

739872

Ministère des Transports
Laboratoire central

ÉTUDE DE L'ENROBÉ "CAOUTCHOUC LATEX"
DÉVELOPPÉ PAR
S.M.A.R.T. GOOD ROADS SYSTEM

Préparé par

Pierre Langlois, M. ing.
Chef - Section Enrobés

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin St-Foy
6e étage
Québec (Québec)
Q1S 4X0

QTRD

Sainte-Foy, le 25 mai 1993.

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
12 JUIN 2003
TRANSPORTS QUÉBEC

CANQ
TR
GE
SM
211

ENROBÉ AU "CAOUTCHOUC LATEX" S.M.A.R.T.

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|-------|--|---|
| 1.0 | INTRODUCTION | 1 |
| 2.0 | ENROBÉS FABRIQUÉS POUR L'ÉTUDE | 1 |
| 2.1 | Enrobés de contrôle | 1 |
| 2.2 | Enrobés au caoutchouc latex | 2 |
| 2.2.1 | Fabrication de l'enrobé | 2 |
| 2.2.2 | Performance de l'enrobé à la pcg (L.C.P.C.) | 4 |
| 2.2.3 | Essais à l'ornièrueur de laboratoire (L.C.P.C.) | 4 |
| 3.0 | CONCLUSIONS | 5 |
| 3.1 | Fabrication de l'enrobé au caoutchouc-laex | 5 |
| 3.2 | Mise en oeuvre de l'enrobé caoutchouc-latex | 5 |
| 3.3 | Performance à long terme de l'enrobé caoutchouc-latex .. | 6 |
| 4.0 | RECOMMANDATIONS | 6 |

CANQ
TR
GE
SM
211

ENROBÉ AU "CAOUTCHOUC LATEX" S.M.A.R.T.

PHOTOS Appareils d'essais de laboratoire utilisés.

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 Caractéristiques des constituants utilisés

TABLEAU 2 Granulométrie des enrobés d'essais

TABLEAU 3 Compilation des enrobés

TABLEAU 4 Essais à la pcg, compacité (%)

TABLEAU 5 Essais à l'orniéreur, ornière (%)

TABLEAU 6 Tenue à l'eau et stabilité Marshall

TABLEAU 7 Caractéristiques du liant Ultramar 80-100

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 Essai à la presse à cisaillement giratoire

FIGURE 2 Essai à l'orniéreur

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 Exigences d'enrobés aux essais de formulation à la presse à cisaillement giratoire (pcg) et à l'orniéreur

ANNEXE 2 Relation pénétration à 25°C - Viscosité 60°C des bitumes américains

1.0 INTRODUCTION

La section Enrobé a évalué en laboratoire un enrobé au caoutchouc-latex, fabriqué selon les spécifications de la compagnie S.M.A.R.T. Roads System. L'évaluation s'est faite à partir d'un enrobé de type MB-12,5 (0-12,5 mm) dense utilisé normalement en couche de roulement sur des routes normalement ou faiblement sollicitées. Cet enrobé contient 22% de sable roulé et le reste des granulats utilisé est considéré entièrement fracturé. Le liant est de grade 80-100 normal.

Par conséquent, l'enrobé utilisé en référence doit être considéré pour utilisation sur une route à faible trafic et n'a pas la même résistance à l'orniérage qu'un enrobé formulé pour route fortement sollicitée. (Voir l'annexe 1).

2.0 ENROBÉS FABRIQUÉS POUR L'ÉTUDE**2.1 Enrobés de contrôle**

L'enrobé utilisé en contrôle présente une teneur en liant de 5.30% et satisfait aux exigences usuelles du Ministère des transports. Les caractéristiques des granulats et du liant sont indiquées au tableaux 1 et 7. Cet enrobé présente des vides de 4.5% sur éprouvettes Marshall (60 coups, marteau mécanique à base rotative) et une stabilité de 13 800 Newtons.

À l'essai à la presse à cisaillement giratoire (pcg), cet enrobé présente une compacité de 95% à 100 girations et de 97% à 200 girations, ce qui laisse supposer une mise en place facilement réalisable. L'essai à l'orniéreur indique que l'enrobé atteint 10% d'ornière à 3018 cycles, ce qui le confirme pour une route faiblement circulée (Voir les résultats aux tableaux 4 et 5).

La tenue à l'eau de cet enrobé se situe à 37%, ce qui est considérée comme très faible (inférieur à 70%). Les tableaux 2 à 6 ainsi que les figures 1 et 2 résument les résultats obtenus pour cet enrobé ainsi que pour les enrobés au caoutchouc-latex discutés ci-après.

