

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 636 340

(21) N° d'enregistrement national :

88 11825

(51) Int Cl⁵ : C 08 L 95/00; C 08 K 3/06, 13/02; E 01 C 7/00 // (C 08 L 95/00, 9:06)(C 08 K 13/02, 3:06, 5:36, 3:22).

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 9 septembre 1988.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : *ELF FRANCE, Société Anonyme dite. — FR.*

(72) Inventeur(s) : Jean-Pascal Planche ; François Travers ; Annie Zins.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 11 du 16 mars 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparus :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Marc Boillot, Société nationale Elf Aquitaine.

(54) Procédé de préparation de compositions bitume-polymère, application des compositions obtenues à la réalisation de revêtements et solution mère de polymère utilisable pour l'obtention desdites compositions.

(57) On prépare des compositions bitume-polymère en mélangeant, entre 100 °C et 230 °C, un bitume avec un copolymère de styrène et d'un diène conjugué et un agent de couplage susceptible de fournir du soufre, le copolymère et l'agent de couplage étant ajoutés au bitume soit directement soit sous la forme d'une solution mère dans une huile hydrocarbonée, puis en maintenant le tout sous agitation entre 100 °C et 230 °C pendant au moins dix minutes.

L'agent de couplage est soit constitué en associant du soufre et/ou un polysulfure d'hydrocarbyle à au moins un accélérateur de vulcanisation non donneur de soufre ou donneur de soufre ou bien consiste en au moins un accélérateur de vulcanisation donneur de soufre, la quantité d'agent de couplage utilisée étant choisie pour fournir une quantité de soufre représentant 0,5 à 10 % en poids du copolymère.

Les compositions bitume-polymère obtenues sont utilisables pour la réalisation de revêtements superficiels routiers, d'enduits et de revêtements d'étanchéité et présentent une qualité constante de propriétés.

FR 2 636 340 - A1

L'invention concerne un procédé de préparation de compositions bitume-polymère. Elle se rapporte encore à l'application des compositions obtenues à la réalisation de revêtements et en particulier de revêtements superficiels routiers, d'enrobés ou encore de revêtements d'étanchéité, et a trait également à une solution mère de polymère utilisable pour l'obtention desdites compositions.

Il est connu d'utiliser des compositions bitumineuses comme revêtements de surfaces diverses et en particulier comme enduits superficiels routiers à condition que ces compositions possèdent un certain nombre de qualités mécaniques essentielles.

Ces qualités mécaniques sont appréciées, en pratique, en déterminant, par des essais normalisés, une série de caractéristiques mécaniques, dont les plus utilisées sont les suivantes :

- . point de ramollissement, exprimé en °C et déterminé par l'essai Bille et Anneau défini par la norme NFT 66 008,
- . point de fragilité ou point de Fraass, exprimé en °C et déterminé selon la norme IP 80/53,
- . pénétration, exprimée en 1/10 de mm et déterminée selon la norme NFT 66 004,
- . caractéristiques rhéologiques en traction déterminées selon la norme NFT 46 002 et comportant les grandeurs :

- 25 Contrainte au seuil $\overline{V}_s$ en bars
- allongement au seuil $\overline{\epsilon}_s$ en %
- contrainte à la rupture $\overline{V}_r$ en bars
- allongement à la rupture $\overline{\epsilon}_r$ en %

En général, les bitumes conventionnels ne présentent pas simultanément l'ensemble des qualités requises et l'on sait depuis longtemps que l'addition de polymères variés à ces bitumes conventionnels permet de modifier favorablement les propriétés mécaniques de ces derniers et de former des compositions bitume-polymère ayant des qualités mécaniques améliorées par rapport à celles des bitumes seuls.

Les polymères susceptibles d'être ajoutés aux bitumes sont le plus souvent des élastomères tels que polyisoprène, caoutchouc butyle, polybutène, polyisobutène, copolymères éthylène/acétate de vinyle, polyméthacrylate, 5 polychloroprène, terpolymère éthylène/propylène/diène (EPDM), polynorbornène, ou encore copolymères statistiques ou séquencés de styrène et d'un diène conjugué.

Parmi les polymères ajoutés aux bitumes, les copolymères statistiques ou séquencés de styrène et d'un diène conjugué 10 et notamment de styrène et de butadiène ou de styrène et d'isoprène sont particulièrement efficaces car ils se dissolvent très facilement dans les bitumes et leur confèrent d'excellentes propriétés mécaniques et dynamiques et notamment de très bonnes propriétés de viscoélasticité.

