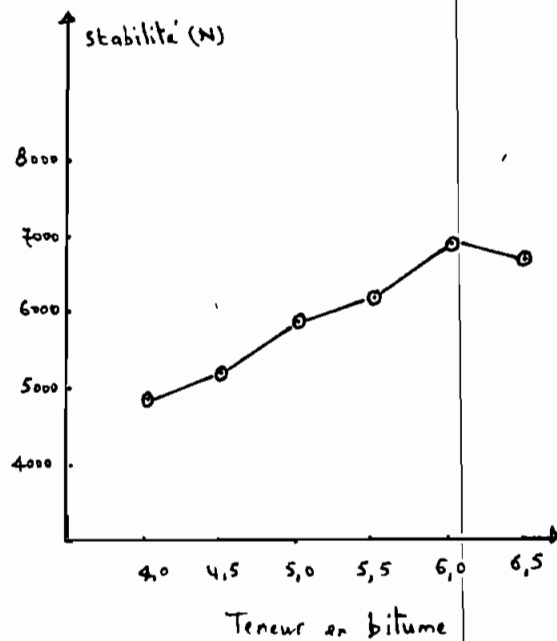
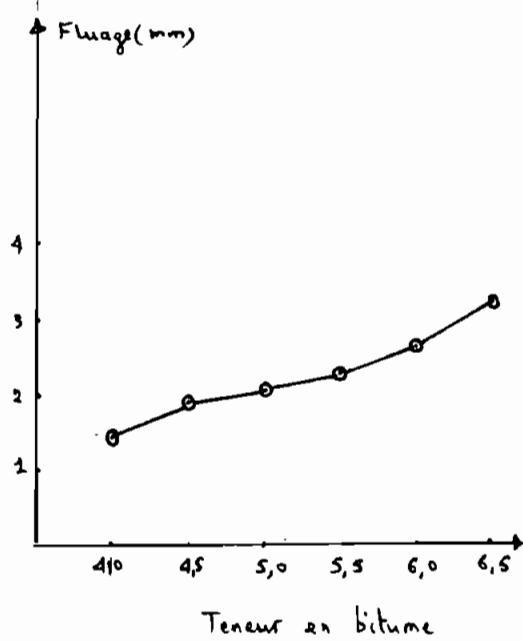
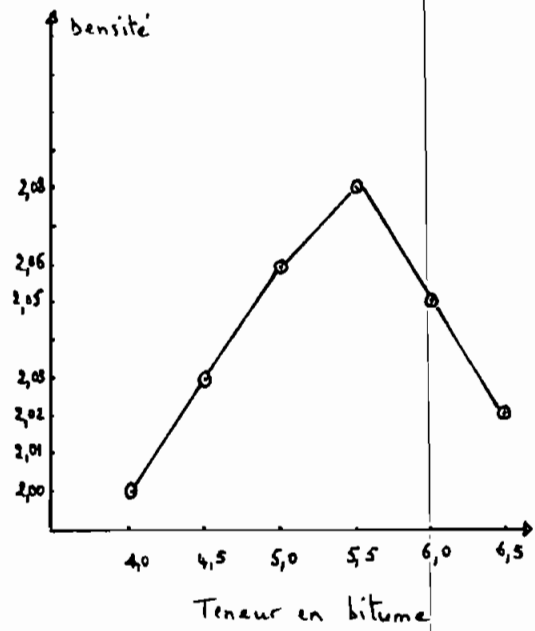
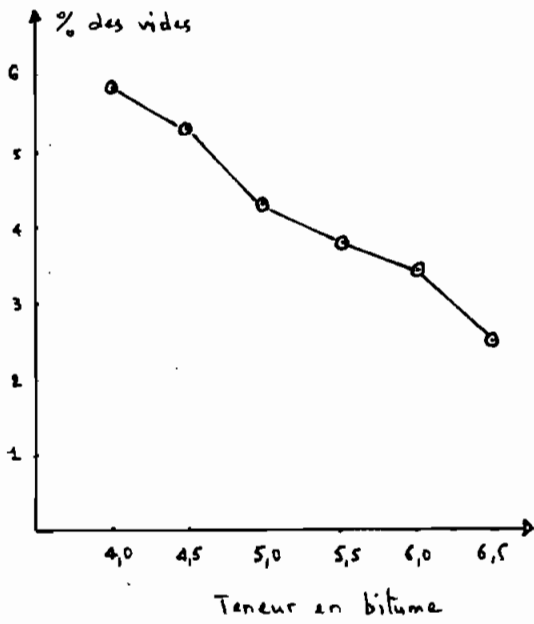
Norme de l'ASTM - D1559