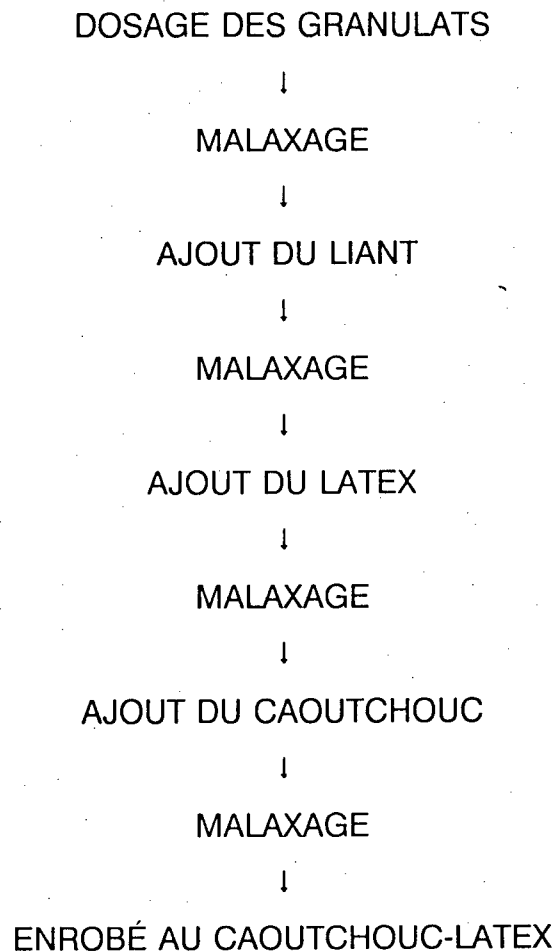
2.2. Enrobés au caoutchouc latex

2.2.1 Fabrication de l'enrobé

Un premier échantillon fabriqué selon les directives émises par S.M.A.R.T. Roads systems, avec 5.64% de liant à une température de 155°C fut vérifié à la presse Marshall et à la tenue à l'eau (résistance au désenrobage). La stabilité trouvée est faible, soit 4860 Newtons, mais la tenue à l'eau de 60% s'est nettement améliorée par rapport à la valeur de 37% de l'échantillon de contrôle. Suite à cette première analyse, il a été décidé d'augmenter la température de malaxage de l'enrobé caoutchouc-latex de 10°C, soit 165°C. Les proportions des

composantes sont indiquées au tableau 3. Fabriqué à 165°C, l'enrobé présente une stabilité nettement plus élevée, soit 16750 Newtons, pour une même formulation. Le gain obtenu a donc permis de fixer la température de fabrication de l'enrobé à 165°C.

Également, les étapes suivantes pour l'incorporation des granules de caoutchouc et du latex sont importantes pour la réalisation d'un enrobé performant.



Ces étapes nécessitent plus de temps à la fabrication de l'enrobé, mais conduisent à la réalisation d'un enrobé performant.

2.2.2 Performance de l'enrobé à la pcg (L.C.P.C)

La maniabilité à la pcg de l'enrobé caoutchouc-latex, même avec 5.64% de liant, nous apparait adéquate. Deux autres enrobés avec des pourcentages de liant de 5.30 et 5.05% de liant furent également fabriqués. Par rapport à l'enrobé de contrôle, les enrobés au caoutchouc-latex avec des pourcentages de liant de 5.64, 5.30 et 5.05%, sont légèrement moins maniables. Pour tout ces enrobés, une compacité de chantier supérieure à 92% sera aisément atteinte. Le tableau 4 et la figure 1 résument les résultats obtenus.

2.2.3 Essais à l'orniéreur de laboratoire (L.C.P.C.)

À l'orniéreur de laboratoire, les enrobés au caoutchouc-latex sont tout aussi performants que l'enrobé de contrôle, et avec une teneur en liant de 5.03%, l'enrobé évolue plus linéairement que l'enrobé de contrôle tout en étant plus performant. Cet enrobé peut subir deux fois plus de passage d'essieu avant d'obtenir une ornière de 10% de l'épaisseur de la plaque d'enrobé utilisée. L'on peut donc le qualifier de deux fois plus résistant à l'orniérage que l'enrobé de contrôle.