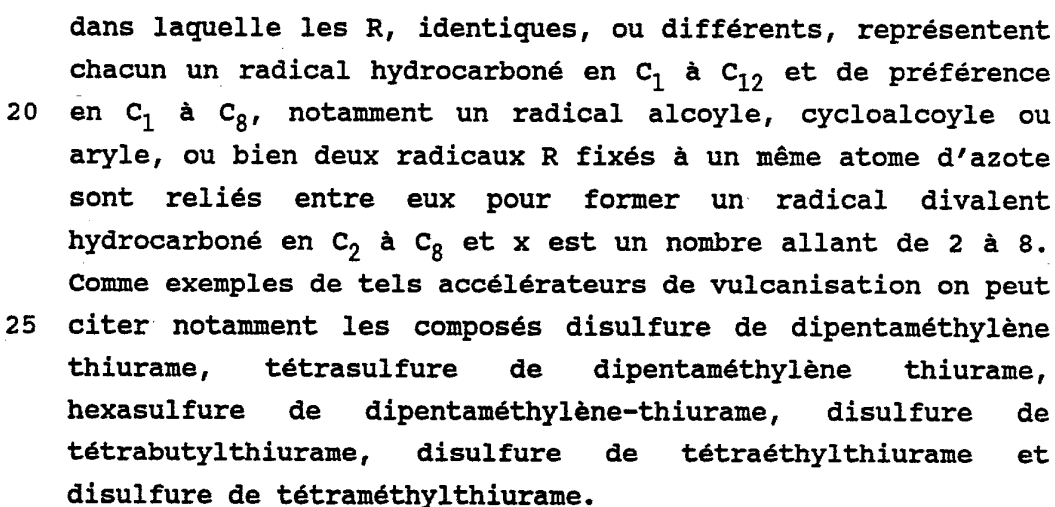
15 On sait encore que la stabilité des compositions bitume-polymère peut être améliorée par couplage chimique du polymère au bitume, cette amélioration permettant en outre d'élargir le domaine d'utilisation des compositions bitume-polymère.

20 Des compositions bitume-polymère pour lesquelles un copolymère statistique ou séquencé de styrène ou d'un diène conjugué tel que butadiène ou isoprène est couplé au bitume peuvent être préparées en faisant appel aux procédés décrits dans les citations FR-A-2376188; FR-A-2429241 et FR-A- 25 2528439. Dans ces procédés, on incorpore ledit copolymère et une source de soufre au bitume, en opérant entre 130°C et 230°C et sous agitation, puis l'on maintient le mélange ainsi formé sous agitation et à une température entre 130°C et 230°C pendant au moins quinze minutes. La source de soufre 30 consiste en soufre chimiquement non lié (FR-A-2376188 et FR-A-2429241) ou en un polysulfure (FR-A-2528439) et l'incorporation du copolymère et de la source de soufre au bitume est réalisée soit par addition directe desdits ingrédients au bitume (FR-A-2376188 et FR-A-2528439) ou bien 35 en préparant tout d'abord une solution mère du copolymère et de la source de soufre dans une huile hydrocarbonée, puis en ajoutant ladite solution mère au bitume (FR-A-2429241 et FR-A-2528439).

On a maintenant trouvé que l'on pouvait encore améliorer substantiellement les caractéristiques mécaniques et la stabilité des compositions bitume-polymère pour lesquelles un copolymère séquencé de styrène et d'un diène conjugué, 5 notamment butadiène et isoprène, est couplé au bitume sous l'action d'un agent de couplage jouant le rôle de donneur de soufre, si ledit agent de couplage renfermait au moins un accélérateur de vulcanisation jouant directement le rôle de donneur de soufre ou complétant l'action de ce dernier. En 10 particulier, les caractéristiques mécaniques statiques, déterminées notamment par essai de traction, sont améliorées à basse température et sont conservées dans une large mesure après vieillissement simulé. Cette conservation des caractéristiques constitue un gage de constance de la qualité 15 des compositions bitume-polymère, qui sont le plus souvent préparées par campagne et donc stockées à haute température pendant une durée plus ou moins longue avant utilisation.