Cut. back 150/250 : Couche de base

1. Numéro de la granulométrie : MB₂
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 6,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm. : 2 à 6 --
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|------------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 98,6 | 149,1 | 134,1 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4607,68 | 7009,37 | 6456,73 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 5,01 — | 4,43 — | 4,21 — |
| 15. Facteur de correction | 1,47 | 0,96 | 1,04 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 6773,3 | 6729 | 6715 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,5 | 3,4 | 3,1 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 6739,1 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,3 | |
| 20. Conformité : Stabilité Fluage | | oui oui | |

Cut back: 150 | 250 : Couche de base



Bitume 60/70 : Couche de surface

Teneur en bitume : 4,5%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 824 | 918 | 880 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,4 | 4,9 | 4,7 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 356,72 | 397,26 | 381,04 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,31 | 2,31 | 2,31 |
| Densité brute moyenne | | 2,31 | |

②. Pourcentage des vides

o Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 890 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 489,1 g

Densité apparente : 2,22

o Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 801 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1063,7 g

Volume du picnomètre V : 416,7 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,36

Pourcentage des vides : 5,9

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'A.S.T.M - B1559

Bitume 60/70 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : MB4
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 4,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 30 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|--------|--------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 111 | 81,5 | 54,1 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 5278,8 | 3782,3 | 2410 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) | 4,4 | 4,9 | 4,7 |
| ou volume des éprouvettes (cm ³) | - | - | - |
| 15. Facteur de correction | 1,04 | 1,47 | 2,27 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5490 | 5560 | 5470,7 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,3 | 2,4 | 2,2 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 5506,9 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 2,3 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | Oui | |
| Fluage | | Oui | |

Essai Marshal. Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D1559

Bitume 60/70 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : MB₄
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| 12. Lecture du cadran micro-métrique du dynamomètre | 95,8 | 128,1 | 43,3 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4485,2 | 6230,8 | 1924,9 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) | 4,95 | 4,25 | 4,05 |
| 15. ou volume des éprouvettes (cm ³) | - | - | - |
| 15. Facteur de correction | 1,47 | 1,04 | 3,33 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 6593,2 | 6480 | 6410 |
| 17. Stabilité moyenne corrigée (N) | 6494,4 | | |
| 18. Indice de fluage en mm | 3,1 | 3 | 2,6 |
| 19. Fluage moyen en mm | 2,9 | | |
| 20. Conformité: Stabilité | Oui | | |
| Fluage | Oui | | |

Bitume 60/70 : Couche de surface

Teneur en bitume: 5%

Resultats des essais

I. Densité brute

| Echantillon N°: | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 939,06 | 809,72 | 765,05 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,95 | 4,25 | 4,05 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 401,31 | 344,56 | 328,35 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,34 | 2,35 | 2,33 |
| Densité brute moyenne | 2,34 | | |

II. Pourcentage des vides

o Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 820 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 454 g

Densité apparente : 2,24

o Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 789 g

Poids du picnomètre + enrobé + dichlorethylène (C) : 1057,8 g

Volume du picnomètre (V) : 414,8 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,37

Pourcentage des vides: 5,5

Bitume 60/70: Couche de surface

Teneur en bitume: 5,5%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 733,5 | 717,83 | 778,19 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 3,85 | 3,8 | 5,05 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 312,13 | 308,08 | 328,35 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,35 | 2,33 | 2,37 |
| Densité brute moyenne | 2,35 | | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 725 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 405,6 g

Densité apparente : 2,27

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 732 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichlorethylène (C) : 1026,6 g

Volume du picnomètre : 406,6 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,39

Pourcentage des vides: 5

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'A.S.T.M. - D1559

Bitume 60/70: Couche de surface

1. Numero de la granulométrie : NB 4
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Temperature du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28 s

| 11. Eprouvette N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|----------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micro-métrique du dynamomètre | 127,8 | 127,4 | 143,7 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 6206,14 | 6158,07 | 6933,5 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 3,85 — | 3,8 — | 5,05 — |
| 15. Facteur de correction | 1,14 | 1,14 | 1,47 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 7075 | 7020,2 | 10192,2 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,1 | 3,1 | 3,4 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 8095,8 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,2 | |
| 20. Conformité: Stabilité | | Oui | |
| Fluage | | Oui | |

Bitume 60/70: Couche de surface

Teneur en bitume: 6%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 849 | 872 | 891 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,38 | 4,5 | 4,6 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 355,10 | 364,83 | 372,94 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,39 | 2,39 | 2,39 |
| Densité brute moyenne | | 2,39 | |

② Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 829 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 467 g

Densité apparente : 2,29

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 792 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1061,4 g

Volume du picnomètre (V) : 414,5 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,39

Pourcentage des vides : 4,2

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Bitume 60/70 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : MB₄
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 6%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|----------|----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 190 | 206,5 | 206,6 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 9385 | 10205,9 | 10208,5 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,38 — | 4,5 — | 4,6 — |
| 15. Facteur de correction | 1,04 | 0,96 | 0,96 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 9760,4 | 9797,7 | 9800,2 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,3 | 3,8 | 3,6 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 9786,1 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,5 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | Oui | |
| Fluage | | Oui | |