3.0 CONCLUSIONS**3.1 Fabrication de l'enrobé au caoutchouc-latex**

La fabrication de ce type d'enrobé nécessite des étapes supplémentaires au malaxage, soit l'ajout du latex et du caoutchouc en deux opérations distinctes. Il faudra donc prévoir des modifications aux usines d'enrobage, soit un convoyeur ou autre système pour dosage du caoutchouc, et ligne d'amenée de latex dans la tuyauterie à liant ou au malaxeur. De plus, ces étapes augmentent le temps de malaxage et réduiront la performance de l'usine d'enrobage.

Il est possible de rendre un enrobé au caoutchouc-latex plus performant qu'un enrobé identique sans caoutchouc et même passablement plus performant face à l'orniérage en diminuant légèrement la teneur en liant (de 0,3% dans cette étude). Dans notre cas, la basse de teneur en liant pourrait compenser en bonne partie le coût du latex et du caoutchouc. Il est à noter que l'étude des coûts ne fait pas partie de ce rapport.

3.2 Mise en oeuvre de l'enrobé caoutchouc-latex

Lorsque formulé à la presse à cisaillement giratoire, ce type d'enrobé sera tout aussi facile à mettre en place qu'un enrobé normal, à la condition de bien contrôler l'énergie de compactage, et de travailler à des températures ambiantes supérieures à 15°C.

3.3 Performance à long terme de l'enrobé caoutchouc-latex

L'essai à l'orniéreur à la formulation nous garantit une résistance à l'orniérage adéquate. La résistance au désenrobage sera bonne si l'essai de tenue à l'eau est exécutée à la formulation. Cependant, seul la réalisation d'une planche d'essai permettra d'en vérifier la résistance à l'arrachement, à la fissuration.

En ce qui concerne la glissance, les plaques d'enrobés fabriquées au compacteur de plaque L.C.P.C. ont démontré une rugosité de surface semblable à l'enrobé de contrôle, ce qui nous apparaissait suffisant.

4.0 RECOMMANDATIONS

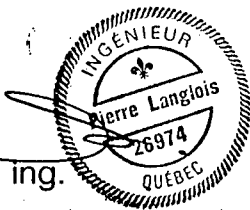
Nous recommandons donc la réalisation d'une planche d'essai à l'enrobé caoutchouc-latex, sur une route faiblement à normalement sollicitée.

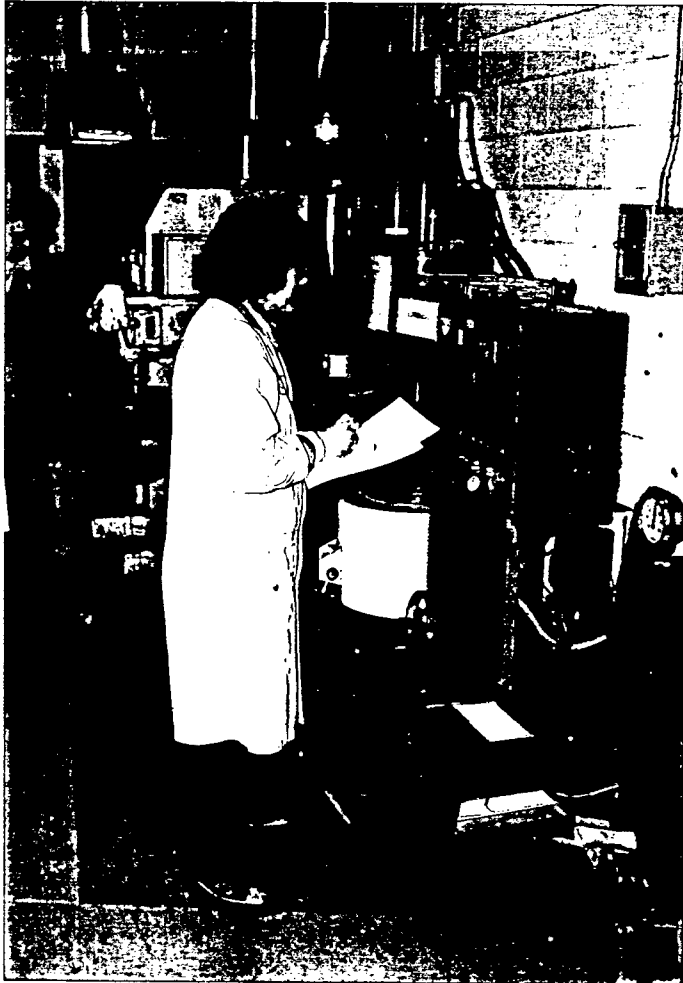
Il faudra tenir compte des modifications à apporter au poste d'enrobage, pour l'incorporation du latex et du caoutchouc. Par rapport à un enrobé conventionnel, une température de malaxage supérieure de 10°C est nécessaire et le temps de malaxage devra être augmenté, peut-être même être doublé. Seul l'expérience à l'échelle réelle permettra de répondre précisément à ces questions.

