

DOCUMENTATION SUR LES CAOUTCHOUCS

DANS LES REVETEMENTS BITUMINEUX

CANQ
TR
GE
RC
161

905897

DOCUMENTATION SUR LES CAOUTCHOUCS

DANS LES REVETEMENTS BITUMINEUX

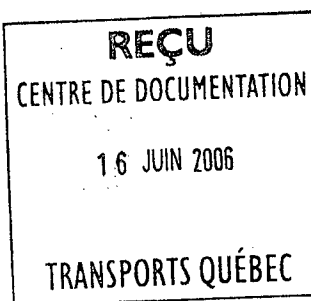
Préparée par : Richard Langlois, ing. M.Sc.
Laboratoire Central
Ministère des Transports

QTRD

CANQ
TR
GE
RC
161

Ste-Foy, le 20 avril 1979

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
430, CHEMIN SAINTE-FOY
6^e ÉTAGE
QUÉBEC (QUÉBEC)
G1S 4X9



LE CAOUTCHOUC DANS LES REVETEMENTS BITUMINEUX

Le caoutchouc est un matériau très flexible, même à des températures très basses, et est peu affecté par les températures ambiantes les plus chaudes des conditions climatiques. Aussi plusieurs chercheurs ont fait des études afin de démontrer son effet bénéfique dans les revêtements bitumineux. L'annexe A fournit une liste de références de ces chercheurs.

De toute cette littérature, les principaux avantages de l'addition du caoutchouc au bitume peuvent être résumés ainsi:

- 1- Le bitume contenant du caoutchouc est moins susceptible à la température.
- 2- Les mélanges au bitume-caoutchouc sont plus résistants à la déformation permanente à température d'été.
- 3- Les revêtements au bitume-caoutchouc sont plus résistants à la fatigue.
- 4- Les revêtements au bitume-caoutchouc subissent moins de dommages aux fissures de réflexion.
- 5- Les revêtements au bitume-caoutchouc sont plus imperméables à l'air et à l'eau et sont ainsi plus durables.
- 6- Des traitements de surface et des pénétrations peuvent être posés comme membrane absorbant les contraintes et ainsi réduire considérablement la réflexion des fissures.
- 7- Le bitume-caoutchouc augmente la ténacité du revêtement ou sa capacité d'absorber l'énergie.
- 8- Le bitume-caoutchouc augmente la résistance au vieillissement du revêtement.

- 9- La Saskatchewan a une telle confiance dans les avantages apportés par l'incorporation de caoutchouc dans le bitume qu'elle va opérer sa propre usine de récupération du caoutchouc des vieux pneus afin de l'introduire dans ses mélanges bitumineux et ses traitements de surface.

En résumé, les avantages à incorporer du caoutchouc dans le bitume sont si grands qu'ils surpassent l'inconvénient du coût plus élevé. Le Québec pourrait utiliser cette technique avantageusement dans plusieurs domaines:

- Incorporer du caoutchouc, provenant des vieux pneus, dans le bitume permettrait d'utiliser du bitume plus mou pour les revêtements bitumineux, même dans les régions les plus chaudes, et réduirait ainsi grandement les fissures transversales de retrait thermique.
- Dans les traitements de surface sur route secondaire et dans les bitumacadams, comme membrane intercouche absorbant les contraintes, le bitume-caoutchouc contribuerait à diminuer appréciablement les fissures de réflexion.
- Dans les membranes d'imperméabilisation des structures en béton et dans les produits de bouche-fissures, le bitume-caoutchouc pourrait jouer un rôle très important.

En conclusion, nous pouvons affirmer avec certitude que l'incorporation du caoutchouc, provenant du recyclage de vieux pneus, non seulement apporterait une amélioration marquée dans les revêtements bitumineux, mais encore contribuerait à régler un problème de pollution de l'environnement, celui des vieux pneus usagés ne pouvant plus être rechappés.

Pour de plus amples informations, communiquer avec M. Richard Langlois, ingénieur au Laboratoire Central, Tél.: 643-3178.

Ste-Foy, le 10 novembre 1978.

/fg

REFERENCES

- 1- Gregg, L.E. et Alcock, W.H. "Investigations of Rubber Additives in Asphalt Paving Mixture", Proc. AAPT, Vol. 23, 1954.
- 2- Maclean, W.M., "Rubber in Roads", Proc. CTAA, Vol. I, 1956.
- 3- Walker, J., "Effect of Synthetic Rubber on the Properties of Vacuum Reduced Asphalt", Proc. CTAA, Vol. I, 1956.
- 4- Thompson, D.C. et Hagman, J.F., "The Modification of Asphalt with Neoprene", Proc. AAPT, Vol. 27, 1958.
- 5- Chuzo Itakura et Teruo Sugawara, "Some Characteristics of Rubber-Blended Asphalt and its Mixtures at Low Temperature", Proc. AAPT, Vol. 28, 1959.
- 6- Vokac, R., "Rubbersized Asphalt for Bituminous Surface Treatments", Proc. CTAA, Vol. IV, 1959.
- 7- Lefebvre, L.M. et Dion, A., "Utilisation du bitume-caoutchouc dans le revêtement du pont Papineau-Leblanc", Proc. CTAA, Vol. XVI, 1971.
- 8- Levy, D.F., "A New Way to Rubberize Asphalt Pavement", International Symposium on the Use of Rubber in Asphalt Pavements, Salt Lake City, Utah, 1971.
- 9- Olsen, R.E., "Rubber-Asphalt Binder for Seal Coat Construction", Implementation package 73-1, Federal Highway Administration, Février 1973.
- 10- Vaga, C., Battiato, G. et LaBella, C., "Asphalt Cement Improvement: The Influence of a Carboxylated SBR Elastomer Investigated by Means of Viscoelastic Parameters", Proc. AAPT, Vol. 44, 1975.

- 11- Morris, G.R. et McDonald, C.H., "Asphalt-Rubber Stress-Absorbing Membranes: Field Performance and State of Art", Transport Research Record 595, 1976.
- 12- Green, E.L. et Tolonen, W.J., "The Chemical and Physical Properties of Asphalt-Rubber Mixtures", Arizona Department of Transportation, Report ADOT-RS-14, Juillet 1977.
- 13- Bynum, D. et autres "Effect of Scrap Rubber on the Mechanical Properties of Asphaltic Concrete in Uniaxial Compression", Australian Road Research, Vol. 5, No 6, Déc. 1974.
- 14- Bynum, D., Askew, L.C., Evertson, J.F. et Fleisher, H.O. "Bead Tests on Rubberised Asphalt", Journal Institute Petroleum, Vol. 59, No 568, Juillet 1973.
- 15- Laboratoire Régional Clermont-Ferrand, Toulouse. "Etude de l'Utilisation Routière des Caoutchoucs de Récupération des Vieux Pneumatiques", Action de Recherche 1.33.25.6, Laboratoire des Ponts et Chaussées, France, 1976.
- 16- Van Reem, E.J. "Bituminous Binders of Improved Quality Containing "Cariflex" Thermoplastic Rubbers", Journal Institute Petroleum, Vol. 59, No 566, Mars 1973.

SECTIONS EXPERIMENTALES DE REVÊTEMENTS

BITUMINEUX SUR L'AUTOROUTE 20

N/Dossier: 540-54

Préparé par: Richard Langlois, Ing. M.Sc.
Laboratoire Central
Ministère des Transports
Complexe Scientifique

SECTIONS EXPERIMENTALES DE REVETEMENTS BITUMINEUX SUR L'AUTOROUTE 20

N/Dossier: 540-54

Lorsqu'une couche d'usure est posée sur un vieux revêtement, les fissures de ce dernier se réfléchissent sur elle, et au bout de deux ou trois ans, la nouvelle couche d'usure se retrouve avec 70 à 90% des fissures du vieux revêtement. Il est donc nécessaire de trouver un procédé qui empêcherait ou du moins diminuerait considérablement ce phénomène de réflexion des fissures.

Depuis quelques années, des études ont été entreprises par le Ministère dans ce domaine. L'une d'elle, publiée par Pierre Demontigny à l'ARTC, en septembre 1976, fait part des sections expérimentales construites dans le parc des Laurentides sur la route 175. Une autre, entreprise en 1976, conjointement par la direction de l'Entretien, la direction régionale No 4 et la direction des Sols et Matériaux, compare des sections de couche d'usure conventionnelle avec des sections où la couche de correction est remplacée par une scarification à la chaleur avec addition de "Reclamite", et des sections où une couche de mélange bitumineux très ouvert, intercalée entre le vieux revêtement et la couche d'usure, sert à dissiper ou absorber les contraintes transmettant les fissures à la nouvelle surface.

Les conclusions de la première étude conduisent à des solutions plutôt dispendieuses, et celles de la seconde ne sont pas encore disponibles, mais elles laissent déjà entrevoir certains avantages à la couche intercalée de mélange ouvert. Pour compléter ces deux études et trouver de nouvelles solutions, des recherches bibliographiques ont été entreprises et mènent aux conclusions suivantes:

- 1^o De nouveaux procédés sont disponibles pour empêcher la réflexion des fissures.
- 2^o Des sections expérimentales sont nécessaires pour vérifier la valeur de ces procédés dans les conditions québécoises.
- 3^o Ces procédés sont:
 - a) le recyclage des vieux pavages,
 - b) l'incorporation du caoutchouc dans les mélanges bitumineux et la pose, avant la couche d'usure, d'une membrane au bitume-caoutchouc (traitement de surface ou pénétration d'un mélange ouvert) absorbant les contraintes.
 - c) la pose d'une membrane imperméable de 12" de largeur sur la fissure, avant une couche de béton bitumineux de 4½" d'épaisseur,
 - d) une couche intercalée de mélange ouvert à l'émulsion.

Devant ces faits et comme nous ne disposons pas de simulateur de trafic tel que décrit dans l'annexe ci-jointe, nous proposons donc une étude comprenant plusieurs sections expérimentales de routes. Cette étude aurait pour but d'évaluer dans nos conditions québécoises les avantages de ces nouveaux procédés.

Pour obtenir des résultats le plus rapidement possible, il faudrait que ces sections subissent les conditions les plus défavorables: trafic intense, circonstance où les fissures de réflexion se produisent le plus rapidement. Ces conditions se retrouvent sur une section de l'autoroute 20 qui doit être recouverte d'une couche d'usure cet été, soit la section à St-Hyacinthe située entre les rivières Yamaska et Richelieu. En effet cette section a un trafic intense et son revêtement de béton de ciment avec joints fournit les conditions les plus favorables pour la réflexion des fissures.

De plus cette section offre une base très uniforme de comparaison pour évaluer le comportement des différents procédés.

A cause des conditions très difficiles que présente cette section de l'autoroute 20, le procédé qui se comporterait le mieux à cet endroit pourrait sans aucune crainte être appliqué à tous les autres cas dans la province. Cependant à cet endroit le procédé de recyclage n'est pas approprié, et il devrait être étudié sur une route moins circulée à cause des inconvénients qu'il peut causer au trafic lors de sa réalisation.

Par conséquent, l'étude que nous proposons sur l'autoroute 20 comprendrait ces sections expérimentales d'un kilomètre:

- 1^o Couche d'usure de 150 lbs/v.car et correction de 50 lbs/v.car avec un bitume 85-100.
- 2^o Idem à 1 sauf que le bitume serait un 150-200.
- 3^o Idem à 1 sauf que le bitume serait un 200-300.
- 4^o Idem à 3 sauf que la couche d'usure ne serait de 100 lbs/v.car.
- 5^o Idem à 1 sauf que le bitume serait un 300-400 contenant de 5 à 20% de caoutchouc recyclé.
- 6^o Traitement de surface simple avec pierre $\frac{1}{2}$ " et bitume-caoutchouc.
- 7^o Traitement de surface double (1^{ière} couche avec pierre $\frac{1}{2}$ " et seconde couche avec pierre $\frac{3}{8}$ ") et bitume-caoutchouc.
- 8^o Section 6 recouverte de section 2.
- 9^o Section 7 recouverte de section 2.
- 10^o Section 6 recouverte de section 5.
- 11^o Section 7 recouverte de section 5.
- 12^o 200 lbs/v.car mélange ouvert au 150-200 recouvert de section 2.
- 13^o Mélange ouvert à l'émulsion recouvert de section 2.

- 14^o Mélange ouvert au 150-200 recouvert de section 5.
- 15^o Mélange ouvert à l'émulsion recouvert de section 5.
- 16^o 150 lbs/v.car mélange ouvert au 150-200 pénétré de bitume-caoutchouc et recouvert de section 2.
- 17^o 150-lbs/v.car mélange ouvert au 150-200 pénétré de bitume-caoutchouc et recouvert de section 5.

Si le budget n'était pas suffisant pour réaliser toutes ces sections, les sections 3, 4, 10 et 14 pourraient à la rigueur être éliminées.

Quand aux sections 6 et 7 il n'y a aucun danger, à ne pas les recouvrir, car cette technique a déjà été utilisée aux Etats-Unis sur des autoroutes où plus de 60,000 véhicules par jour circulaient. De plus, pour dissiper toute crainte, et éliminer tous les risques, ces sections seraient exécutées en premier et si des anomalies survenaient elles seraient immédiatement recouvertes d'une couche d'usure par l'entrepreneur présent sur les lieux. De plus, comme c'est une étude de recherche plusieurs techniciens compétents seront continuellement sur les lieux et les anomalies, s'il y en a, seront détectées très rapidement.

Le bitume-caoutchouc des sections 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 et 15 est sous patente par la firme Sahuaro Petroleum & Asphalt Co. qui le fabrique et réalise des traitements de surface depuis 15 ans. Cette firme viendrait donc réaliser ces sections à sous-contrat pour l'entrepreneur qui obtiendrait le contrat général.