Bitume 60/70: Couche de surface

Teneur en bitume : 6,5%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 884 | 922 | 682 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,6 | 4,8 | 3,55 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 372,94 | 389,15 | 287,81 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,37 | 2,37 | 2,37 |
| Densité brute moyenne | 2,37 | | |

② Pourcentage des vides

● Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 862 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 484 g

Densité apparente : 2,28

● Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 781 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichlorethylène (C) : 1053,1 g

Volume du picnomètre (V) : 413,7 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 2,37

Pourcentage des vides: 3,8

Essai Marshal- Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D1559

Bitume 60/70 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : NB₄
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 6,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|---------|---------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 233 | 104,8 | 179 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 11610,4 | 4936,1 | 8808,4 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) | 4,6 | 4,8 | 3,55 |
| 15. ou volume des éprouvettes (cm ³) | — | — | — |
| 15. Facteur de correction | 0,96 | 2,27 | 1,25 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 11146 | 11205 | 11010,5 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,9 | 4 | 3,8 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 11120,5 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,9 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | Oui | |
| Fluage. | | Oui | |

Bitume 60/70: Couche de surface

Teneur en bitume: 7%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N°: | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 899 | 991 | 876 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,72 | 5,2 | 4,6 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 382,67 | 421,58 | 372,94 |
| Densité brute de l'éprouvette | 2,35 | 2,35 | 2,35 |
| Densité brute moyenne | | 2,35 | |

②. Pourcentage des vides

◦ Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 844 g
 Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 470,5 g
 Densité apparente : 2,26

◦ Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g
 Poids du picnomètre + enrobé (B) : 745 g
 Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 1027,7 g
 Volume du picnomètre (V) : 410,3 ml
 Densité maximale de l'éprouvette : 2,32

Pourcentage des vides: 2,6

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

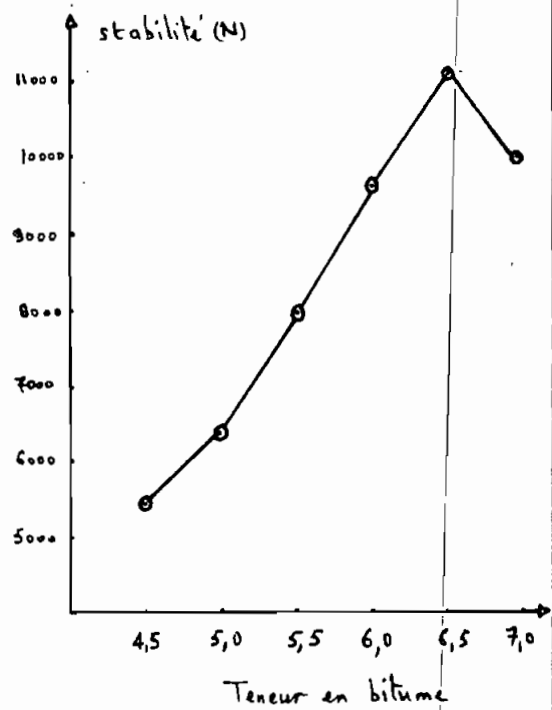
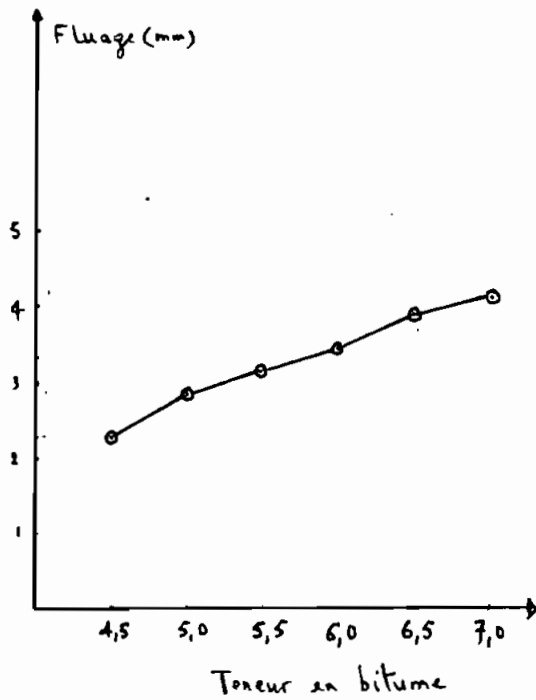
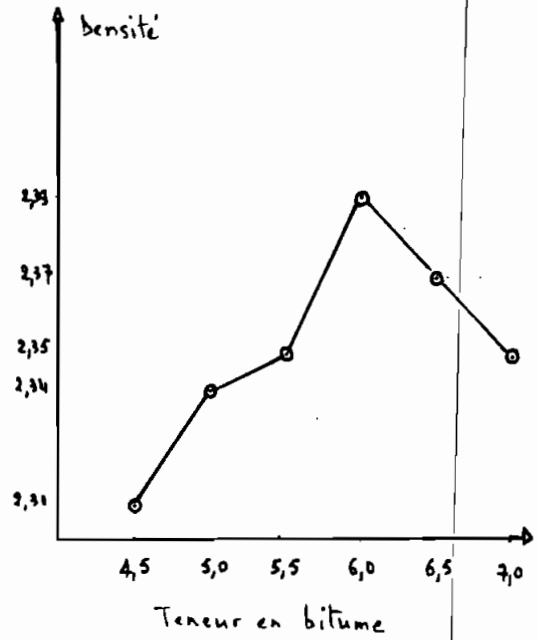
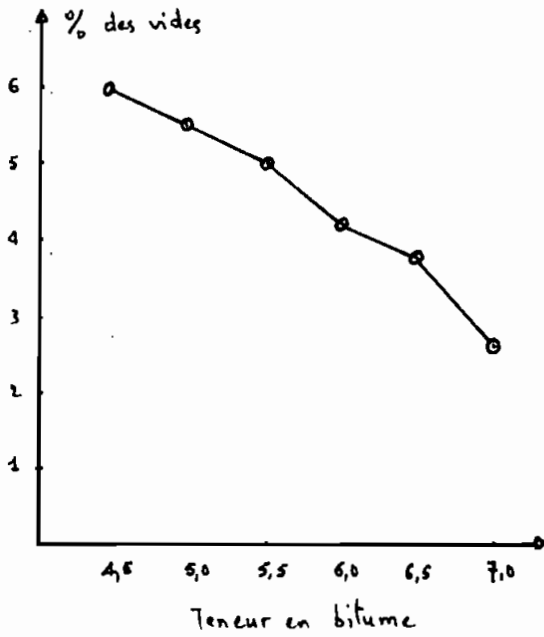
Norme de l'ASTM - D 1559