En plus, nous recommandons fortement de formuler ce type d'essai à la presse à cisaillement giratoire et à l'orniéreur avec les critères

indiqués en annexe. À notre avis, la méthode Marshall ne peut garantir une formule assurant une bonne performance de ce type d'enrobé.

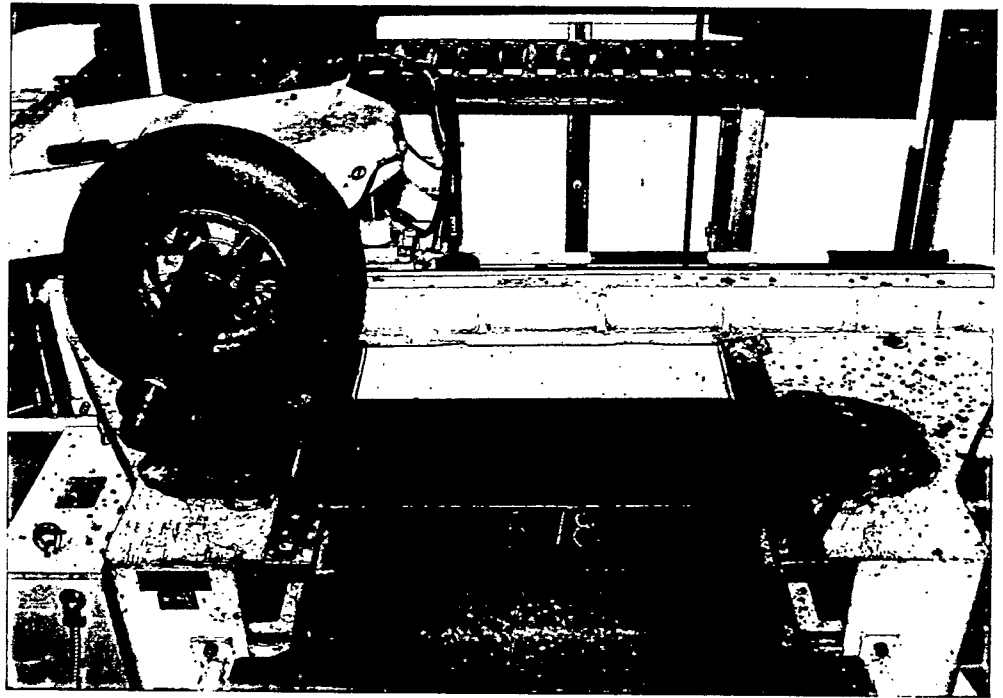
Il est à noter que cette étude fut effectuée en fonction d'un enrobé formulé pour une route à faible trafic. Nous croyons qu'il est possible de formuler un enrobé au caoutchouc-latex, tel que développé par S.M.A.R.T Good Roads, pour une route à forte circulation, en utilisant des granulats plus performants et mieux calibrés au point de vue granulométrie.