Avant la pose des revêtements, les joints brisés des dalles de béton de ciment doivent être réparés, nettoyés et obturés avec un bitume-caoutchouc. Toute ouverture de joint ou fissure inférieure à six pouces de largeur peut être réparée par du bitume-caoutchouc.

Cependant pour les ouvertures de plus six pouces de largeur, de la pierre nette de $\frac{1}{2}$ pouce devrait y être incorporée pour donner de la stabilité. Cette dernière technique a très bien réussi nous il y a trois ans sur l'autoroute 15. Quant aux ouvertures supérieures à six pouces, elles doivent être réparées avec du mortier, du béton de ciment ou un mélange de réparation à l'époxy. Finalement, la moitié de tous les joints doivent être recouverts d'une membrane imperméable de douze pouces de largeur de sorte que l'on puisse évaluer cette technique pour chacun des types de revêtement.

Le mélange des couches d'usures est le mélange MB5 (ancien type 6 modifié). Le mélange ouvert est tiré de la spécification ASTM D3515. Les caractéristiques de ces mélanges sont fournis en annexe. On doit noter que la température de malaxage et de pose du mélange ouvert est une vingtaine de degrés celsius inférieur à un mélange conventionnel. Quant à la température de malaxage du mélange au bitume-caoutchouc elle sera déterminée par le Laboratoire Central qui spécifiera la quantité de caoutchouc à incorporer dans le bitume.

Comme ce sont des sections de recherches, l'entrepreneur peut être retardé ou ralenti par la pose d'instrumentation et la collecte de certaines données. Pour les mélanges bitumineux, les données à relever sont celle des sections Histocomp; le cahier "Projet Histocomp" ci-joint en fournit les détails. Quant aux données de comportement, elles sont les suivantes:

- 1^o Relevé des joints et fissures avec prise de photo avant la pose des revêtements.
- 2^o Mesure de la portance, de la qualité de roulement (May et PCA) de la glissance et de l'usure de la dalle de ciment avant la pose des revêtements.
- 3^o Installation de thermocouples et rubans avant, afin de déterminer à quelle température apparaissent les fissures.

- 4^o Installation à chaque section de tubes de gel pour mesurer sa profondeur.
- 5^o Les données de 1 et 2 sont mesurées et relevées également après la pose des revêtements et à chaque année.

Nous tenons à souligner de nouveau l'importance de cette étude dont les conclusions mèneront sûrement à la découverte d'un ou plusieurs types de revêtements résistants aux fissures de réflexion et dont la vie sera beaucoup plus longue que celle de nos couches d'usure conventionnelle. Avec ce ou ces revêtements, il sera alors sûrement possible, à cause de leur plus grande durée, de réaliser des économies substantielles dans l'entretien des routes de la province.

Egalement il ne faudrait pas oublier le procédé de recyclage des vieux revêtements bitumineux, qui lui aussi pourrait s'avérer très avantageux.

Finalement nous nous permettons de reporter à votre attention qu'un simulateur de trafic tel que décrit en annexe, permettrait de réaliser la présente étude et d'autres études sur des produits différents de façon plus rapide et plus économique que par le moyen de sections expérimentales de routes.



Richard Langlois, ing. M.Sc.
Laboratoire Central
Ministère des Transports
Complexe Scientifique
2700, rue Einstein
Ste-Foy, Québec
G1P - 3W8

C.C. MM. Jean-Paul Bonneau, ing.
R.M. Aubin, ing.
Yvan Demers, ing.
Robert Doucet, ing.
Pierre Demontigny, ing.

CARACTERISTIQUES DES MELANGES

Mélange MB-5

Mélange ouvert

1 - Granulométrie
tamis

3/4		100
1/2	100	85-100
3/8	80-100	60-90
4	55-75	20-50
8	42-67	5-25
16		3-19
30	20-44	
50	13-33	0-10
100	6-22	
200	2-10	

2 - vides (%) 2-5

3 - V.A.M. (%) 15 minimum

4 - stabilité livres 1200

5 - fluage (0.01 po.) 8-18

6 - bitume (%) 4.5-7.5 3.5-5.5

REFERENCES SUR LES REFLEXIONS DES FISSURES

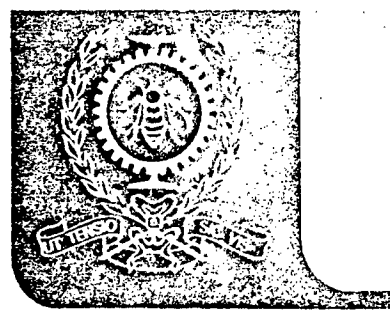
- 1- Christison J.T. "Sawn Joints in Asphalt Pavements"
Annual Meeting Western Association of Candian Highways Officiels
1969.
- 2- Safford Mark J. Mc Cabe Phil, "Reflexion Cracking in Bituminous
Overlays" Colorado Division of Highways, interim report, dec. 1971.
- 3- Leland M.H. "Evaluation of Gisalbind, I Daho Dept. of Highways
oct. 1972.
- 4- Hersley M.J., et Round E. "Good-bye Reflextive Cracking? Open-
graded Overlays Shows Promise", Rural and Urban Roads, dec. 1973.
- 5- Head W.I., Lin Chao-Ying, "Evaluation of the Effectiveness of
Fabric Reinforcement in Extending the In-Service of Bituminous
Concrete Overlays" North Caroline Dept of Transportation"
Interim report, juin 1974.
- 6- Langlois R. "Dossier sur la réflexion des fissures dans les
couches d'usure", rapport interne du ministère, rapport no
RT-74-5, août 1974.
- 7- Langlois R. "Mélange très pierreux pour empêcher la réflexion
des fissures sur la route 175", rapport interne du ministère,
rapport no RT-74-6, octobre 1974.
- 8- Predoehl, Nelson H., Kemp, Glenn R. "Copperopolis Test Section
Binder Modifiers as Construction Seals", California Dept of
Transportation, interim report, dec. 1974.
- 9- Krebs H.G. et Arand W. "Epreuves d'Asphalte Armées de
Treillis Textiles Resultats d'Expériences de Laboratoire",
Bitume, Terre, Asphalte, Pedre, 4, 1974.
- 10 Aiken, H.V. "Reflective Cracking Can Be Stopped" Asphalt,
Asphalt Institute, avril 1976.

- 11- Demontigny Pierre "Comportement de Plusieurs Tronçons Routiers Améliorés selon des Procédés Différents", Proc. ARTC, sept 1976.
- 12- Donnelly D.E., MC Cabe P.J. et Swanson H.N. , "Reflexion Cracking in Bituminous Overlays", Colorado Division of Highways, final report, déc. 1976.
- 13- Day Philip B. "Evaluation of Pavement Overlay Design Test Sections I-95 Bangor-Veazie Area Final Report Dec. 1977 Technical Paper 77-16 Maine Department of Transportation

REFERENCES SUR LE BITUME - CAOUTCHOUC

- 1- Gregg L.E. et Alcock, W.H. "Investigations of Rubber Additives in Asphalt Paving Mixture", Proc. AAPT, Vol. 23, 1954.
- 2- Maclean, W.M., "Rubber in Roads", Proc. CTAA, Vol. 1, 1956.
- 3- Walker, J., "Effect of Synthetic Rubber on the Properties of Vacuum Reduced Asphalt", Proc. CTAA, Vol. 1, 1956.
- 4- Thompson, D.C. et Hagman, J.F., "The Modification of Asphalt with Neoprene", Proc. AAPT, Vol. 27, 1958.
- 5- Chuzo Itakura et Teruo Sugawara, "Some Characteristics of Rubber-Blended Asphalt and its Mixtures at Low Temperature", Proc. AAPT, Vol. 28, 1959.
- 6- Vokac, R., "Rubberized Asphalt for Bituminous Surface Treatments", Proc. CTAA, Vol. IV, 1959.
- 7- Allison, Kenneth, "Those Amazing Rubber Roads Part II", Rubber World, Avril 1967.
- 8- Kaliip, Ronald A. "Rubberized Roads", Rubber Age, Octobre 1967.
- 9- Lefebvre, L.M. et Dion, A., "Utilisation du bitume-caoutchouc dans le revêtement du pont Papineau-Leblanc", Proc. CTAA, Vol. XVI, 1971.
- 10- Levy, D.F., "A New Way to Rubberize Asphalt Pavement", International Symposium on the Use of Rubber in Asphalt Pavements, Salt Lake City, Utah, 1971.
- 11- Olsen, R.E., "Rubber-Asphalt Binder for Seal Coat Construction", Implementation package 73-1, Federal Highway Administration, Février 1973.

- 12- Vaga, C., Battiato, C. et LaBelle C., "Asphalt Cement Improvement: The influence of a Carboxylated SBR Elastomer Investigated by Means of Viscoelastic Parameters", Proc. AAPT, Vol. 44, 1975.
- 13- Morris, C.R. et Mc Donald, C.H., "Asphalt-Rubber Stress-Absorbing Membranes: Field Performance and State of Art", Transport Research Record 595, 1976.
- 14- Civic Magazine, "Rubberized Road Ways" 1977.
- 15- Green, E.L. et Tolonen, W.J. "The Chemical and Physical Properties of Asphalt-Rubber Mixtures", Arizona Department of Transportation, Report ADOT-RS-14, juillet 1977.
- 16- Recycling Today, Septembre 1977. "Rubber Recycling in America"
- 17- "Rubberized Asphalt looks like a Winner" Canadian Chemical Processing, Decembre 1977.
- 18- Piggott, R. et autres, "Reclaimed Rubber improves Hot Asphalt Mix". Proc. AAPT, Vol. 46, 1977.



SERVICES DE LA RECHERCHE

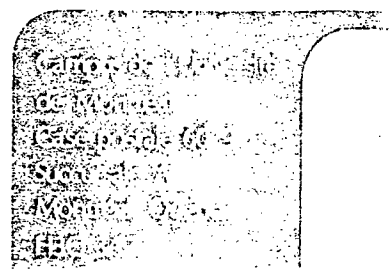
UTILISATION DES CAOUTCHOUCS DANS LES REVETEMENTS BITUMINEUX

J. Hode Keyser et D. Gaudette

Août 1978

EP-78-R-29

Ecole Polytechnique de Montréal



UTILISATION DES CAOUTCHOUCS
DANS LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX

*copie J. Deneux
A. Langlais*

UTILISATION DES CAOUTCHOUCS
DANS LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX

J. Hode Keyser et D. Gaudette

Août 1978

Ecole Polytechnique - EP78-R-29

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1- NOTES HISTORIQUES	1
2- CLASSIFICATION DES CAOUTCHOUCS UTILISÉS DANS LES MÉLANGES BITUMINEUX	2
3- EFFETS DES CAOUTCHOUCS	5
3.1- Mécanisme de l'action du caoutchouc non-vulcanisé	5
3.2- Effets sur les propriétés des liants bitumineux	5
3.3- Effets sur les propriétés des mélanges bitumineux	11
4- LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DES LIANTS BITUMINEUX CAOUTCHOUTÉS	16
5- LES PROBLÈMES LIÉS À L'UTILISATION DES CAOUTCHOUCS DANS LES MÉLANGES BITUMINEUX	21
5.1- Le problème de dégradation du caoutchouc dans le bitume	21
5.2- Le problème de dispersion du caoutchouc dans le bitume	23
6- QUELQUES EXEMPLES D'UTILISATION	25
6.1- Revêtements bitumineux	25
6.2- Traitement de surface	25
6.3- Réparation des fissures	26
RÉFÉRENCES	28
BIBLIOGRAPHIE	30
A - LISTE D'ARTICLES CLASSÉS PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE	31
B - CLASSIFICATION D'ARTICLES PAR AUTEURS	34
C - CLASSIFICATION D'ARTICLES PAR SUJETS	36

1- Notes historiques sur l'utilisation du caoutchouc dans les mélanges bitumineux pour la construction des routes.

Le caoutchouc était, à l'origine, utilisé dans la construction des routes sous forme de pavés. Le procédé rendait la surface glissante, quoique durable, et le coût de construction, prohibitif. Ce n'est qu'au début du 20e siècle que le caoutchouc fut utilisé comme additif en petites quantités dans des revêtements bitumineux.

De Laudenberg fit le premier essai en 1898 pour modifier les liants bitumineux en y ajoutant du caoutchouc et pour mettre au point un procédé de malaxage. Cependant, à cause de difficultés techniques rencontrées dans la réalisation de ses essais, son procédé fut délaissé jusqu'en 1914, période à laquelle Frière reprit les travaux de recherche. Entre 1914 et 1930, on fit mille usages du caoutchouc dans le bitume sous diverses formes et ceci sans connaître véritablement son influence sur les propriétés du bitume. Ce n'est qu'au début des années '30 que des études poussées sur l'emploi du caoutchouc granulé ou en poudre virent le jour dans les pays scandinaves et en Grande-Bretagne; on examina l'influence du caoutchouc en poudre sur les propriétés rhéologiques du bitume en laboratoire puis sur le chantier.

À la même époque, on expérimentait l'addition de petites quantités de caoutchouc dans du goudron; cependant, à cause de l'incompatibilité du caoutchouc avec le goudron, le produit n'était pas adéquat pour utilisation comme liant dans la construction de routes. Ils essayèrent par la suite un caoutchouc naturel modifié; il fut montré que le caoutchouc chlorifié mélangé au goudron donnait un liant caoutchouté, mais la faible stabilité chimique du liant en empêcha l'usage.

La deuxième guerre mondiale ralentit les études et recherches sur l'utilisation du caoutchouc dans la construction des routes. Cependant, on examina les routes qui avaient déjà été construites à l'aide du liant bitume-caoutchouc: en Indonésie, une section de route recouverte de ce mélange montra une meilleure résistance, malgré le manque d'entretien, ainsi qu'en Hollande même après 19 ans de service.

Ce n'est véritablement que depuis 1945 que l'utilisation du caoutchouc s'est popularisée, notamment en Hollande, Grande-Bretagne, France, République Fédérale Allemande et aux États-Unis. Dans ce dernier cas, 6,400 km de routes furent réalisés à l'aide du caoutchouc en 1963.