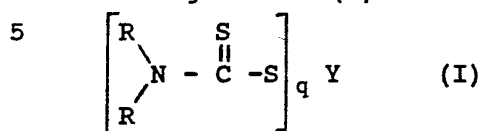
L'invention a donc pour objet un procédé de préparation de compositions bitume-polymère, dans lequel on réalise, à 20 une température comprise entre 100°C et 230°C, un mélange de bitume avec un copolymère séquencé de styrène et d'un diène conjugué, utilisé en quantité allant de 0,5 à 15 % en poids du bitume, et un agent de couplage renfermant un composé donneur de soufre et l'on maintient le mélange obtenu, dans 25 ledit intervalle de température et sous agitation, pendant une durée d'au moins dix minutes, ledit procédé se caractérisant en ce que l'agent de couplage est choisi parmi les produits M, qui renferment, en poids, de 1 % à 100 % d'une composante A consistant en un ou plusieurs 30 accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre et de 99 % à 0 % d'une composante B consistant en un ou plusieurs agents

Les accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre peuvent être choisis, en particulier, parmi les polysulfures de thiurame de formule générale

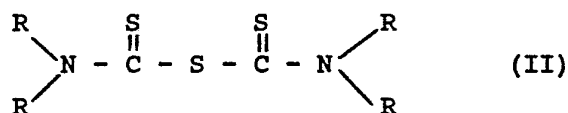


30 Comme autres exemples d'accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre on peut encore citer les disulfures d'alcoylphénols et les disulfures tels que disulfure de morpholine et N, N'-disulfure de caprolactame.

Les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre peuvent être des composés soufrés choisis notamment parmi le mercaptobenzothiazole et ses dérivés, les dithiocarbamates de formule générale (I)



dans laquelle les R, identiques ou différents, ont la signification donnée plus haut, Y représente un métal et q désigne la valence de Y, et les monosulfures de thiurame de formule générale (II)



15 dans laquelle les R, identiques ou différents, ont la signification donnée plus haut.

Des exemples d'accélérateurs de vulcanisation du type des mercaptobenzothiazoles peuvent être tels que mercaptobenzothiazole, benzothiazole thiolate de zinc, benzothiazole thiolate de sodium, disulfure de benzothiazyle, benzothiazole thiolate de cuivre, N, N'-diéthylthiocarbamyle sulfure de benzothiazyle et les benzothiazolesulfénamides telles que 2-benzothiazolediéthylsulfénamide, 2-benzothiazolepentaméthylènesulfénamide, 2-benzothiazolecyclohexylsulfénamide, N-oxydiéthylène 2-benzothiazolesulfénamide, N-oxydiéthylène 2-benzothiazolethiosulfénamide, 2-benzothiazoledicyclohexylsulfénamide, 2-benzothiazole-diisopropylsulfénamide, 2-benzothiazole-tert-butylsulfénamide, N-oxydiéthylène-thiocarbamyl N'-oxydiéthylène sulfénamide.

30 Parmi les accélérateurs de vulcanisation du type des dithiocarbamates de formule générale (I), on peut citer en particulier les composés diméthyldithiocarbamate de bismuth, diamyldithiocarbamate de cadmium, diéthyldithiocarbamate de cadmium, diméthyldithiocarbamate de cuivre, dibutyldithiocarbamate de zinc, diamyldithiocarbamate de plomb, diméthyldithiocarbamate de plomb, pentaméthylènedithiocarbamate de

plomb, diméthylldithiocarbamate de sélénium, diéthylldithiocarbamate de tellure, diamylldithiocarbamate de zinc, dibenzylldithiocarbamate de zinc, diéthylldithiocarbamate de zinc, diméthylldithiocarbamate de zinc et
5 pentaméthylènedithiocarbamate de zinc.

A titre d'exemples de monosulfures de thiurame répondant à la formule générale (II), on peut citer les composés tels que monosulfure de dipentaméthylènthiurame, monosulfure de tétrabutylthiurame, monosulfure de tétraéthylthiurame et
10 monosulfure de tétraméthylthiurame.

D'autres accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre, qui n'appartiennent pas aux familles définies plus haut, peuvent être également utilisés. De tels accélérateurs de vulcanisation peuvent être tels que diphényl-1,3 guani-
15 dine, diorthotolylguanidine et oxyde de zinc, ce dernier composé pouvant être employé éventuellement en présence d'acides gras du type acide stéarique, acide éthylcaproïque, acide laurique.

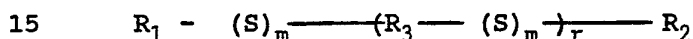
Avantageusement les accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre utilisables selon l'invention sont tels que
20 disulfure de tétraméthylthiurame, disulfure de tétraéthylthiurame et tétrasulfure de dipentaméthylènthiurame et les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre sont tels que 2-mercaptobenzothiazole, disulfure de dibenzothiazyle, benzothiazolethiolate de zinc, 2-benzothiazole-
25 cyclohexylsulfénamide, N-oxydiéthylène 2-benzothiazole-sulfénamide, 2-benzothiazole-diisopropylsulfénamide, 2-benzothiazole-dicyclohexylsulfénamide, diméthylldithiocarbamate de zinc, diéthylldithiocarbamate de zinc, dibutylldithiocarbamate
30 de zinc, monosulfure de tétraméthylthiurame, diorthotolylguanidine, disulfure de morpholine et oxyde de zinc.