Pierre Langlois, M. ing.
Chef - Section Enrobés

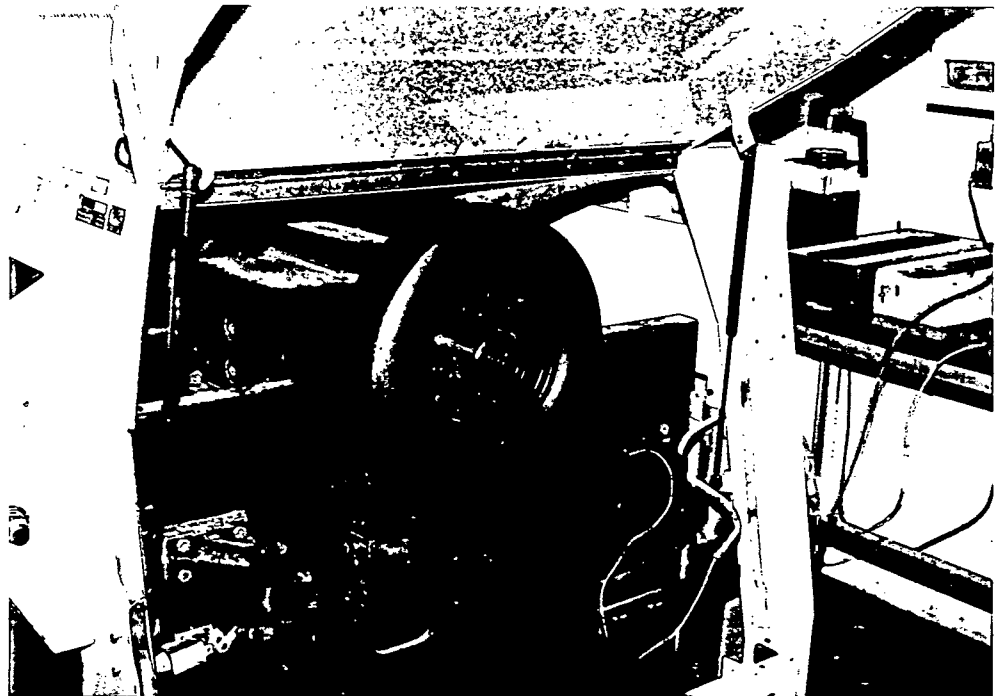


Essai à la presse à cisaillement giratoire (pcg)

Note: Tous les essais sont effectués conformément
aux normes d'essais du laboratoire des
Ponts et chaussées (France)



Fabrication des plaques à 95% de compacité



Essais à l'orniéreur de laboratoire à 60°C



TABLEAU 1

CARACTÉRISTIQUES DES CONSTITUANTS UTILISÉS

| GRANULATS | |
|--|-----------|
| Gravier granitique concassé (composé à 90% de gneiss granitique dur) | |
| Nombre pétrographique | 102 à 111 |
| MgSo ₄ > 5 mm | 3 à 8% |
| Los Angeles | 45 à 50 |
| Absortion > 5 mm | 0.7 à 1% |
| Micro Deval | 16 |

| LIANT | |
|-------------|---|
| Type | 80-100 normal (AC-5 approximativement) |
| Fournisseur | Ultramar - St-Romuald - QC |

| LATEX | |
|--------------|--|
| Type | Latex Styrène/butadiène |
| Fournisseurs | Ultrapave - Latex UP 70 ou BASF - Butonal NS 175 |
| Note : | Aucun essai fut exécuté sur ces produits Ces deux latex devraient donner des résultats identiques |

| CAOUTCHOUC | |
|---|--|
| Les particules de caoutchouc proviennent de pneus d'automobile et la dimension se situe entre les tamis numéros 10 et 20 standards américains | |
| Note : | Aucun essai fut exécuté sur ce produit |





TABLEAU 2

GRANULOMÉTRIE DES ENROBÉS D'ESSAIS

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| TAMIS | 12.5 | 10 | 5 | 2.5 | 1.25 | 630 | 315 | 160 | 80 |
| PASSANT (%) | 100 | 95 | 63 | 47 | 35 | 25 | 15 | 8 | 3.5 |

TABLEAU 3

COMPILATION DES ENROBÉS

| | | | | |
|---------------------|------------------------------|------------------------|-----------|-------|
| Enrobé de référence | Liant | 5.30% | Granulats | 94.7% |
| Enrobé 5,64 | Liant Latex Caoutchouc | 5.64% 0.24% 1.0% | Granulats | 93.1% |
| Enrobé 5,30 | Liant Latex Caoutchouc | 5.30% 0.24% 1.0% | Granulats | 93.5% |
| Enrobé 5,05 | Liant Latex Caoutchouc | 5.05% 0.24% 1.0% | Granulat | 93.7% |

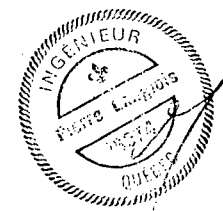




TABLEAU 4
ESSAI À LA PCG
COMPACITÉE (%)

| Échantillon | GIRATIONS | | | | |
|------------------|-----------|----|----|-----|-----|
| | 10 | 40 | 60 | 100 | 200 |
| Contrôle (5.30%) | 89 | 93 | 94 | 95 | 97 |
| 5.64% | 88 | 92 | 93 | 94 | 95 |
| 5.30% | 88 | 92 | 93 | 94 | 95 |
| 5.05% | 88 | 91 | 92 | 93 | 95 |