2- Classification des caoutchoucs utilisés dans les mélanges bitumineux

Les liants caoutchoutés employés dans les mélanges bitumineux sont composés d'un caoutchouc naturel ou d'un élastomère synthétique.

Le caoutchouc naturel ou le latex constitue le meilleur adjuvant pour améliorer les qualités du bitume. Cependant, le caoutchouc synthétique est moins coûteux et l'utilisation des caoutchoucs chloroprène, isoprène et butadiène stirol est reconnue en construction routière.

Le latex est une émulsion naturelle d'hydrocarbures de caoutchouc, dont la dimension des particules est de l'ordre du micron. L'émulsifiant est constitué de protéines naturelles qui confèrent aux particules de caoutchouc des charges électro-négatives.

Le latex modifie sensiblement les caractéristiques du bitume contrairement à la poudre de caoutchouc vulcanisé provenant, entre autres, de déchets et de régénération. L'utilisation du caoutchouc sous forme de feuille est très limitée à cause de complications lors de la préparation et de la présence possible d'impuretés indésirables comme le soufre. On utilise donc le caoutchouc naturel sous forme de poudre, dont les marques commerciales les plus connues sont: le pulvatex, poudre de caoutchouc non vulcanisé, ainsi que le roborub, le mealarub et le harcumb qui sont des poudres de caoutchouc faiblement vulcanisé.

Le caoutchouc en poudre est utilisé dans la fabrication de mélange bitumineux: ainsi, le mealarub est ajouté aux agrégats dans le malaxeur comme un filler, avant le liant. La technologie de l'introduction des poudres de caoutchouc dans le bitume dépend de la nature de la poudre et du type de bitume (visqueux ou fluxé). Il est plus difficile cependant d'introduire des poudres de caoutchouc vulcanisé que non vulcanisé et ces dernières sont moins coûteuses.

Le tableau 1, présente une classification des caoutchoucs utilisés dans les mélanges bitumineux, le groupe auquel chacun appartient, leur état ou leur forme et une description sommaire de leurs caractéristiques.

CLASSIFICATION DES CAOUTCHOUCS UTILISÉS DANS LES MÉLANGES BITUMINEUX

Groupe	Nom du caoutchouc	Etat ou forme	Description
Les caoutchoucs naturels	Latex évaporé	Liquide	Liquide blanc avec des globules de caoutchouc en suspension.
	Latex centrifugé	Liquide	Liquide blanc avec des globules de caoutchouc en suspension.
	Pulvatex	Poudre	Poudre de caoutchouc non-vulcanisé c'est-à-dire non traité par le soufre et contenant 40% de filler minéral.
	Revertex	Liquide	Latex de caoutchouc stabilisé à la soude et qui peut être concentré à 75%.
	Mealorub	Poudre	Poudre de caoutchouc légèrement vulcanisé contenant 96% de caoutchouc et 2% de soufre.
	Harcumb	Poudre	Poudre de caoutchouc légèrement vulcanisé contenant 96% de caoutchouc et 2% de soufre.
	Rodorub	Poudre	Poudre de caoutchouc légèrement vulcanisé contenant 75% de caoutchouc naturel, 25% de filler minéral et 0.3% de soufre.
	Rhodule	Poudre	Poudre semi-vulcanisée.
	Ramflex	Poudre	Poudre de caoutchouc contenant 36.5% de caoutchouc récupéré.
	Le caoutchouc dépolymérisé	Poudre	Poudre de caoutchouc dont la polymérisation est détruite.
	Le caoutchouc dégénéré (fowdered reclaim rubber)	Poudre	Poudre de caoutchouc récupérée.
	La poudrette vulcanisée	Poudre	Poudre de caoutchouc vulcanisé.
	Le caoutchouc en feuille (Sheet Rubber)	Feuille	Caoutchouc utilisé sous forme de feuille contenant du soufre.
	Résidu de pneus émiettés (Crumb Tire-tread)	Poudre	Poudre de caoutchouc de vieux pneus.
Les élastomères synthétiques	Le G.R.-S. en solution	Liquide	Latex naturel de caoutchouc sous forme synthétique.
	Le néoprène en solution	Liquide	Caoutchouc synthétique thermoplastique.
	Le latex de néoprène	Liquide	Caoutchouc synthétique de chlorinate d'isoprène de "Dupont".
	Néoprène RC-4DN	Liquide	Caoutchouc synthétique.
	Chloroprène	Liquide	Caoutchouc à haut poids moléculaire.
	Isoprène	Liquide	Caoutchouc à haut poids moléculaire.
	Butadiène nitrile acrylique en solution	Liquide	Hydrocarbure.
	Butyl en solution	Liquide	Copolymère d'isobutylène et de butadiène vulcanisable.
	Le Vistanex	Liquide	Polymère d'isobutylène qui n'est pas vulcanisable.
	Le chlorure de polyvinyle	Liquide	Combinaison de chlore et polyvinyle.
	Le latex de butadiène nitrile acrylique	Liquide	Caoutchouc en suspension.
	Chemigum RA	Poudre	Poudre synthétique de caoutchouc de "Goodyear".
	Rubarite	Liquide	Contient 40% de butadiène-Styrène (SBR) copolymères.
	SBR	Liquide	Copolymère de Butadiène-Styrène.

3- Effets des caoutchoucs

3.1- Mécanisme de l'action du caoutchouc non-vulcanisé

Lorsqu'on introduit du caoutchouc non vulcanisé à l'état granulaire (pulvatex ou mealorub) ou liquide (latex) dans les liants hydrocarbonés, son volume peut quintupler. En effet, les particules du caoutchouc introduit dans un bitume absorbent et accumulent une partie des hydrocarbures qui constituent le médium huileux, et se dilatent. La dispersion de ces particules de caoutchouc dans le bitume entraîne, par le fait même, la modification des caractéristiques du bitume, car les particules de caoutchouc gonflées restituent l'huile progressivement. Ainsi le caoutchouc apparaît dans le bitume sous deux formes soit à l'état dilaté et à l'état dissous. On note alors un accroissement de la viscosité, de la résistance, de l'élasticité et de la stabilité à la température. L'influence de ces qualités est proportionnelle à la quantité de caoutchouc dans le bitume.

Le caoutchouc gonflé d'huiles augmente le point de ramollissement du bitume et rend le bitume-caoutchouc beaucoup moins sensible aux variations de température que le bitume seul. Ce phénomène d'absorption d'huile par le caoutchouc a également pour conséquence de ralentir très sensiblement la perte d'huile par évaporation sélective, et le revêtement peut donc conserver très longtemps son état plastique initial.

3.2- Effets sur les propriétés des liants bitumineux

Les propriétés rhéologiques suivantes des liants bitumineux sont plus ou moins modifiées par l'addition du caoutchouc:

- la pénétration à 25°C
- la viscosité absolue à 25°C et la viscosité cinématique à 135°C
- la ductilité à 40°C
- la susceptibilité thermique du liant
- le point de ramollissement
- la fragilité du liant à basse température
- la résistance à l'étirement et la ténacité du liant
- l'élasticité.

L'influence du caoutchouc sur ces propriétés dépend cependant du degré de dispersion du caoutchouc et de son poids moléculaire.

a) La pénétration à 25°C

L'addition du caoutchouc dans un liant bitumineux a généralement pour effet de réduire la pénétration (figure 1)(1). Par contre, l'addition de 15% de sulfure à 2% et moins à 25°C de caoutchouc naturel augmente la pénétration (Figure 1) (1).

b) La viscosité absolue à 25°C et la viscosité cinématique à 135°C

L'addition du caoutchouc dans un liant bitumineux augmente sa viscosité et cette augmentation est d'autant plus grande que le pourcentage de caoutchouc dans le liant est élevé (2). La viscosité du liant est mesurée à l'aide d'un viscomètre du type Brookfield LVF (voir figure 2)(5).

Mason et al (3) observent cependant qu'avec un bitume à faible indice de pénétration, l'augmentation de la viscosité est beaucoup plus apparente: tel que montré sur la figure 3, l'augmentation du logarithme de la viscosité absolue à 25°C est proportionnelle au pourcentage de caoutchouc contenu dans le liant bitumineux.

La variation de la viscosité est donc fonction du type de liant employé, du type de caoutchouc en présence dans le liant ainsi que de la méthode de préparation du liant qui a une très grande influence sur le degré de dispersion du caoutchouc dans le liant.

c) La ductilité à 4°C

On utilise l'essai de ductilité à 4°C de l'ASTM D113-68, pour évaluer les effets des additifs caoutchoutés à basse température sur le comportement des liants bitumineux.

Sur la figure 4, on remarque que la ductilité baisse légèrement avec l'addition de caoutchouc naturel à moins que l'on ajoute de 10 à 15% de soufre au caoutchouc (1). Par contre, en présence d'un élastomère synthétique, e.g. un néoprène, la ductilité du liant augmente avec la teneur en néoprène tel que le montre la figure 5 (5).

d) La susceptibilité thermique du liant

La susceptibilité du bitume au variation de la température peut être évaluée à l'aide de plusieurs formules, telles que celle de Pfieffer, De Decker et Nijveld ou celle de Smith. La formule la plus courante est l'indice de pénétration de Pfieffer basée sur la pénétration à 25°C et le point de ramollissement.

Quelle que soit la formule utilisée, il est prouvé que l'addition de caoutchouc réduit la susceptibilité thermique du bitume. Cette réduction est plus apparente avec les bitumes mous.

Figure 1 (1)

Effets du caoutchouc latex
et du soufre sur la pénétra-
tion d'un liant bitumineux

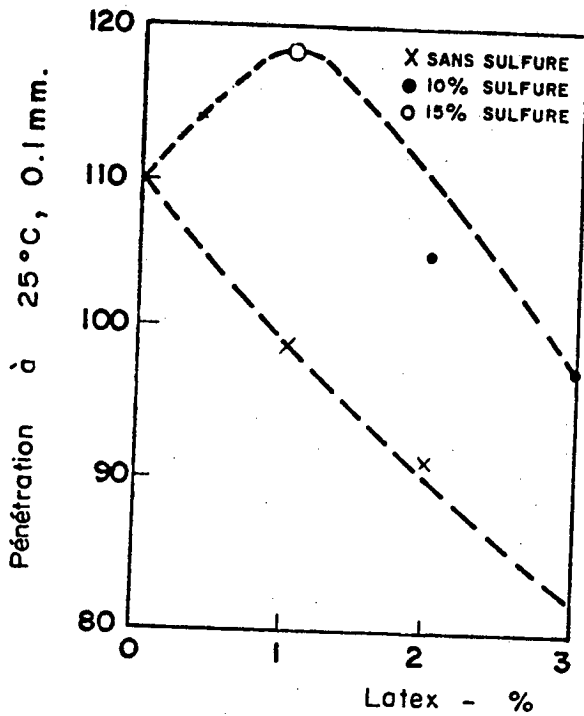


Figure 2 (5)

Effets du pourcentage de caout-
chouc et de la température sur
la viscosité d'un liant bitumineux.

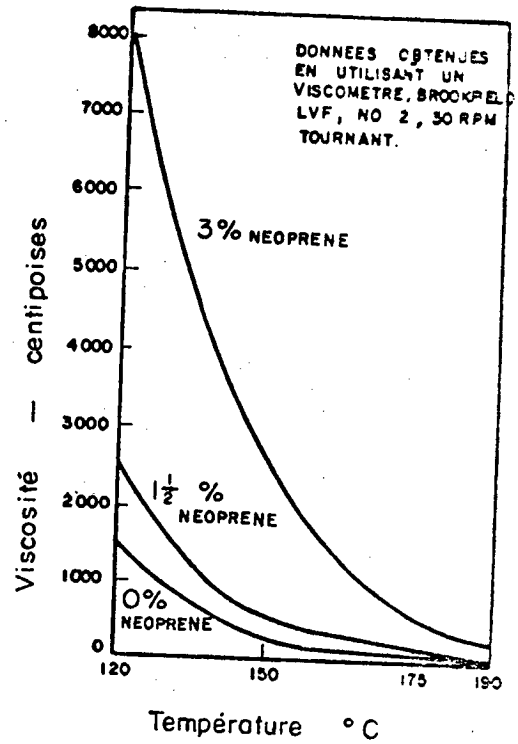


Figure 3 (3)

Effets du caoutchouc et de
l'indice de pénétration du
liant sur la viscosité d'un
liant bitumineux.