Bitume 60/70 : Couche de surface.

1. Numéro de la granulométrie : NB₄
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 7%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps 'écoulé' depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28

| 11. Eprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|--------|---------|---------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 94,4 | 126,3 | 209 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4394,4 | 6041,9 | 10375,1 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,72 | 5,2 | 4,6 |
| 15. Facteur de correction | 2,27 | 1,67 | 0,96 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 9975,4 | 10090 | 9960,1 |
| 17. Indice de fluage en mm | 4,3 | 4,4 | 3,9 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 10008,5 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 4,2 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | Oui | |
| Fluage | | Non | |

Bitume 60/70 : Couche de surface



Cut back 150/250: Couche de surface

Teneur en bitume: 4,5%

Resultats des essais

I. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 832 | 598 | 864 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 5,37 | 3,86 | 5,58 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 435,36 | 312,94 | 452,39 |
| Densité brute de l'éprouvette | 1,91 | 1,91 | 1,91 |
| Densité brute moyenne | | 1,91 | |

II. Pourcentage des vides

• Densité apparente

| | |
|--|-------|
| Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve | 722 g |
| Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface | 336 g |
| Densité apparente | 1,87 |

• Densité maximale de l'éprouvette

| | |
|--|----------|
| Poids du picnomètre vide (A) | 241 g |
| Poids du picnomètre + enrobe' (B) | 709 g |
| Poids du picnomètre + enrobe' + trichloréthylène (C) | 972,6 g |
| Volume du picnomètre (V) | 416,4 ml |
| Densité maximale de l'éprouvette | 1,98 |

Pourcentage des vides: 5,6

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Cut back 150/250 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : MB₄
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 4,5 %
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain :
d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

11. Éprouvettes N°

12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre

13. Stabilité mesurée en N

14. Hauteur des éprouvettes (cm)

ou volume des éprouvettes (cm³)

15. Facteur des corrections

16. Stabilité corrigée en N

17. Indice de fluage en mm

18. Stabilité moyenne corrigée (N)

19. Fluage moyen en mm

20. Conformité : Stabilité
fluage

| | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|---------|---------|
| | 47,5 | 66,5 | 48,7 |
| | 2158,68 | 3074,38 | 2209,70 |
| | 5,37 | 3,86 | 5,58 |
| | — | — | — |
| | 1,67 | 1,14 | 1,67 |
| | 3605 | 3504,8 | 3690,2 |
| | 1,2 | 1,2 | 1,5 |
| | | 3600 | |
| | | 1,3 | |
| | | Non | |
| | | Non | |

Cut back 150/250 : Couche de surface

Teneur en bitume : 5%

Resultats des essais

① Densité brute

| Echantillon N°: | 1 | 2 | 3 |
|---|------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 670 | 645 | 675 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,28 | 4,12 | 4,32 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 347 | 334,02 | 350,24 |
| Densité brute de l'éprouvette | 1,93 | 1,93 | 1,93 |
| Densité brute moyenne. | | 1,93 | |

② Pourcentage des vides.

● Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 625 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 294,3 g

Densité apparente : 1,89

● Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 662 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 950,4 g

Volume du picnomètre (V) : 408,5 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 1,99

Pourcentage des vides : 5

Essai Marshal: Stabilité et Fluage

Norme de l' A.S.T.M. - D 1559

Cut back 150/250: Couche de surface

1. Numero de la granulométrie : NB 4
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min.
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 ± 4
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28 s

| 11. Eprouvette N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 87,8 | 29 | 88,2 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4130,32 | 1286,91 | 4144,27 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,28 — | 4,12 — | 4,32 — |
| 15. Facteur de correction (Tableau) | 1,04 | 3,33 | 1,04 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 4295,54 | 4285,4 | 4310 |
| 17. Indice de fluage en mm | 1,8 | 1,5 | 1,8 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 4296,98 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 1,7 | | |
| 20. Conformité: Stabilité | Non | | |
| Fluage | Non | | |

Cut back 150/250: Couche de surface

Teneur en bitume: 5,5%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N°: | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 756 | 721 | 712 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,76 | 4,54 | 4,48 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 385,91 | 368,10 | 363,21 |
| Densité brute de l'éprouvette | 1,95 | 1,95 | 1,96 |
| Densité brute moyenne | | 1,95 | |

②. Pourcentage des vides

● Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 701 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 334 g

Densité apparente : 1,91

● Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 692 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 965,4 g

Volume du picnomètre (V) : 413,4 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 1,99

Pourcentage des vides: 4

Essai Marshal: Stabilité et Fluage

Norme de L' A.S.T.M. D1559

Cut.back 150/250 : Couche de surface.

1. Numero de la granulométrie : NB_{40}
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 5,5%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Temperature du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 29 s

| 11. Eprouvette N° | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|---------|---------|
| 12. Lecture du cadran micro-métrique du dynamomètre | 51 | 111,5 | 110,6 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 2284,14 | 5308,75 | 5262,08 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,76 | 4,54 | 4,48 |
| 15. Facteur de correction | 2,27 | 0,96 | 0,96 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5185 | 5096,4 | 5051,6 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,2 | 2,2 | 1,9 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 5111 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 2,1 | |
| 20. Conformité: Stabilité | | Non | |
| Fluage | | Oui | |

Cut back 150/250; Couche de surface

Teneur en bitume : 6%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 584 | 588 | 620 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 3,75 | 3,78 | 3,98 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 304,02 | 306,46 | 322,67 |
| Densité brute de l'échantillon | 1,92 | 1,93 | 1,92 |
| Densité brute moyenne | 1,92 | | |

②. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 583 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 272,9 g

Densité apparente : 1,88

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 602 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 916,9 g

Volume du picnomètre (V) : 400,2 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 1,95

Pourcentage des vides: 3,6

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

Norme de l'ASTM - D 1559

Cut back 150/250 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : MB₄
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 6%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 30 s

| 11. Éprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 97 | 97,4 | 106,5 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 4538,88 | 4554,72 | 5034,21 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 3,75 — | 3,78 — | 3,98 — |
| 15. Facteur de correction | 1,25 | 1,25 | 1,14 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5673,6 | 5693,4 | 5739 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,8 | 2,8 | 3,1 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 5702 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 2,9 | | |
| 20. Conformité : Stabilité | oui | | |
| Fluage | oui | | |

Cut back 150/250 : Couche de surface

Teneur en bitume : 6,5%

Resultats des essais

①. Densité brute

| Echantillon No | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 682 | 735 | 728 |
| Épaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,45 | 4,8 | 4,75 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 360,77 | 389,15 | 385,10 |
| Densité brute de l'échantillon | 1,89 | 1,89 | 1,89 |
| Densité brute moyenne | | 1,89 | |

②. Pourcentage des vides

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 715 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 328,5 g

Densité apparente : 1,85

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 743 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichlorethylène (C) : 980,2 g

Volume du picnomètre (V) : 424,8 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 1,91

Pourcentage des vides : 3,14

Essai Marshal. Stabilité et Fluage

Norme de U.A.S.T.M. - D 1559

Cut. back 150/250 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : 118_{μ}
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange 6,5 %
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 30 s

| 11. Éprouvette N° | 1 | 2 | 3 |
|--|---------|---------|---------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 128,5 | 58,6 | 58,5 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 6248,12 | 2657,48 | 2656,07 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) | 4,45 | 4,8 | 4,75 |
| 15. ou volume des éprouvettes (cm ³) | — | — | — |
| 15. Facteur de correction | 0,96 | 2,27 | 2,27 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5998,2 | 6032,5 | 6029,3 |
| 17. Indice de fluage en mm | 2,7 | 3,6 | 3,3 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | | 6020 | |
| 19. Fluage moyen en mm | | 3,2 | |
| 20. Conformité : Stabilité | | oui | |
| Fluage | | oui | |