TABLEAU 5
ESSAI À L'ORNIÈREUR
ORNIÈRE (%)

| Échantillon | CYCLE | | | | | | |
|------------------|-------|-----|-----|------|------|---------------|------------------|
| | 30 | 100 | 300 | 1000 | 3000 | Cycles Orn. % | Cycles à 10% (*) |
| Contrôle (5.30%) | 0.4 | 1.1 | 2.0 | 2.6 | 9.9 | 3949 14,3 | 3018 |
| 5.64% | 0.7 | 1.6 | 2.9 | 5.9 | 12.9 | 3071 13.2 | 2300 |
| 5.30% | 0.6 | 1.4 | 2.4 | 4.0 | 8.8 | 4828 14.4 | 3425 |
| 5.05% | 0.7 | 1.7 | 2.8 | 4.4 | 7.2 | 8780 12.5 | 6145 |

* La valeur du nombre de cycles à 10% d'ornièrre est approximative.

Note L'essai à l'ornièrreur fut effectuè à 60°C sur des plaques d'enrobés fabriqués en laboratoire à 165°C et à 95% de compacité., au compacteur de plaque LCPC.





TABLEAU 6

TENEUE À L'EAU ET STABILITÉ MARSHALL

| Échantillon (température) * | Stabilité (N) | Déformation (mm) | Tenue à l'eau (%) |
|--------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| Contrôle (155°C) | 13800 | 3.4 | 37 |
| 5.64 (155°C) | 4860 | 3.5 | 60 |
| 5.64 (165°C) | 16750 | 4 | ** |
| 5.30 (165°C) | 14380 | 4 | ** |
| 5.05 (165°C) | 8460 | 4 | ** |

* Température de malaxage et de fabrication des éprouvettes d'essais

** Les essais de tenue à l'eau n'ont pas été exécutés sur ces échantillons

Note 1: Les vides dans les éprouvettes Marshall varient de 4.1 à 5.5%

Note 2: 1 livre-force = 4.4485 Newton





TABLEAU 7
CARACTÉRISTIQUES DU LIANT ULTRAMAR 80-100

| ESSAIS | RÉSULTATS | SPÉCIFICATIONS | |
|---|-----------|----------------|-------|
| | | MIN. | MAX. |
| Viscosité cinématique à 135°C | 334 | 306 | |
| Point éclair (Creuset ouvert de Cleveland) | 318 | 230 | |
| Pénétration à 25°C (5 sec. - 100 g) | 91 | 80 | 100 |
| Étuvage sur couche mince (T.F.O.T.) % de perte | 0.200 | | 0.850 |
| Pénétration retenue à 25°C (%) | 58 | 47 | |
| Densité du bitume | 1.021 | | |
| Solubilité dans le trichloroéthylène | 99.8 | 99.0 | |
| Point de ramollissement (°C) | 48.2 | 40 | |

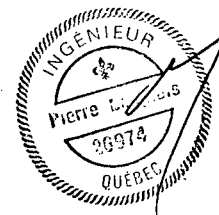




FIGURE 1

ESSAI A LA PRESSE A CISAILLEMENT GIRATOIRE
S.M.A.R.T.