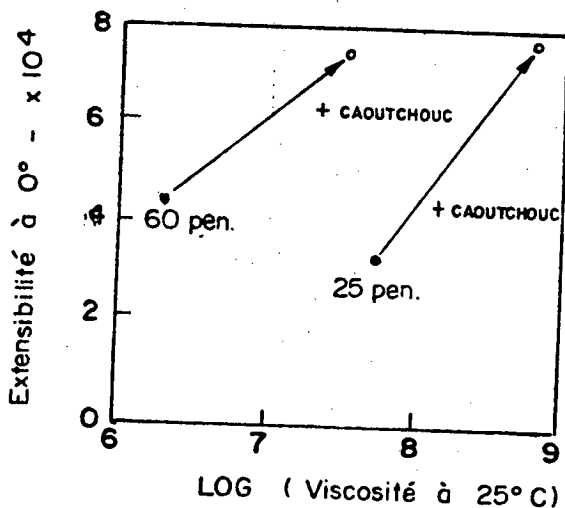
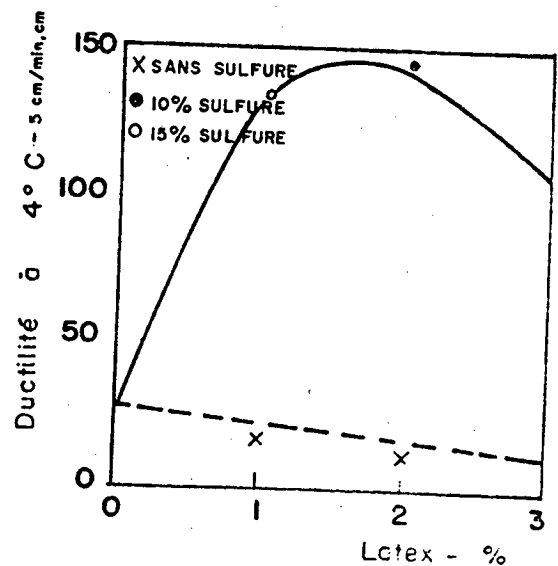


Figure 4 (1)

Effet du caoutchouc latex,
et du soufre sur la ductilité
d'un liant bitumineux.



e) Le point de ramollissement

L'addition du caoutchouc dans un liant bitumineux augmente le point de ramollissement du liant mais cette augmentation est moindre avec une poudre de caoutchouc vulcanisé, tel que montré sur la figure 6 ⁽¹⁾ et le point de ramollissement du liant augmente avec la teneur en caoutchouc latex. Sur la figure (7) ⁽⁵⁾ on montre que l'addition d'un élastomère synthétique, e.g. du néoprène, augmente également le point de ramollissement du liant. L'augmentation du point de ramollissement est cependant influencé par le type de liant bitumineux employé (AC-1, 2 et 3) (figure 8) ⁽⁴⁾.

f) La fragilité du liant à basse température

En mesurant les déformations en traction à 0°C du liant, on constate que l'addition du caoutchouc réduit la fragilité du liant à basse température ⁽³⁾. Suite à des essais effectués par " Dupont " le liant auquel on a ajouté du latex de néoprène ne fendille pas même si la température de l'essai est de 0°C ⁽⁶⁾.

g) La résistance à l'étirement et la ténacité du liant

La résistance à l'étirement et la ténacité sont mesurées par un appareil spécial décrit au paragraphe 4.5.

L'addition d'un élastomère synthétique, tel le néoprène, ou d'un caoutchouc naturel (latex), dans un liant bitumineux, augmente sa résistance à l'étirement et sa ténacité, tel qu'illustré sur les figures 9⁽¹⁾ et 10⁽⁵⁾.

Figure 5 (5)

Effets du néoprène sur la ductilité d'un liant bitumineux.

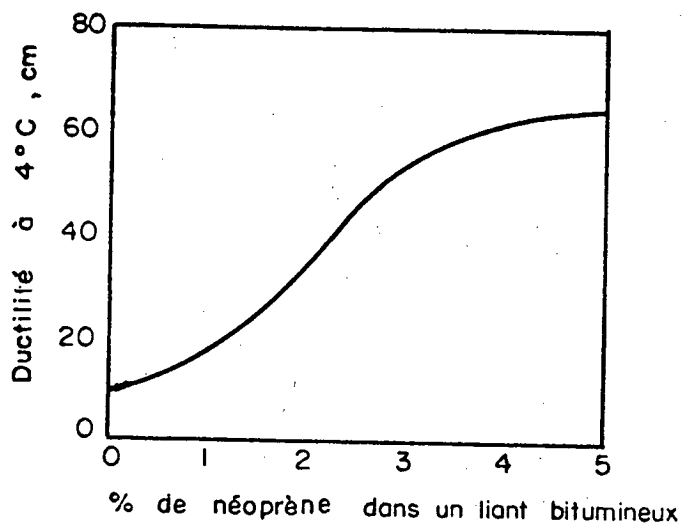


Figure 6 (1)

Effets du caoutchouc latex et du soufre sur le point de ramollissement d'un liant bitumineux

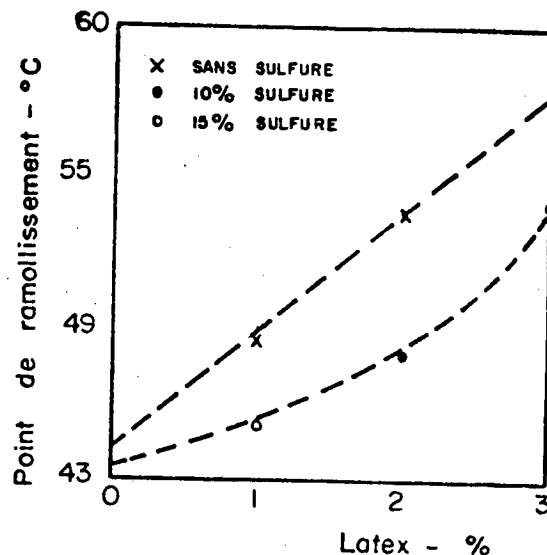


Figure 7 (5)

Effets du néoprène sur le point de ramollissement d'un liant bitumineux

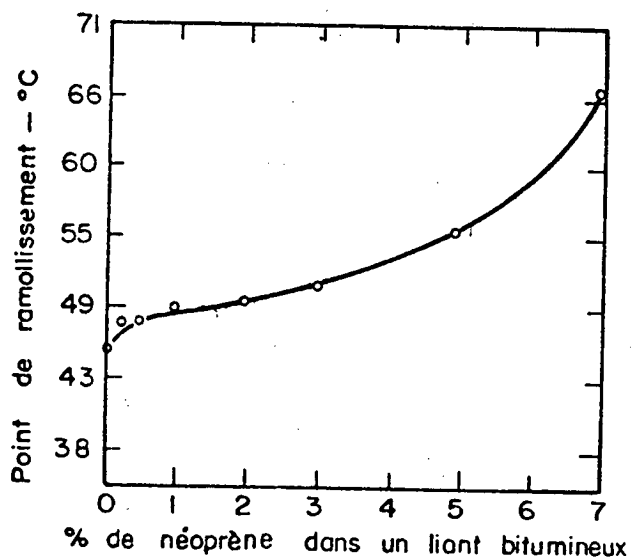
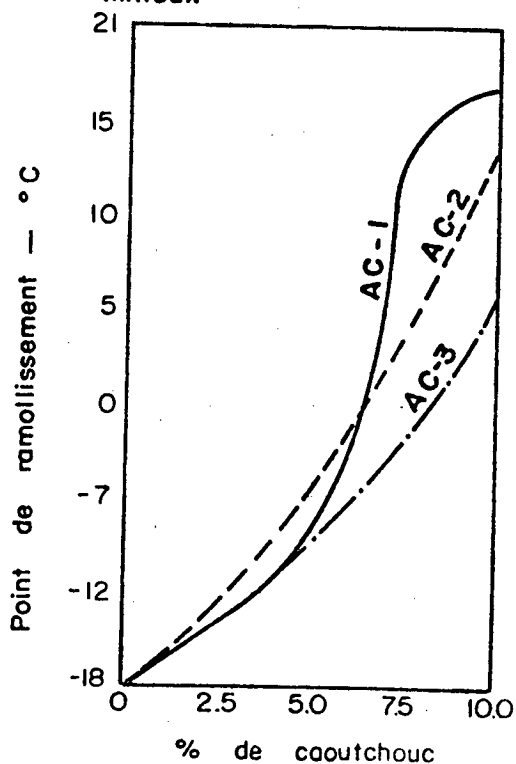


Figure 8 (4)

Effets du caoutchouc et du type de liant sur le point de ramollissement d'un liant bitumineux



h) L'élasticité

L'élasticité du bitume caoutchouté se mesure à l'aide d'un essai de redressement suite à une torsion décrit à la section 4.6. L'élasticité de tous les types de liants bitumineux augmente avec l'addition de caoutchouc, naturels ou synthétiques.

De Decker (7) note qu'une poudre de caoutchouc vulcanisé chauffée durant une très longue période donne une plus grande élasticité qu'une poudre de caoutchouc non-vulcanisé, parce que cette dernière se disperse plus rapidement dans le liant bitumineux. D'autres recherches (8) ont conclu à une amélioration de l'élasticité lorsqu'un latex est finement dispersé dans le liant bitumineux à la température ambiante et chauffé par la suite, plutôt que d'être dispersé à une haute température: sur la figure 11 (8) des courbes types du redressement élastique d'un bitume fluide dont le caoutchouc a été introduit à froid puis à chaud dans le liant puis chauffé à 160°C durant 60 heures.

3.3- Effets sur les propriétés des mélanges bitumineux

L'accroissement de la viscosité du liant bitumineux et la diminution de sa susceptibilité à la variation de la température suite à l'addition d'un caoutchouc naturel ou d'un élastomère synthétique, conduisent à une augmentation de la résistance des mélanges bitumineux et à une durabilité accrue du revêtement routier.

Figure 9 (1)

Effets du caoutchouc latex et du soufre sur la résistance à l'étirement d'un liant bitumineux.

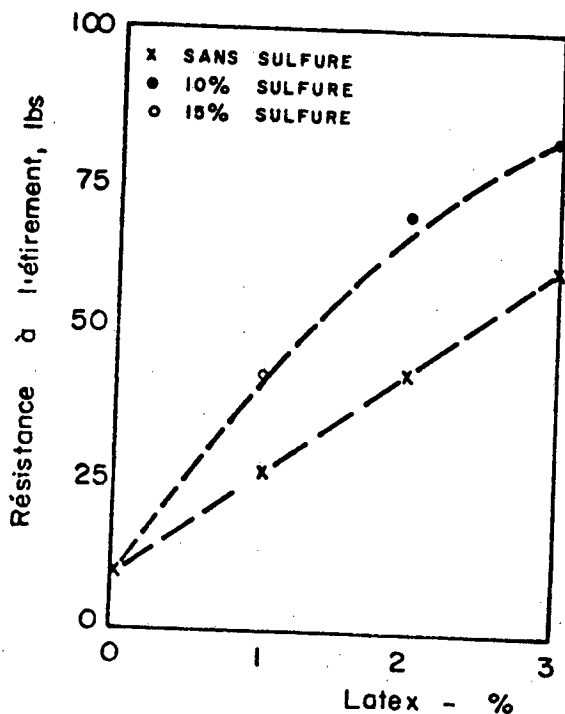


Figure 10 (5)

Effets du néoprène sur la résistance à l'étirement et la ténacité d'un liant bitumineux.

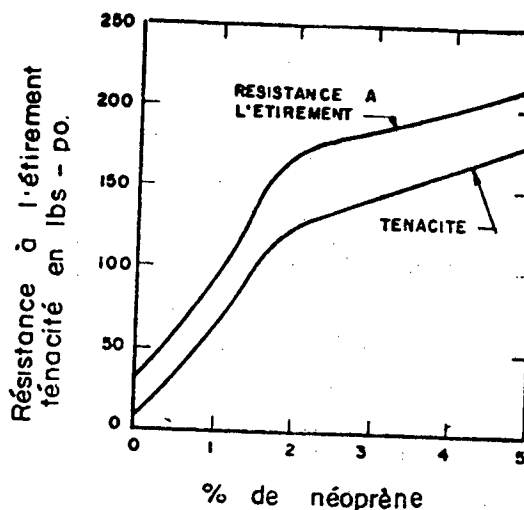
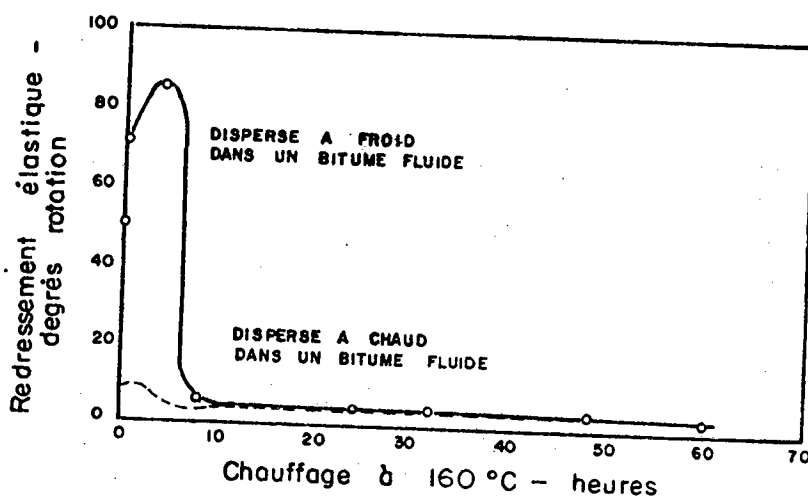


Figure 11 (8)

Effets du temps de chauffage et du type de dispersion sur un liant bitume-caoutchouc.



DETAILS DU LIANT BITUME - CAOUTCHOUC

5% CAOUTCHOUC DANS UN BITUME DONT L'INDICE DE PENETRATION EST 50 ET CONTENANT 17% DE KEROSENE

Les principales propriétés suivantes des mélanges bitumineux sont affectées par l'addition de caoutchouc:

- Stabilité du mélange
- Durabilité du mélange
- Flexibilité du mélange
- Facilité de mise en place et de compactage
- Résistance aux dérapages
- Elasticité

a) Stabilité du mélange

La stabilité à haute température des revêtements bitumineux caoutchoutés est accrue de par l'accroissement de la viscosité du liant; ainsi, l'addition de caoutchouc naturel ou synthétique dans un liant bitumineux réduit les risques de déformation, d'orniérage et de saignement des revêtements bitumineux et améliore également sa résistance à la fissuration.

b) Durabilité du mélange

L'introduction de caoutchouc dans un mélange bitumineux augmente la résistance à la traction du mélange à basse température, et assure une meilleure résistance au gel étant donné qu'il réduit le volume des vides du mélange (ou la perméabilité).

Les revêtements bitumineux caoutchoutés sont plus coûteux que les revêtements ordinaires mais leur durée de service est meilleure. Ainsi, l'addition de caoutchouc conduit à un accroissement de 15 à 20% du coût initial de la route mais permet de doubler sa durée de service.