Cut back 150/250 : Couche de surface

Teneur en bitume : 7%

Resultats des essais

I. Densité brute

| Echantillon N° | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Poids de l'éprouvette (g) | 636 | 718 | 567 |
| Epaisseur de l'éprouvette (cm) | 4,22 | 4,76 | 3,76 |
| Volume de l'éprouvette (cm ³) | 342,13 | 385,91 | 304,88 |
| Densité brute de l'éprouvette | 1,86 | 1,86 | 1,86 |
| Densité brute moyenne | | 1,86 | |

II. Pourcentage des vides.

• Densité apparente

Poids dans l'air de l'échantillon séché à l'étuve : 632 g

Poids dans l'eau de l'échantillon saturé, sec en surface : 286,6 g

Densité apparente : 1,83

• Densité maximale de l'éprouvette

Poids du picnomètre vide (A) : 241 g

Poids du picnomètre + enrobé (B) : 703 g

Poids du picnomètre + enrobé + trichloréthylène (C) : 957,3 g

Volume du picnomètre (V) : 419,4 ml

Densité maximale de l'éprouvette : 1,88

Pourcentage des vides : 2,7

Essai Marshal - Stabilité et Fluage

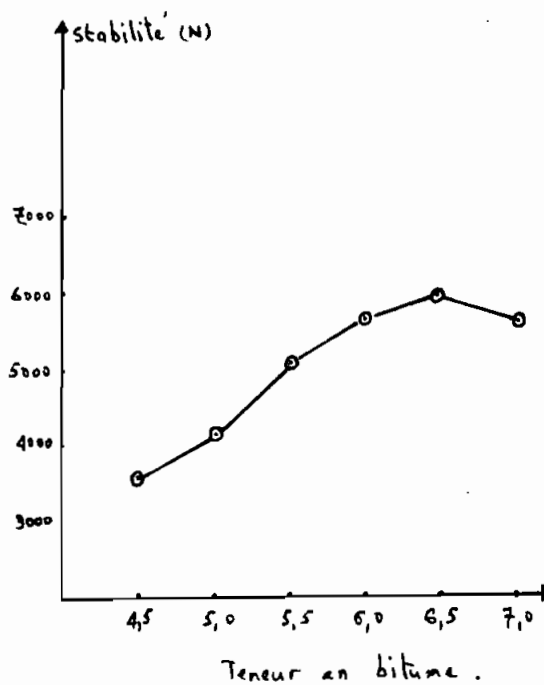
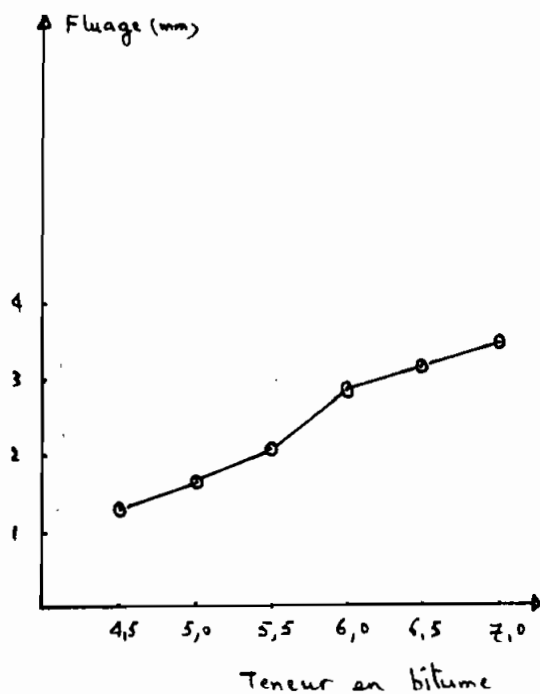
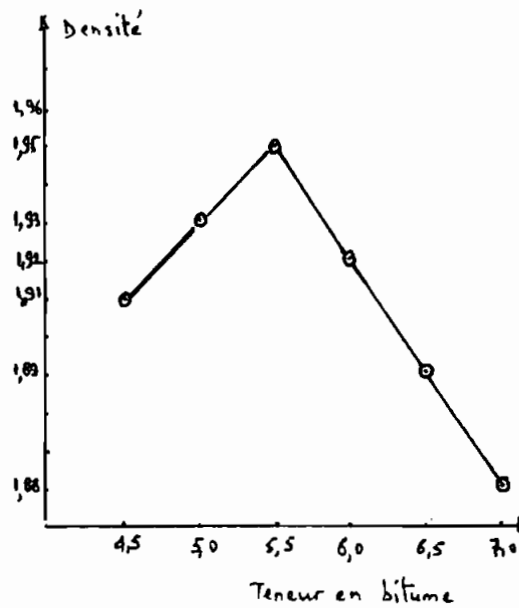
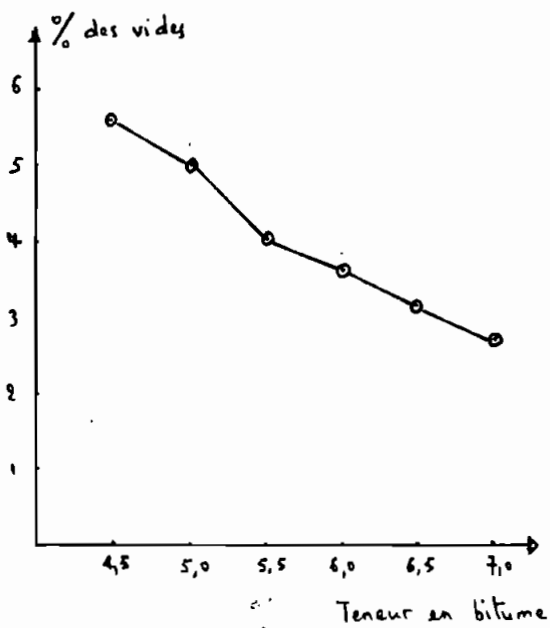
Norme de L'ASTM - D1559