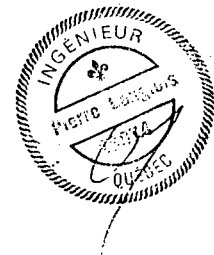
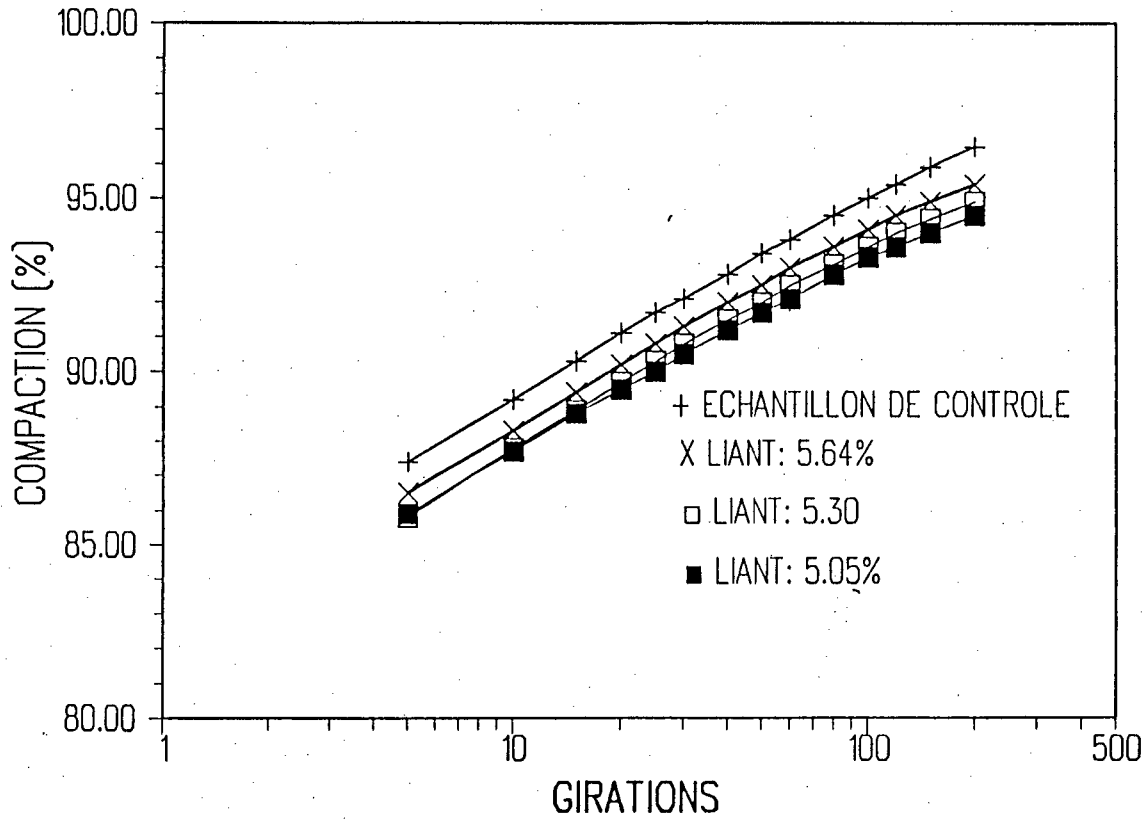
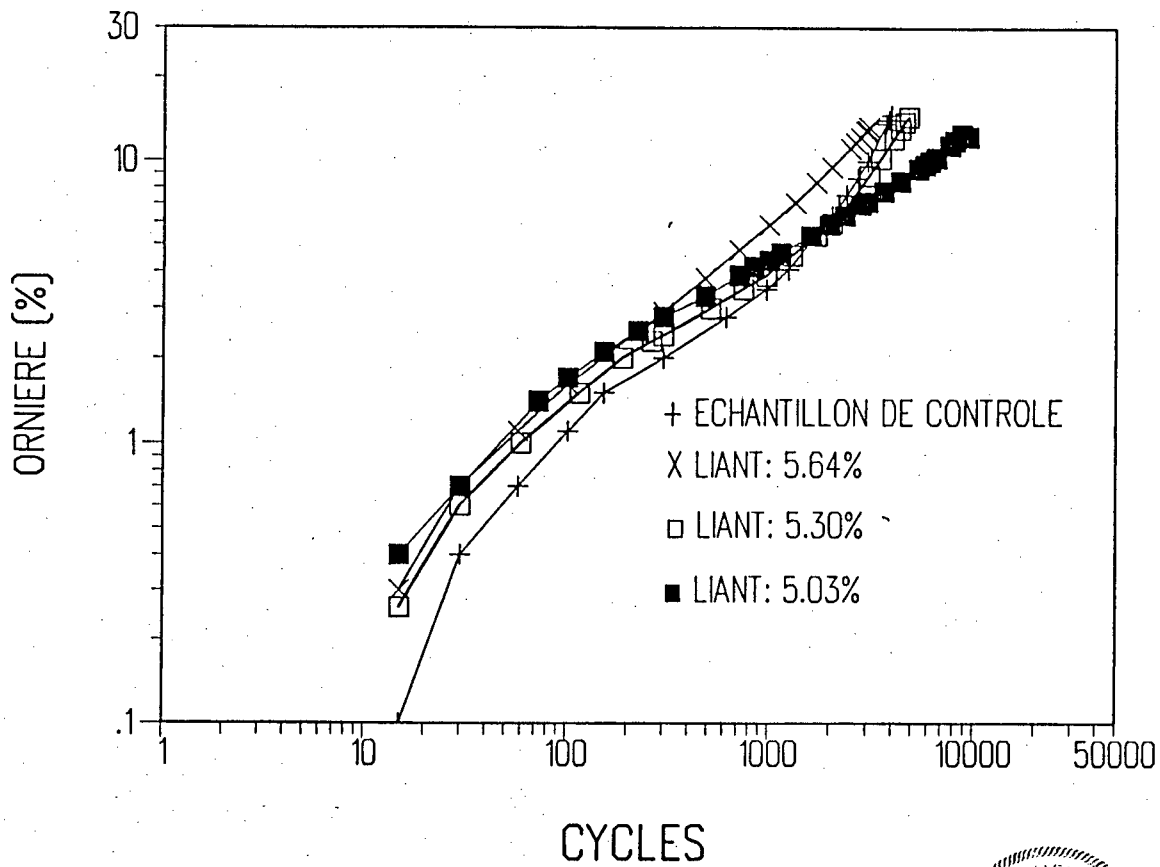




FIGURE 2

ESSAI A L'ORNIEREUR
S.M.A.R.T.