En Hollande par exemple, des revêtements réalisés avec des additions de caoutchouc n'ont pas nécessité de réparation après 17 ans de service, alors que les revêtements voisins sans caoutchouc, avaient dû être réparés à trois reprises durant cette même période.

c) Flexibilité du mélange

L'addition de caoutchouc rend le revêtement sur la route plus plastique et flexible et plus résistant à l'oxydation.

d) Facilité de mise en place et de compactage

L'addition de caoutchouc naturel ou synthétique dans un mélange bitumineux facilite la mise en place du mélange et assure un meilleur accrochage du revêtement à la fondation de la route. Elle améliore aussi la facilité d'épandage et de compactage du revêtement bitumineux.

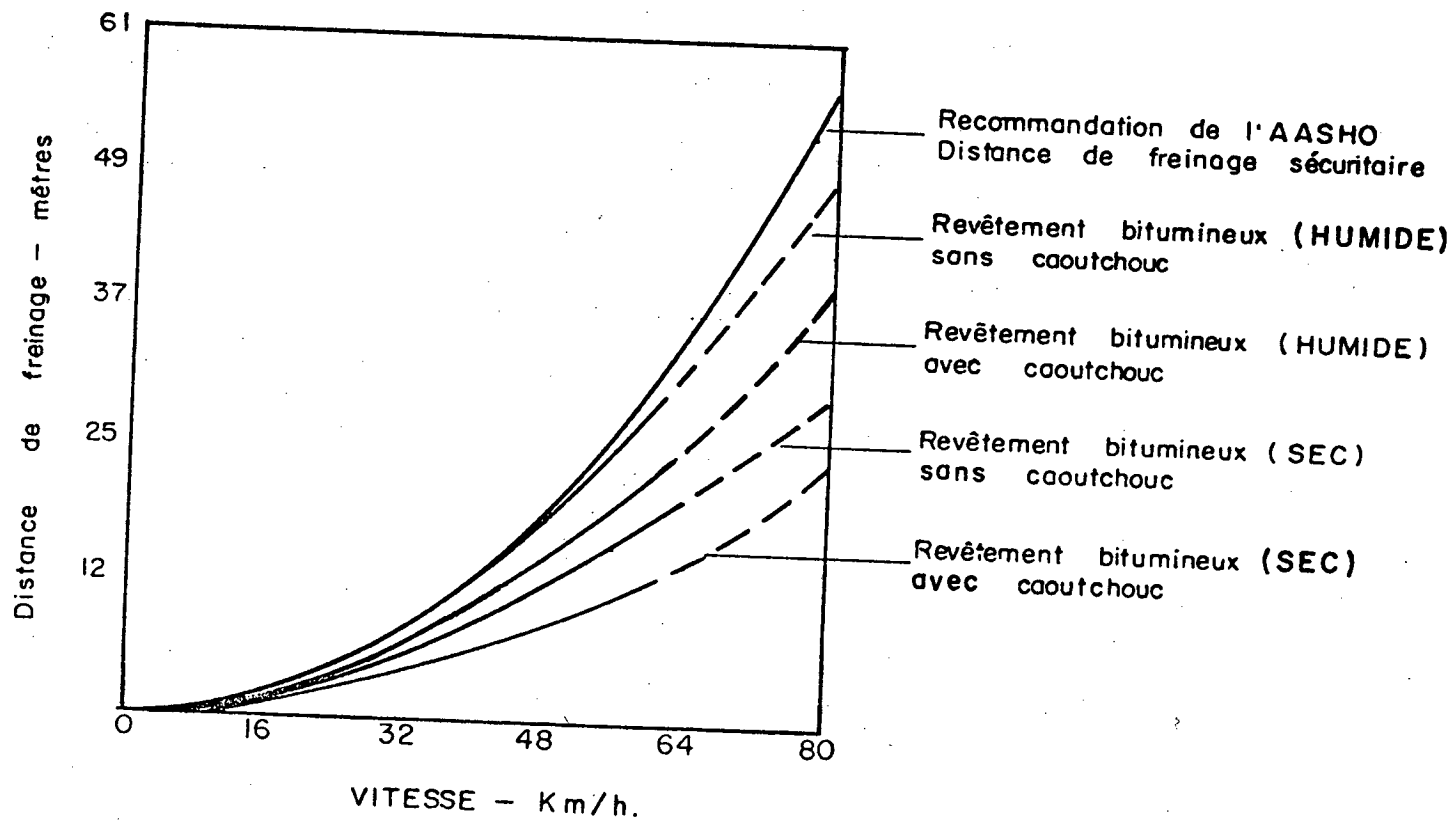
À cause de leur facilité de mise en place et de leur adhérence au revêtement déjà en place, les mélanges caoutchoutés sont efficaces pour la réparation des fissures (8).

e) Résistance aux dérapages

L'introduction de caoutchouc dans un liant bitumineux confère aux revêtements des qualités antidérapantes. Ainsi aux États-Unis, les essais de freinage sur routes humides à une vitesse de 80 km ont montré qu'on peut réduire la distance de freinage de 49 mètres sur un revêtement sans caoutchouc à 40 mètres sur un revêtement caoutchouté ceci est montré sur la figure 12 (9).

Figure 12 (9)

Résultats d'essais de freinage sur des revêtements
bitumineux sec ou humide avec ou sans additif caoutchouté



f) L'élasticité

Lorsqu'on ajoute au mélange bitumineux un additif caoutchouté naturel ou synthétique il en résulte une élasticité accrue du revêtement ce qui améliore sensiblement la résistance du revêtement aux déformations, aux charges de très courtes durées et aux vibrations et chocs dus au trafic.

A haute température, le mélange bitumineux comportant un liant caoutchouté est moins susceptible aux déformations permanentes sous l'effet d'une circulation dense et lourde.

4.- Les méthodes d'évaluation des liants bitumineux caoutchoutés

Les méthodes d'essais qui servent à évaluer l'influence des additifs caoutchoutés naturels ou synthétiques sur les propriétés rhéologiques des liants bitumineux sont les suivantes:

- L'essai de pénétration à 25°C: ASTM D5 (Figure 13)
- L'essai de viscosité cinématique à 135°C: ASTM D 2170 (Figure 14)
- L'essai de ductilité à 4°C: ASTM D 113 (Figure 15)
- L'essai du point de ramollissement: ASTM D 36 (Figure 16)
- L'essai de résistance à l'étirement et de ténacité (Figure 17) ⁽¹⁰⁾
(Toughness-Tenacity Test).
- L'essai de redressement suite à une torsion (Figure 18) ⁽¹¹⁾
(Torsional Recovery Test).
- L'essai à l'aide du viscomètre cylindrique rotatif: (Figure 19) ⁽¹²⁾
(Rotating Cylinder Viscometer).

Voici une description sommaire de ces essais.

a) L'essai de pénétration à 25°C: ASTM D 5

Cet essai sert à déterminer la consistance du liant bitumineux en mesurant l'enfoncement d'une aiguille standard dans un échantillon de liant, sous des conditions de température de charge et de temps bien définis. L'appareil utilisé est le pénétromètre, (voir Figure 13), l'aiguille est chargée à 100 gr., et cette charge est appliquée pendant 5 secondes, à une température de 25°C. L'unité de mesure est le 1/10 millimètre.

b) L'essai de viscosité cinématique à 135°C: ASTM D 2170

Cet essai sert à déterminer les caractéristiques d'écoulement du liant bitumineux en mesurant le temps qu'il faut pour permettre à un volume donné de liant de s'écouler par une ouverture calibrée. L'appareil utilisé est le viscomètre Saybolt Furol (voir Figure 14).

c) L'essai de ductilité à 4°C: ASTM D 113

Cet essai peut servir à évaluer la consistance du liant bitumineux après vieillissement par oxydation, car le liant oxydé est moins ductile. Le procédé consiste à placer un échantillon de liant de 6.8 cm de longueur par 1 cm² dans un bain à 4°C et de mesurer l'allongement total de l'échantillon avant rupture, la vitesse d'allongement étant de 5 cm par minute (voir Figure 15).

d) L'essai du point de ramollissement: ASTM D 36

Cet essai sert à déterminer la consistance d'un liant bitumineux en mesurant la température à laquelle un échantillon placé dans un anneau baisse de 2.54 cm sous le poids d'une bille (voir Figure 16).

PRINCIPE DES METHODES D'ESSAIS

FIGURE 13
PENETRATION
ASTM D5

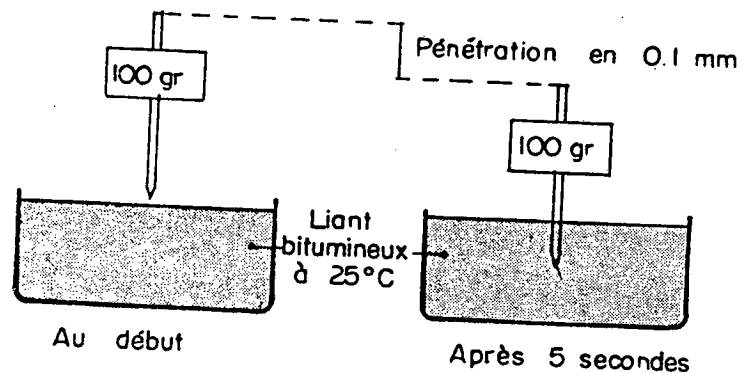


FIGURE 14
VISCOSITE
ASTM D 2170

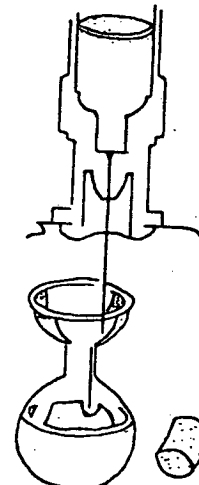


FIGURE 15
DUCTILITE
ASTM D 113

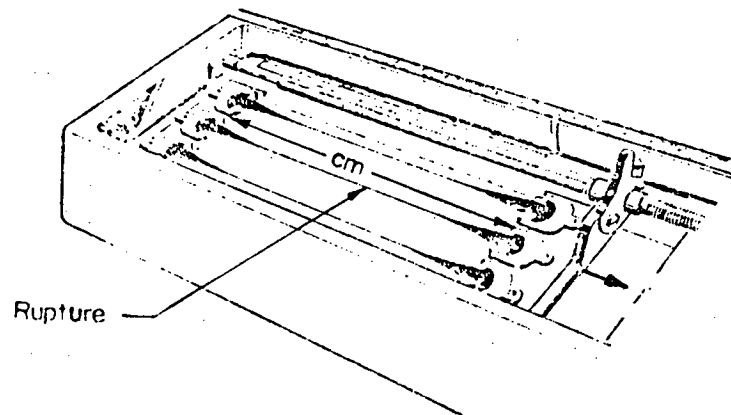
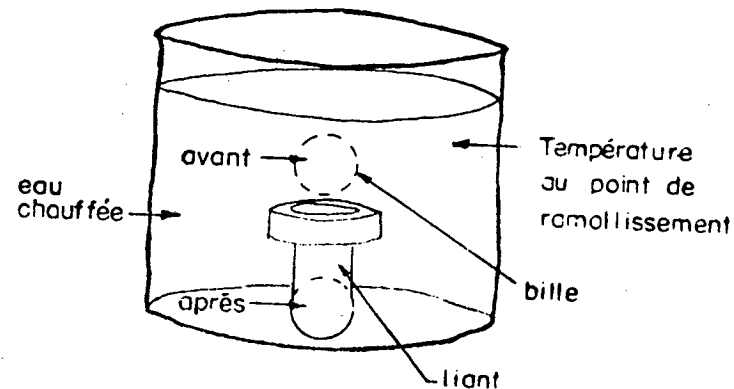


FIGURE 16
POINT DE RAMOLLISSEMENT
ASTM D 36



- e) L'essai de résistance à l'étirement et de ténacité: Figure (17) (10)
(Toughness-Tenacity Test)

Par cet essai on mesure l'énergie requise en livres pouce pour étirer un liant bitumineux. L'essai consiste à immerger la tête ronde d'une tige d'acier dans un récipient et de l'étirer à vitesse constante en mesurant l'effort et l'allongement. Les résultats sont présentés sous forme de graphique (voir Figure 20 (10)); la surface totale sous la courbe donne la résistance à l'étirement et la surface sous la courbe délimitée par l'allongement au-delà de l'effort maximum donne la ténacité.

- f) L'essai de redressement suite à une torsion: (Figure 18) (11)
(Torsional Recovery Test)

Cet essai sert à déterminer l'élasticité du liant bitumineux en mesurant le degré de redressement soumis à une torsion. Le pourcentage de redressement est calculé pour des intervalles de temps de 30 secondes et de 30 minutes.

- g) L'essai à l'aide du viscomètre cylindrique rotatif: (Figure 19) (12)
(Rotating Cylinder Viscometer)

Cet essai sert à évaluer la viscosité du liant bitumineux. L'essai consiste à mesurer la résistance au cisaillement du liant placé entre deux cylindres concentriques dont l'un est fixe et l'autre tourne autour d'un axe commun.