Cut back 150/250 : Couche de surface

1. Numéro de la granulométrie : $M_{8,4}$
2. Teneur en bitume en pourcentage de la masse du mélange : 7%
3. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée autour du périmètre : 15
4. Nombre de fois que la truelle a été enfoncée à l'intérieur : 10
5. Nombre de coups de compactage par face : 55
6. Température du bain d'eau (Normalement $60 \pm 1^\circ\text{C}$) : 60°C
7. Durée d'immersion des éprouvettes dans le bain d'eau : 30 min
8. Stabilité minimale exigée en N : 5300
9. Fluage exigé en mm : 2 à 4 mm
10. Temps écoulé depuis l'enlèvement de l'éprouvette du bain d'eau jusqu'à la rupture (max 30 s) : 28 s

| 11. Eprouvettes N° | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| 12. Lecture du cadran micrométrique du dynamomètre | 116 | 55,7 | 98,7 |
| 13. Stabilité mesurée en N | 5563,36 | 2552,42 | 4615,28 |
| 14. Hauteur des éprouvettes (cm) ou volume des éprouvettes (cm ³) | 4,22 — | 4,76 — | 3,76 — |
| 15. Facteurs de correction | 1,04 | 2,27 | 1,25 |
| 16. Stabilité corrigée en N | 5785,9 | 5794 | 5769,1 |
| 17. Indice de fluage en mm | 3,5 | 3,7 | 3,3 |
| 18. Stabilité moyenne corrigée (N) | 5783 | | |
| 19. Fluage moyen en mm | 3,5 | | |
| 20. Conformité: Stabilité | oui | | |
| Fluage | oui | | |

Cut back 150 | 250: Couche de surface



CHAPITRE 4: COMPARAISON et ANALYSE
DES RESULTATS

4.1: Détermination de La teneur en bitume optimale.

La teneur en bitume optimale est obtenue sur la base de certaines propriétés du mélange comme la densité brute, la stabilité et le % des vides.

4.1.1: Couche de surface

| <u>bitume 60/70</u> | | <u>Cut back 150/250</u> | |
|---|--------|--|--------|
| Densité brute maximale | → 6% | Densité brute maximale | → 5,5% |
| Stabilité maximale | → 6,5% | Stabilité maximale | → 6,5% |
| % minimum des vides | → 7% | % minimum des vides | → 7% |
| <u>Teneur en bitume optimale = 6,5%</u> | | <u>Teneur en bitume optimale = 6,33%</u> | |

4.1.2: Couche de base

| <u>bitume 60/70</u> | | <u>Cut back 150/250</u> | |
|---|--------|---------------------------------------|--------|
| densité brute maximale | → 6,5% | Densité brute maximale | → 5,5% |
| Stabilité maximale | → 6% | Stabilité maximale | → 6% |
| % minimum des vides | → 6,5% | % minimum des vides | → 6,5% |
| <u>Teneur en bitume optimale = 6,3%</u> | | <u>Teneur en bitume optimale = 6%</u> | |

4.1.3: Analyse des mélanges

Pour la comparaison des mélanges, on se propose d'étudier certaines propriétés qu'ils doivent posséder.