ANNEXE 1

EXIGENCES D'ENROBÉS AUX ESSAIS DE FORMULATION

À LA PRESSE À CISAILLEMENT GIRATOIRE (pcg)

ET À L'ORNIÉREUR

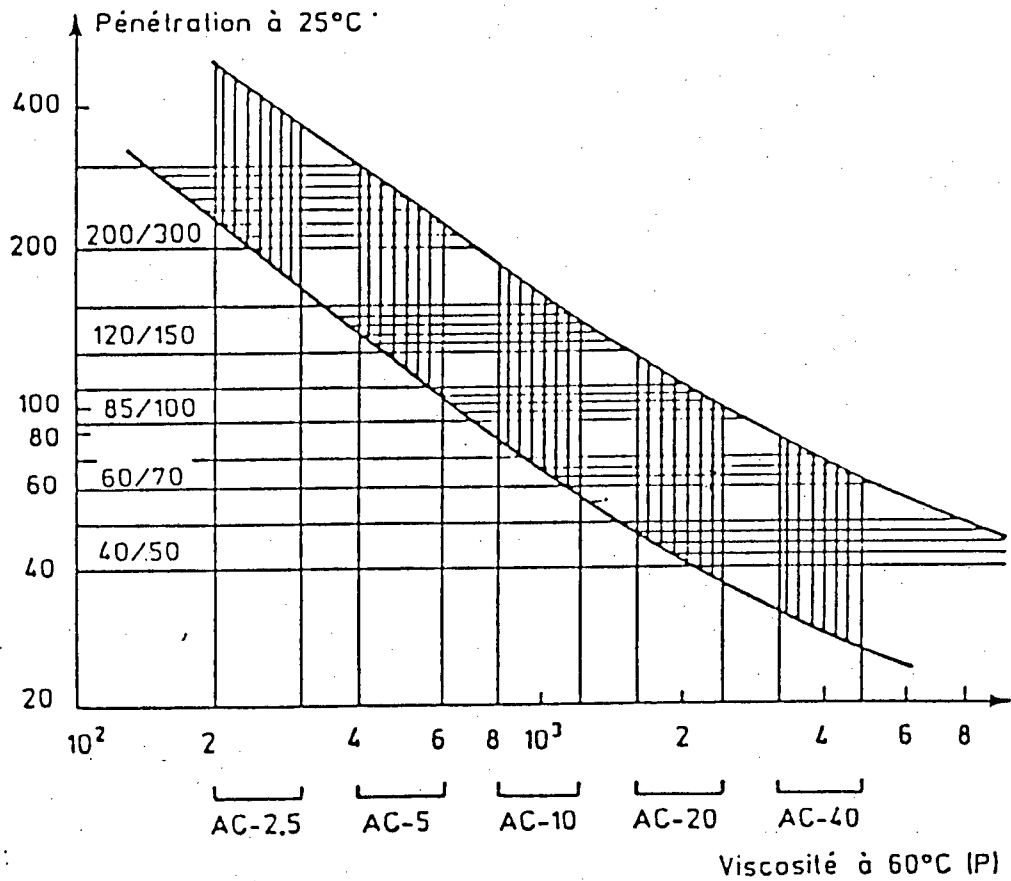
ESSAIS À LA PCG

| | EXIGENCES (Compacité en %) | | |
|------------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| Route | 10 girations | 100 girations | 200 girations |
| Trafic faible à normal | < 89 | 93-95 | < 97 |
| Trafic élevé | < 89 | 91-94 | < 96 |

ESSAIS À L'ORNIÉREUR (60°C)

| Route | Cycles à 10% d'orniére |
|--|------------------------|
| Trafic faible | > 3 000 |
| Trafic normal | > 6 000 |
| Trafic élevé | > 15 000 |
| Autoroutes urbaines et routes très sollicitées | > 30 000 |

ANNEXE 2



Relation pénétration à 25 °C — viscosité à 60 °C
des bitumes américains

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 198 962