PRINCIPE DES METHODES D'ESSAIS

FIGURE 17 (10)
RÉSISTANCE À L'ÉTIREMENT ET TENACITÉ

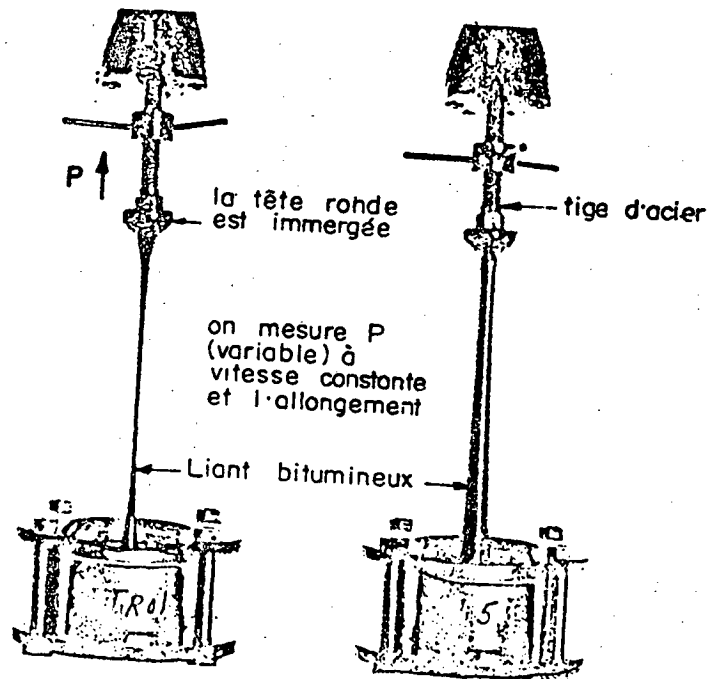


FIGURE 18 (11)
REDRESSEMENT SUITE
À UNE TORSION

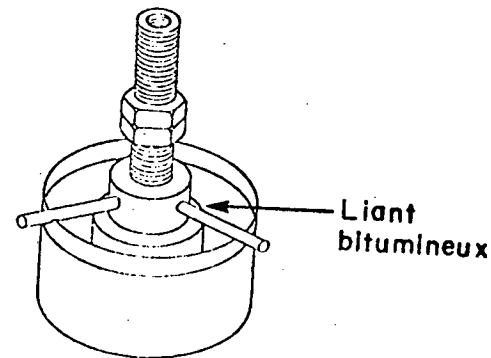
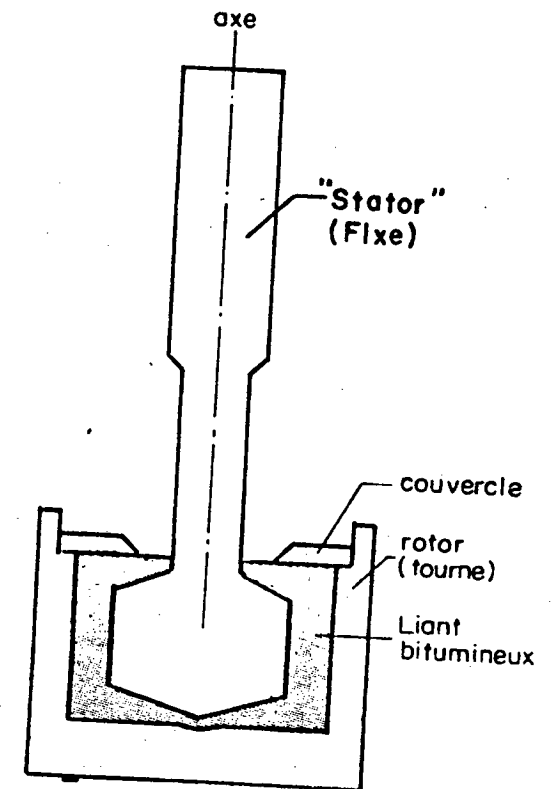


FIGURE 19 (12)
VISCOMÈTRE CYLINDRIQUE
ROTATIF



5.- Les problèmes liés à l'utilisation des caoutchoucs dans les mélanges bitumineux.

5.1- Le problème de dégradation du caoutchouc dans le bitume

Lors de la dégradation du bitume caoutchouté, le caoutchouc est soumis à un chauffage élevé (de 140 à 200°C) et à une action mécanique intense, ce qui provoque une désagrégation partielle accompagnée d'un abaissement du poids moléculaire du mélange bitume-caoutchouc (de 500 000 à 1 million à quelques milliers) qui diminue l'effet bénéfique du caoutchouc sur le bitume. Conséquemment, il importe de connaître la teneur et l'état du caoutchouc après malaxage d'où le terme conventionnel de "l'efficacité résiduelle du caoutchouc". Lorsqu'on prépare des mélanges de bitume-caoutchouc, il est donc nécessaire de bien contrôler la température de façon à ce que l'efficacité du caoutchouc ne diminue pas de plus de moitié; valeur que l'on obtient lorsqu'on malaxe le bitume-caoutchouc à 175°C et suivant un court temps de malaxage.

La figure 21 ⁽¹³⁾ montre les effets de la température et du temps de chauffage sur un liant de type cut-back composé de 17% de kérosène, 5% de caoutchouc et 78% de bitume ayant 50 de pénétration; on note une baisse de l'efficacité du bitume caoutchouté dans le temps (la baisse étant exprimée en teneur de bitume-caoutchouc efficace) pour des températures de 160°C et 180°C. Cette figure démontre bien le fait que la température et le temps de chauffage du caoutchouc sont les deux principaux facteurs qui influencent la dégradation du caoutchouc lors de la fabrication. En effet, on a doublé le taux de dégradation du caoutchouc en élevant la température de 10°C.

FIGURE 20 (10)
COURBE DONNANT LA RELATION
FORCE VS ALLONGEMENT

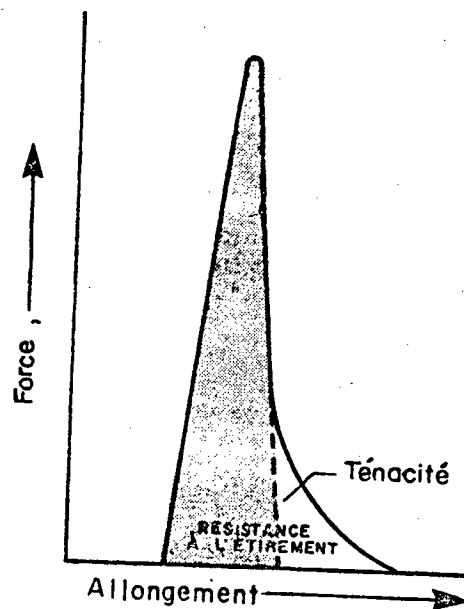


FIGURE 21 (13)

EFFETS DE LA TEMPÉRATURE ET DU TEMPS DE
CHAUFFAGE SUR LE POURCENTAGE DE CAOUTCHOUC
CONTENU DANS UN LIANT BITUMINEUX

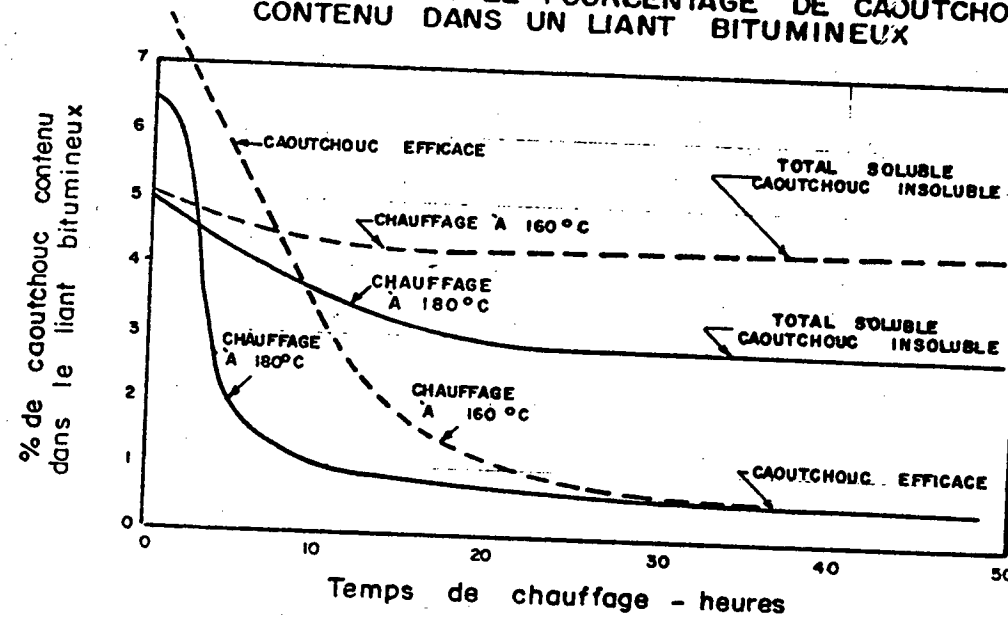
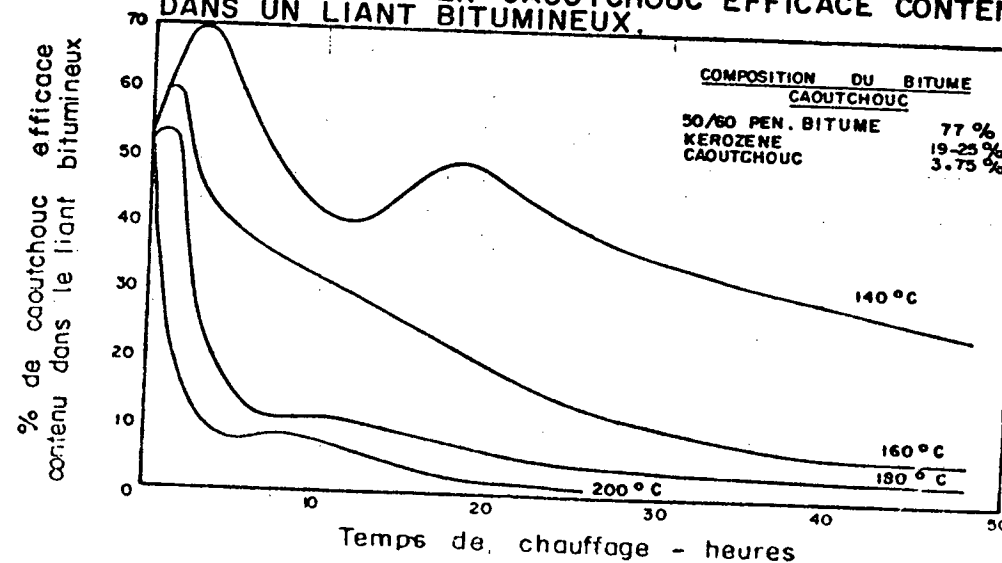


FIGURE 22 (13)
EFFETS DE LA TEMPÉRATURE ET DU TEMPS DE CHAUFFAGE
SUR LA TENUEUR EN CAOUTCHOUC EFFICACE CONTENU
DANS UN LIANT BITUMINEUX.



La figure (22) ⁽¹³⁾ donne un exemple de la teneur en caoutchouc efficace que l'on retrouve après des périodes de chauffage allant jusqu'à 50 heures et des températures variant de ^{294°F 312} 140°C à 200°C; on constate par exemple que le liant bitumineux en question utilisé dans les traitements de surface peut être conservé pendant 24 heures à une température de 140°C sans qu'il n'y ait détérioration inadmissible du caoutchouc dispersé. Par contre, si la température du liant atteint ³²³ 160°C, il doit être étendu en dedans de six heures.

5.2- Le problème de dispersion du caoutchouc dans le bitume

Il est plus difficile d'introduire dans le bitume des poudres de caoutchouc vulcanisé que des poudres de caoutchouc non vulcanisé. Le mode d'introduction des poudres de caoutchouc dans le bitume dépend de la nature de la poudre et du type de bitume (visqueux ou fluxé). Avec la poudre de caoutchouc non vulcanisé comme par exemple le Pulvatex on doit répandre celle-ci en couches minces à la surface du bitume que l'on chauffe jusqu'à une température de ^{243 320} 120 à 160°C pour le bitume visqueux ou ^{246 275} 120 à 135°C pour le bitume fluxé. Il faut s'assurer que chaque couche précédente soit bien mélangée au bitume avant d'épandre une nouvelle couche. On mélange la poudre de caoutchouc vulcanisé à un bitume visqueux de la même manière; cependant, la température du bitume avant l'introduction de la poudre de caoutchouc doit être comprise entre ^{264 356} 140 à 180°C et la durée du malaxage peut varier entre 0.5 à 8 heures. On obtient du bitume caoutchouté fluide en fluxant le bitume-caoutchouté visqueux car le régime de température exigé et la durée du malaxage ne conviennent pas au flux (14).

En général, on obtient de meilleurs liants caoutchoutés avec du latex, car son poids moléculaire est plus élevé et il se mélange et se disperse plus facilement dans le bitume (particulièrement dans l'émulsion de bitume). Cependant, avec l'émulsion afin d'empêcher le latex de mousser en présence de l'eau lors du malaxage à chaud (³⁰²150°C), on doit ajouter un produit anti-mousse au bitume. On doit introduire le latex dans l'émulsion par petites doses suivant un jet fin réparti à la surface du bitume et le malaxer de sorte à ce qu'il ne reste pas à la surface du bitume pendant plus de 30 secondes en vue d'éviter sa coagulation. Une fois le latex introduit, le mélange est refroidi jusqu'à ²⁴⁰130°C et malaxé pendant 20 minutes (14).

Le diamètre des particules de caoutchouc du latex est en moyenne 5 à 6 fois plus petit que celui des particules de bitume. On observe lors de la rupture de l'émulsion que les particules de caoutchouc se trouvent emprisonnées au sein du bitume et les particules de bitume s'accolent entre elles. Le caoutchouc ainsi mélangé est plus finement dispersé au sein du liant que dans le cas du caoutchouc granulaire, ce qui permet un gonflement meilleur et plus rapide des particules de caoutchouc et leur dispersion plus homogène (15).

Pour préparer une émulsion de bitume anionique, on utilise habituellement du latex stabilisé à l'aide d'ammoniaque. Pour les émulsions cationiques le latex est préalablement acidifié. Le délai de conservation des mélanges bitume-caoutchouc varie selon la température: à la température de la pièce, on peut les conserver pendant un temps indéterminé, cependant à ²⁴⁰120°C on peut les conserver pendant une semaine et à ³¹²200°C pendant une heure tout au plus (14).