4.1.3.1) La Stabilité: C'est la résistance à la déformation sous une charge. Et pour avoir une bonne stabilité, il faut une teneur en bitume basse et une grande compacité. Nous savons que le % des vides dans le béton bitumineux est faible: Ce qui ne permet pas l'évaporation du fluxant du Cut back 150/250, qui est indispensable (cette évaporation) pour que le liant prenne toutes ses qualités. La stabilité, croissant avec la dureté du liant utilisé, on peut dire que le "mélange 60/70" a une plus

grande compacité, et par conséquent une plus grande stabilité -

4.1.3.2: L'imperméabilité : C'est la résistance à faire passer l'air, l'eau, ... Et une bonne imperméabilité est obtenue par une teneur en bitume élevée, une granulométrie dense et une compacité élevée. Ce qui permet de dire que le "mélange 60/70" est plus imperméable.

4.1.3.3: La durabilité : C'est l'aptitude à résister aux changements causés par les conditions climatiques (air, soleil, pluie ...). Et une bonne durabilité dépend d'une teneur en bitume élevée, d'une compacité élevée et d'une granulométrie dense. D'où le "mélange 60/70" est plus durable.

4.1.3.4: La résistance à la fatigue : C'est l'aptitude à subir la répétition des charges sans se fissurer. Et une bonne résistance à la fatigue est liée à une teneur en bitume élevée et une compacité élevée. Ce qui montre que le "mélange 60/70" est plus résistant à la fatigue.

4.1.3.5: Sur le plan économique, on peut dire que le "mélange 150/250" est préférable puisqu'il demande une teneur en bitume optimale plus petite, permettant ainsi un coût du liant plus faible.

À la lumière de toutes ces considérations, on peut se permettre de dire que l'utilisation du "mélange 60/70" est plus judicieuse si l'on veut que notre revêtement possède de bonnes qualités, pour répondre à l'attente des utilisateurs.

CONCLUSION et RECOMMANDATIONS

L'étude de ce projet nous a permis de voir l'influence du bitume pur dans la fabrication du béton bitumineux. En effet, à travers les expériences effectuées sur les mélanges, on a observé que le "mélange 60/70", fait de bitume pur, est plus adéquat que celui du "cut back 150/250". Ce qui nous fait dire qu'avec le faible pourcentage des vides dans les bétons bitumineux, les fluxants du cut back ne s'évaporent pas convenablement, empêchant ainsi le liant de faire bonne prise. Et ceci ne va pas, sans diminuer certaines qualités des revêtements, en l'occurrence: La compacité, la stabilité et la tenue à l'eau qui sont d'importance capitale.

D'autre part, il faut dire que les essais faits au laboratoire sont sujets à des critiques. En effet ils restent insuffisants pour caractériser exactement le comportement ultérieur d'un enrobé. C'est ainsi que l'essai Marshall est de plus en plus critiqué. On lui reproche de ne pas permettre de déceler des mélanges qui, sous un trafic très concentré sont le siège de densifications pouvant amener une chute sensible de la stabilité. En fait si la résistance à la compression donne des indications sur la stabilité d'un mélange, elle ne saurait renseigner sur son comportement sous le trafic. D'où ce compactage classique de l'essai Marshall doit être remplacé par un compactage plus élaboré. Ce qui nécessitera sans doute, un appareillage plus complexe et plus perfectionné. Et pour ce qui concerne l'expérience sur

Le pourcentage du volume des vides et en particulier dans la détermination de la densité maximale, il faut dire que la dissolution du liant dans un solvant (trichloréthylène) introduit de son côté, des erreurs dues à la porosité des granulats. En effet l'absorption de solvant n'est jamais négligeable, de plus elle diffère de l'absorption d'eau (mesure du poids spécifique des granulats).

Mais il faut noter qu'en aucun cas, ces constatations ne peuvent mettre en cause la valeur des études faites en laboratoire.

Pour terminer, il faut dire que le fait de mélanger, par malaxage, granulats et liant assure, moyennant certaines précautions, un accrochage intime de deux constituants. Au moment du répandage les risques dus au climat (vent qui chasse les grains) sont bien moindres. Et il n'y aura aucun rejet dû à la circulation durant les premières heures qui font suite à la mise en œuvre. Ce qui constitue des avantages et justifie l'étude et le choix des revêtements en béton bitumineux dans le monde, et en particulier au Sénégal.

BIBLIOGRAPHIE

1. GEORGES JEUFFROY : Conception et construction des chaussées (Tome II) , Editions Eyrolles , 1970 .
2. PIERRE-CLAUDE AÏTCIN et GUY JOLICOEUR ,
Essais et contrôle des bétons bitumineux , Edition 1982
3. R. SAUTEREY , Les liants hydrocarbonés de La
Revue générale des routes et aérodrômes : supplément
au N° 469 , Octobre 1971
4. G. DUBET , Cours élémentaire de routes , éditions
EYROLLES , 1972 .