Les recherches sur les liants caoutchoutés portent d'avantage sur la mise au point de méthodes permettant de diminuer la destruction du caoutchouc lors du malaxage, ceci dans le but d'accroître la teneur en caoutchouc efficace, et par conséquent réduire la teneur en caoutchouc brut et le coût des mélanges (14).

6- Quelques exemples d'utilisation

6.1- Revêtements bitumineux

L'adjuvant le plus répandu est le caoutchouc naturel sous forme de poudre comme le Pulvatex, le Rodorub, le Meadorub et le Harcrumb. Le Meadorub qui est légèrement vulcanisé en surface est l'adjuvant le plus utilisé dans les bétons bitumineux destinés à l'exécution d'une couche de roulement de faible épaisseur.

On peut citer un grand nombre d'exemples d'utilisation de caoutchoucs dans les mélanges, par exemple: À Boston, on a utilisé une émulsion dopée contenant 65% de bitume et 5% de caoutchouc latex G.R.-S; en France, la chaussée fissurée de la piste d'envol de l'aéroport de Chaumont, a été revêtue avec un mélange à l'émulsion de bitume comprenant 5% de latex stabilisé à l'ammoniaque; à Montréal, le revêtement du pont Papineau-Leblanc fut réalisé à l'aide d'un mélange bitume-caoutchouc dont le caoutchouc naturel utilisé était un Pulvatex.

6.2- Traitement de surface

Les liants bitume-caoutchouc contenant environ 0.4% de "caoutchouc efficace" sont les plus couramment utilisés dans les traitements de surface.

Il a été démontré (2) que l'addition de caoutchouc réduit le ressuage dans les traitements de surface, augmente leurs résistances à la déformation par temps chaud sous un trafic lourd et dense et diminue le nombre de fissures de réflexion.

L'application du liant caoutchouté présente souvent des difficultés. Il est également difficile de répandre des liants contenant plus de 0.5% de caoutchouc, et même à cette concentration, il faut toujours s'assurer que le liant peut être vaporisé sans danger de durcissement avant la vaporisation (2).

6.3- Réparation des fissures

En général, les fissures scellées à l'aide de matériaux bitumineux non caoutchoutés réapparaissent rapidement tandis que celles scellées avec un matériau bitumineux caoutchouté sont plus durables.

La poudre de caoutchouc est ajoutée au mastic d'asphalte dans le malaxeur et mélangée pendant une heure à une heure et demie à 200°C. Plusieurs essais sur route ont été effectués avec du mastic d'asphalte caoutchouté; on note en général que le mastic d'asphalte non caoutchouté additionné de gravier ou non. Un exemple type est montré sur le tableau II (2), les résultats obtenus après un et deux ans de service démontrent clairement l'avantage d'ajouter du caoutchouc dans un mastic d'asphalte.

TABLEAU II - COMPORTEMENT DES JOINTS TRAITÉS AU MASTIC APRÈS 1 AN ET 2 ANS DE SERVICE

Composition			Nombre de joints fissurés sur un total de 8	
Teneur et type de bitume	Teneur en gros agrégats -%	Type et teneur en caoutchouc - %		
14% Pénétration: 40	0	0	Après 1 an	Après 2 ans
			6	8
14% Pénétration: 40	40	0	0	2
13% Pénétration: 40	0	HARCRUMB: 1.8%	0	2
13% Pénétration: 40	40	HARCRUMB: 1.8%	0	0
13% Pénétration: 40	0	PNEU EMIETTE: 5%	0	0
13% Pénétration: 40	40	PNEU EMIETTE: 5%	1	1
15% Pénétration: 25	0	HARCRUMB: 1.8%	0	0

- (1) WELBORN, J.Y. and BABASHAK, J.F. A new Rubberized Asphalt for Roads. Journal of Highway Division ASCE, May 1958.
- (2) ROAD RESEARCH LABORATORY, Rubber in Bituminous Road Materials (Chap. 24). Bituminous Materials in Road Construction, Department of Scientific and Industrial Research, London, 1962.
- (3) MASON, P., THROWER, E.N. and SMITH, L.M. The influence of Rubber on the Brittleness and Viscosity of Bituminous Materials. Journal of Applied Chemistry, 1957, pp. 451-459.
- (4) LEWIS, R.H. and WELBORN, J.Y. The effect of various rubbers on the properties of petroleum asphalts. Public Roads, 28, no. 4, pp. 63-69, 1954.
- (5) SNYDER, W.V. and SCHMITT, S.W. Modification of Asphalt with neoprene latex. Elastomer chemicals Department, E.I. DUPONT DE NEMOURS AND CO., Report no. 15, July 1959.
- (6) PETROLEUM WEEK, Neoprene "Bids" for Asphalt Market. The McGRAW-HILL Publishing Co., Inc., Feb. 1959.
- (7) DE DECKER, H.C.J. and NIJVELD, H.A.W. Influence of Rubber additions on some mechanical properties of asphaltic bitumen. Proc. 3rd World Pet. Congress, Leides, 1951, Section VII, page 496.
- (8) THOMPSON, P.D. The Rheological properties of Bituminous materials containing natural rubber and their relation to road performance. Road Research Laboratory, vol. 1, pp. 918-932, 1962.
- (9) FISHER, H.K. Stretching highway dollars with Rubber Roads. Natural Rubber Bureau Research Laboratory, 3rd edition, 1952.
- (10) BENSON, J.R. Roads and Streets. April 1955.

- (11) THOMSON, D.C. Rubber Modifiers, Chap. 9, Bituminous Materials, Asphalts. Tars and Pitches, vol. 1, interscience Publishers, 1964.
- (12) TRAXLER, R.N. Rheology and rheological modifiers other than Elastomers, Chap. 4, Bituminous Materials, Asphalts. Tars and Pitches, vol. 1, interscience Publishers, 1964.
- (13) SZATKOWSKI, W. The determination of the total and effective rubber contents of Bitumen. Journal Soc. Chem. Ind. London.
- (14) KOREN'KOV, G.L., SAFONOVA, I.L. and JAKUBENKO, L.A. Le caoutchouc en construction routière. Laboratoire central des Ponts et Chaussées, Traduction T.31, Juillet 1968.
- (15) ARRAMBIDE, J. et DURIEZ, M. Le Caoutchouc dans la Construction des Routes. Liants Routiers et enrobés, pp. 452-455. Dunod, Paris 1959.

ANNEXE - BIBLIOGRAPHIE

Dans le but de faciliter la consultation des références celles-ci sont présentées sous trois formes:

- A - Une liste d'articles classés par ordre chronologique.
 - B - Une table des auteurs avec références à la liste d'articles classés par ordre chronologique.
 - C - Une table des sujets traités avec références aux sujets indexés.
-

A - LISTE D'ARTICLES CLASSÉS PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE

- 1) VAN ROOIJEN, J.M. *The effect of rubber upon some properties of asphaltic bitumen.* Rubber Foundation Communication No 7, Amsterdam 1938.
- 2) GOODYEAR *Synthetic rubber in roads*, 1950.
- 3) DE DECKER, H.C.J. and NIJVELD, H.A.W. *Influence of Rubber additions on some mechanical properties of asphaltic bitumen.* Proc. 3rd World Pet. Congress, Leides, 1951, Section VII, page 496.
- 4) FISHER, H.K. *Stretching highway dollars with rubber roads.* Natural Rubber Bureau Research Laboratory, 3rd edition, 1952.
- 5) LEWIS, R.H. and WELBORN, J.Y. *The effect of various rubbers on the properties of petroleum asphalts.* Publ. Rds. Washington, 28 (4), pp. 63-69, 1954.
- 6) BENSON, J.R. *Roads and Streets.* April 1955.
- 7) NIJVELD, H.A.W., DE DECKER, H.C.J. and GEESINK, H.A.O. *Mechanical and Rheological measurements on rubber bitumen and rubber asphalt mixtures.* Proc. 4th, World Pet. Rome, Section VIA, 1956.
- 8) MASON, P., THROWER, E.N. and SMITH, L.M. *The influence of rubber on the brittleness and viscosity of bituminous materials.* J. Appl. Chem. London, pp. 451-459, 1957.
- 9) *Use of synthetic rubber powder in asphalt pavement.* PP. 1-2.
- 10) WELBORN, J.Y. and BABASHAK, J.F. *A new rubberized asphalt for roads.* Proc. AM. Soc. Civil Eng., May 1958.
- 11) WESTERN OIL AND FUEL COMPANY. *Husky rubberized asphalt.* Construction Bulletin, January 1959.

- 12) PETROLEUM WEEK. *Neoprene "bids" for asphalt market*. McGraw-Hill Publications, Feb. 1959.
- 13) SCARBOROUGH, Stanley. *Neoprene modified asphalt*. Roads and Streets, April 1959.
- 14) SNYDER, W.V. and SCHMITT, S.W. *Modification of asphalt with neoprene latex*. Dupont, Report No 15, July 1959.
- 15) VOKAC, R. *Rubberized asphalt for bituminous surface treatments*. Canadian Technical Asphalt Association, vol. IV, pp. 43-48, November 1959.
- 16) SMITH, L.M. *Some viscous and elastic properties of rubberized bitumens*. J. Appl. Chem., London, vol. 10, no. 7, pp. 296-305, 1960.
- 17) THOMPSON, P.D. *The rheological properties of Bituminous materials containing natural rubber and their relation to road performance*. Paper No 25, Australian Road Research Board, vol. 1, pp. 918-932, 1962.
- 18) ROAD RESEARCH LABORATORY. *Rubber in bituminous road materials*. Chap. 24, Bituminous Materials in Road Construction, Department of Scientific and Industrial Research, London, 1962.
- 19) ROAD RESEARCH LABORATORY. *Specification for the manufacture and use of rubberized bituminous road materials and binders*. Road Note, 36, April 1964.
- 20) THOMSON, D.C. *Rubber modifiers*. Chap. 9, Bituminous Materials, Asphalts. Tars and Pitches, vol. 1, Edited by Arnold J. Hoiberg, Interscience Publishers, 1964.
- 21) TRAXLER, R.N. *Rheology and rheological modifiers other than elastomers*. Chap. 4, Bituminous Materials, Asphalts. Tars and Pitches, vol. 1, Interscience Publishers, 1964.
- 22) BARTH, J.E. *Enhancing compounds asphalts additives*. Asphalt Science and Technology, Science Publishers, 2nd Edition, 1968.

- 23) KOREN'KOV, G.L., SAFONOVA, I.L. and JAKUBENKO, L.A. *Le caoutchouc en construction routière*. Laboratoire des Ponts et Chaussées, Traduction T.31, juillet 1968.
- 24) DARTER, M.I., VOKAC, R., PETERSON, D.E. and JONES, G.E. *Synthetic rubber in asphalt experimental*. Research Unit, August 1969.
- 25) LEFEBVRE, D. *Utilisation du bitume-caoutchouc dans le revêtement du pont Papineau-Leblanc*. Lab. Ville-Marie Inc., Novembre 1971.
- 26) LANGLOIS, R. *Evaluation de quelques additifs dans le bitume*. Conférence annuelle de la Chanson Technical Asphalt Association, Vancouver, B.C., Novembre 1972.
- 27) NEWS LETTER. *Rivertex in road*. Rivertex Ltd. No. 54, pp. 1-6.
- 28) ELASTOMER CHEMICALS DEPARTMENT. *Better road with neoprene modified asphalt*. Dupont.
- 29) McRAE, J.L. and LA GRONE, B.D. *Effects of a modified reclaimed rubber and ground vulcanized rubber on the physical properties of bituminous pavement as evaluated by the gyratory testing machines*.
- 30) COUPER, G. and MORRIS, R.G. *Reclaimed rubber in seal coats and research in rubber asphalt products*.
- 31) ARRAMBIDE, J. et DURIEZ, M. *Le Caoutchouc dans la Construction des Routes*. Liants Routiers et enrobés, pp. 452-455. Dunod, Paris 1959.
- 32) SZATKOWSKI, W. *The determination of the total and effective rubber contents of Bitumen*. Journal Soc. Chem. Ind. London.

B - CLASSIFICATION D'ARTICLES PAR AUTEURS

BABASHAK, J.F.	10
BARTH, J.E.	22
BENSON, J.R.	6
COUPER, G.	30
DARTER, M.I.	24
DE DECKER, H.C.J.	3, 7
DION	25
ELASTOMER CHEMICALS DEPARTMENT	28
FISHER, H.K.	4
GEESINK, H.A.O.	7
GOODYEAR	2
JAKUBENKO, L.A.	23
JONES, G.E.	24
KOREN'KOV, G.L.	23
LANGLOIS, R.	26
LA GRONE, B.D.	29
LEFEBVRE, D.	25
LEWIS, R.H.	5
MASON, P.	8
McRAE, J.L.	29
NEWS LETTER	27
NIJVELD, H.A.W.	6, 3
PETERSON, D.E.	24
PETROLEUM WEEK	12
ROAD RESEARCH LABORATORY	18, 19
SAFONOVA, I.L.	23
SCARBOROUGH, Stanley	13
SCHMITT, S.W.	14
SMITH, L.M.	8, 16
SNYDER, W.V.	14
SZATKOWSKI, W.	32

THOMSON, P.D.	17
THOMSON, D.C.	20
THROWER, E.N.	8
TRAXLER, R.N.	21
VAN ROOIJEN, J.M.	1
VOKAC, R.	15, 24
WELBORN, J.Y.	5, 10
WESTERN OIL AND FUEL COMPANY	11

* * * * *

C - CLASSIFICATION D'ARTICLES PAR SUJETS

SUJETS			RÉFÉRENCES							
NOTES HISTORIQUES			4	17	18	20	21	23	31	
CLASSIFICATION DES CAOUTCHOUCS			1 8 15 22 29	2 9 16 23 30	3 10 17 24 31	4 11 18 25 32	5 12 19 26	6 13 20 27	7 14 21 28	
EFFETS DES CAOUTCHOUCS	MÉCANISME DE L'ACTION DU CAOUTCHOUC NON-VULCANISÉ		1	18	20	23	31			
	EFFETS SUR LES PROPRIÉTÉS DES LIANTS BITUMINEUX	PROPRIÉTÉS RHEOLOGIQUES	1 18	7 20	8 23	12 28	13	14	16	
		L'ÉLASTICITÉ	3 22	4 23	8	16	18	20	21	
EFFETS DES CAOUTCHOUCS	EFFETS SUR LES PROPRIÉTÉS DES MÉLANGES BITUMINEUX		2 23	4 24	7 27	13 29	16 31	17	20	
LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DES LIANTS BITUMINEUX CAOUTCHOUTÉS			6	20	21	26				
LES PROBLÈMES LIÉS À L'UTILISATION DES CAOUTCHOUCS DANS LES MÉLANGES BITUMINEUX	LE PROBLÈME DE DÉGRADATION		17	18	23	32				
	LE PROBLÈME DE DISPERSION		17	18	20	23	31			
QUELQUES EXEMPLES D'UTILISATION	REVÊTEMENTS BITUMINEUX		14 31	17	18	19	20	23	25	
	TRAITEMENTS DE SURFACE		17	18	19	20				
	RÉPARATION DES FISSURES		17	18	19	20				

Engineering News-Record

McGraw

SEPTEMBER 23, 1976
CONSTRUCTION WEEKLY \$1

Productivity gains offset wage hike
3rd quarterly cost roundup

Picket lines don't stop Joe Payne:
He just drives his bus right through them



F 41

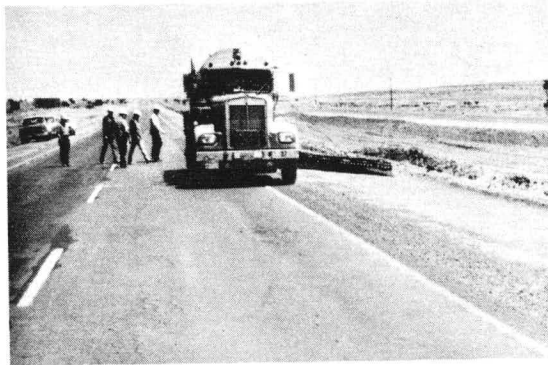




Modified distributor truck lays asphalt-rubber membrane, followed by chip spreader.



Rubber is fed into mix tank.



Spray bar extension permits sloped shoulder work.

Asphalt-rubber paving mix turns old tires into better roadways

After spearheading development of an asphalt-rubber material for highway paving for the past decade, Arizona is now showing other states how to use it. The Federal Highway Administration (FHWA) has launched demonstration programs in at least seven states this year, with as many expected next year, based on Arizona's experience. The aim is to promote use of the material, which uses granulated tire rubber in the asphalt mix, on repaving jobs.

Although more costly than conventional paving materials, the asphalt-rubber stress absorbing membrane, as it is called, lasts longer, is less brittle and is more effective in sealing cracks on deteriorated roadways, says FHWA program director Doug Brown. The material can be used as either a seal coat or interlayer.

So far asphalt-rubber has been used primarily on repaving jobs but there are prospects that it may get used for new construction. Says Gene R. Morris, research engineer for the Arizona Department of Transportation (ADOT): "We're looking into asphalt-rubber application for new highway construction

from the standpoint of providing a waterproof membrane over the subgrade. We think this has a tremendous potential." The city of Phoenix has a half-mile section of seal coat right on subgrade that has been in operation since 1970, which Morris says "has been performing beautifully." And ADOT has a 10-mile subgrade-type project scheduled for construction later this year.

Reimburse higher cost. Because of the greater cost, FHWA will reimburse states for the added cost of applying the asphalt-rubber membrane as compared to standard seal costs. FHWA is using specifications developed by ADOT for the demonstration program, which this year provided states with about \$400,000. Brown expects that figure to be about \$300,000 next year.

Two major projects using the material were completed recently in northern Arizona. Tiffany Construction Co., Inc., Phoenix, laid 20.3 miles of asphalt-rubber under a \$429,000 contract. W.R. Skousen, Inc., Mesa, placed 16.3 miles, costing \$333,000. Another major contract award is expected shortly for 13.6 miles of pavement near

the New Mexico border. The area has highly expansive clay, so work will include putting a membrane down the shoulders. Texas and Oregon have completed demonstration projects and others are under way in Alabama and Georgia.

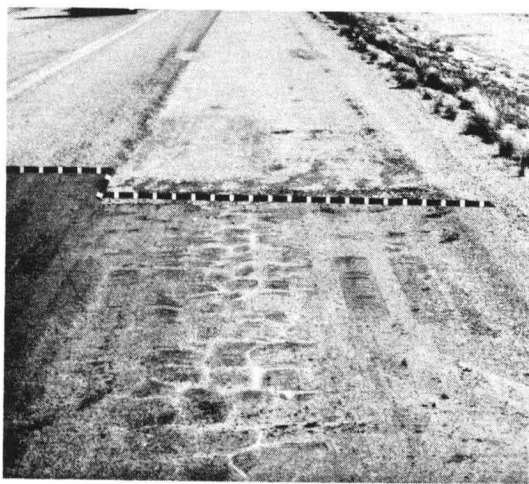
Arizona highway engineers have put in nearly 10 years of research on asphalt-rubber, including full-scale field tests. Early experiments were led by Phoenix consultant Charles H. McDonald when he was materials engineer for the city of Phoenix. Atlas Rubber Co., Inc., Los Angeles, developed the granulated tire rubber and Sahuar Petroleum & Asphalt Co., Phoenix, modified asphalt distributor trucks to handle the new mix.

ADOT prefers the term asphalt-rubber to rubber-asphalt, says ADOT senior research engineer H.G. Lansdon, whom FHWA has hired for its program to double as a consultant to states. "To say rubber-asphalt means you're changing characteristics of the asphalt. We don't feel that's the case. When granulated rubber is added to asphalt it absorbs primarily the resin portion of the asphalt and, in turn, swells to twice its size. Therefore, we feel we are asphaltizing the rubber."

Sealing cracks. ADOT has changed its paving specifications to reflect its confidence in the material. Arizona state highway engineer William N. Price recently ordered that an asphalt-rubber membrane be used as an interlayer on all projects where overlays of less than 4 in. are placed over badly cracked pavements. In fiscal 1975, ADOT applied nearly 20 million lb of ground tire rubber, counting only large road projects.

When placed as a seal coat, says ADOT's Morris, the asphalt-rubber membrane is an effective alternative to a major overlay or reconstruction because it controls reflective fatigue cracking, where fatigue cracks on the old roadway rise through the new overlay. As an interlayer, the membrane controls all reflective cracking, says Morris.

Costs temper use. Regardless of ADOT's enthusiasm over asphalt-rubber, it doesn't specify the material in all situations. "Economics enter into the picture," says Lansdon. "We don't use asphalt-rubber if an emulsified asphalt chip seal coat will serve. We only use it where the road has deteriorated to a point where a normal type of seal coat won't do the job, and when work can't be put off until money is available for a complete but more costly reconstruction. This type of seal should only be



Seal coat (top) stops reflective fatigue cracks . . .



while mix doubles as filler.

used where it will function properly and at a cost equal to or lower than other adequate solutions."

Lansdon says the total cost of the system averages 90 cents to \$1 per sq yd, depending on the quantity of material and distance from the asphalt plant to the site. Though cost comparisons are difficult to make because of many variables, asphalt-rubber costs can be 50% to nearly four times higher than conventional seal costs. But some savings of scarce and expensive asphalt and aggregates can occur because of the rubber additive, ADOT says.

Except for the asphalt distributor trucks developed by Sahuaro, equipment used to place asphalt-rubber is the same as for standard seal coats, including a chip spreader box and pneumatic tire rollers. Sahuaro so far has modified six trucks for rubber-asphalt applications.

The distributor truck has a more sophisticated mixing design, with a screw agitator that runs the entire length inside the mixing tank. The truck also mounts a boom extension to the spray bar, which allows workers to place a membrane as far as 12 ft down sloped shoulders to prevent possible moisture intrusion.

In the mix. Particles of mesh rubber tires, ground to 1/16 in. in diameter and smaller, are delivered to the site in 60-lb sacks and dumped into the truck by conveyor belt. The rubber is mixed with asphalt in a ratio of 1:3 respectively and applied at temperatures of 350 to 450 F. A solvent cuts the viscosity of the mix to prevent the material from congealing at the spray bar when it is applied. ADOT specifications call for about 0.6 gal per sq yd to ensure proper retention of the stone chip cover aggregate and to provide a membrane thick enough to prevent reflec-

tive cracking. Thickness for both seal coat and interlayer membrane is about 1/4 in.

"There is no real problem with the process," says Tiffany Construction Co. superintendent Ralph Kriese, "but it's much slower than regular seal coat." He says that adding the rubber at the jobsite and heating the mix is what takes time. "It takes an hour and a half to two hours just to get one truck ready."

Tiffany's 20-mile resurfacing job, the first time it has used asphalt-rubber, required eight 8-hour workdays. Kriese says standard seal coats would have taken only four. Despite this, says Kriese, "I think asphalt-rubber is the coming thing."

Tighter controls. One area where contractors might run into trouble is in the need for stricter enforcement of specifications, compared to regular seal coats. "Tighter control has to be exercised," says Lansdon. "In most cases where we've had trouble, it was caused by human or mechanical problems. If it's properly applied, according to our specifications, we haven't had any problems." For example, he says, because of the material's elastomeric qualities, ADOT calls for immediate placement and rolling of chips after applying the asphalt-rubber.

The key to a successful job, says Lansdon, is applying the material at relatively high mix temperatures. "Climatic considerations are the first consideration. Work performed in cool temperature must be handled differently than work during hot periods." In cool weather, he says, the application sequence has to be kept tighter.

If the asphalt-rubber mixture cools sufficiently before the chips are spread, the elasticity prevents the chips from seating properly. This later results in

stripping, or bare strips along the roadway where tires have spun chips loose.

ADOT now specifies that a light coating of sand be sprinkled over the roadway, filling voids between chips and helping them to seat. Workers spread 2 to 3 lb of sand per sq yd prior to the fourth and final roller pass.

The first rolling has to be finished within two hours of material application. Usually, three rollers are the minimum necessary for an asphalt-rubber project. Depending on spray width, two rollers move immediately behind the chip spreader while the third one follows later.

Roller tires must have a minimum pressure of 100 psi and carry 5,000-lb loading each. Because direct contact between tires and the asphalt-rubber can destroy the effect of a membrane seal coat, some contractors spread chips on bare spots from a pickup truck that follows immediately behind the spreader.

Longitudinal joints should be 4 in. wide, according to ADOT. Lap joints are used instead of the more desirable butt joints because the latter are almost impossible to place accurately, especially on curves, says Lansdon.

Sealant also. Beside serving as seal coat and interlayer, asphalt-rubber also is an effective joint and crack filler for deteriorated pavements, says ADOT. The agency has experimented with various grades of asphalt, rubber particle sizes, mixes and additives to increase resilience, adhesion and reduce mix viscosity for sealing narrow pavement cracks. Workers apply the sealant by hose from a melting kettle, where the material is heated like roofing tar.

"We've had good success with this," says Lansdon. "The only thing we aren't sure of, because we've only been into it for two years, is what the life of the sealant material is. However, we do know that it still beats the old method where emulsion is sprayed on the road and covered with sand." He says if this is repeated every six months or so that after a few years a bump develops from buildup of materials while the crack remains open.

Asphalt-rubber has also performed as a water barrier on bridge decks, says ADOT's Morris. He says experiments have turned up other applications as well, including service as membrane-encapsulated subgrades, controlling expansive clay subgrades under existing highways and providing a thin overlay on concrete pavements for improving rideability and skid resistance.

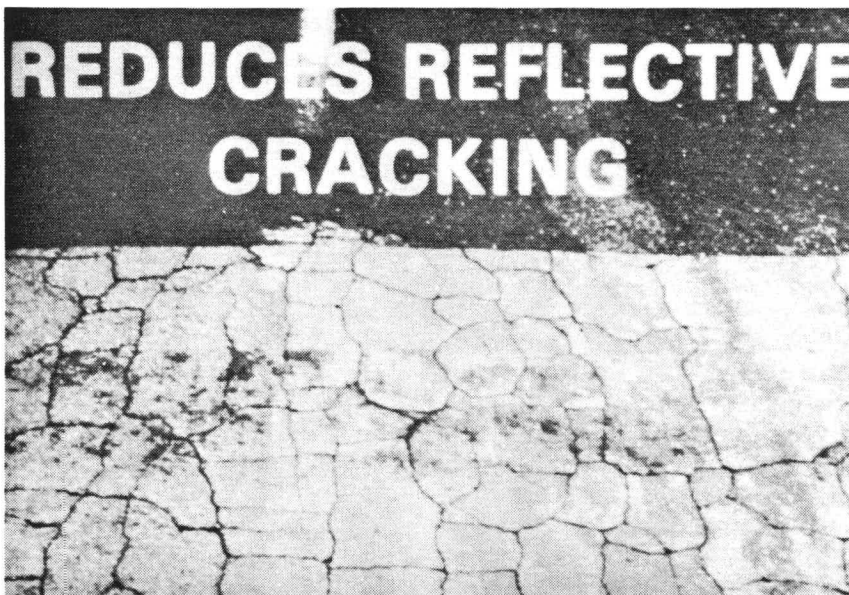
OVER-FLEX® 75% ASPHALT, 25% GROUND TIRE RUBBER

We save pavements with old tires!

Treated 1973



Photographed
in 1976



Untreated



*Reg. U.S. Pat. Off.



FOR OVER-FLEX® APPLICATION SERVICE CONTACT

Sahuaro Petroleum & Asphalt Co.

P.O. Box 6536



Phoenix, Arizona 85005



Phone (602) 252-3061

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 230 560