Parmi les divers mélanges susceptibles de constituer des agents de couplage selon l'invention, on préfère ceux qui conduisent à une vulcanisation rapide et qui limitent le risque de prévulcanisation.

- 5 Comme indiqué précédemment, la composante B de l'agent de couplage consiste en un ou plusieurs agents de vulcanisation choisis parmi le soufre élémentaire et les polysulfures d'hydrocarbyle.

Avantageusement le soufre utilisé est du soufre en fleur
10 et de préférence du soufre cristallisé orthorhombique connu sous le nom de soufre alpha.

Les polysulfures d'hydrocarbyle susceptibles d'être utilisés comme agent de vulcanisation dans la composante B de l'agent de couplage répondent à la formule générale



- dans laquelle R_1 et R_2 désignent chacun un radical hydrocarboné monovalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} ou sont reliés entre eux pour constituer un radical hydrocarboné divalent en C_2 à C_{20} , saturé ou insaturé, formant un cycle avec
20 les autres groupements d'atomes associés dans la formule, R_3 est un radical hydrocarboné divalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} , les $-(S)_m$ - représentent des groupements divalents formés chacun de m atomes de soufre, les m pouvant être différents de l'un desdits groupements à l'autre et désignant
25 des nombres entiers allant de 1 à 6 avec au moins l'un des m égal ou supérieur à 2, et r représente un nombre entier prenant les valeurs de zéro à 10.

- Dans la formule précitée, les radicaux hydrocarbonés monovalents R_1 et R_2 en C_1 à C_{20} ainsi que le radical hydrocarboné divalent R_3 en C_1 à C_{20} sont choisis notamment parmi
30 les radicaux aliphatiques, alicycliques ou aromatiques. Lorsque les radicaux R_1 et R_2 sont reliés entre eux pour constituer un radical hydrocarboné divalent en C_1 à C_{20} formant un cycle avec les autres groupements d'atomes associés
35 dans la formule, ledit radical divalent est

similaire au radical R et peut être également du type aliphatique, alicyclique, ou aromatique. En particulier les radicaux R_1 et R_2 sont identiques et choisis parmi les radicaux alcoyles en C_1 à C_{20} , par exemple éthyle, propyle, hexyle, octyle, nonyle, décyle, dodécyle linéaire, tertio-dodécyle, hexadécyle, octadécyle et les radicaux cycloalcoyles et aryles en C_6 à C_{20} , notamment benzyle, phényle, tolyle, cyclohexyle, tandis que le radical R_3 ou le radical divalent formé par la réunion de R_1 et R_2 sont choisis parmi les radicaux alcoylènes en C_1 à C_{20} ou les radicaux cycloalcoylènes ou arylènes, notamment phénylène, tolylène, cyclohexylène, en C_6 à C_{20} .

Des polysulfures utilisables suivant l'invention sont en particulier ceux définis par la formule



dans laquelle R_1 et R_2 désignent chacun un radical hydrocarboné monovalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} ou sont reliés entre eux pour former un radical divalent R_3 en C_1 à C_{20} , R_1 , R_2 et R_3 ayant les significations précédentes, $(S)_n$ - représente un groupement divalent formé par un enchaînement de n atomes de soufre, n étant un nombre entier allant de 2 à 6.

Des polysulfures préférés répondent à la formule générale

$R_4 - (S)_p - R_4$, dans laquelle R_4 désigne un radical alcoyle en C_6 à C_{16} , et $(S)_p$ - représente un groupement divalent formé par un enchaînement de p atomes de soufre, p étant un nombre entier allant de 2 à 5. Des exemples de tels polysulfures sont notamment disulfure de dihexyle, disulfure de dioctyle, disulfure de didodécyle, disulfure de diterdiododécyle, disulfure de dihexadécyle, trisulfure de dihexyle, trisulfure de dioctyle, trisulfure de dinonyle, trisulfure de diterdiododécyle, trisulfure de dihexadécyle, tétrasulfure de dihexyle, tétrasulfure de dioctyle, tétrasulfure de dinonyle, tétrasulfure de diterdiododécyle, tétrasulfure de dihexadécyle, pentasulfure de dihexyle, pentasulfure de dioctyle, pentasulfure de dinonyle, pentasulfure de diterdiododécyle, pentasulfure de dihexadécyle.

D'autres polysulfures, qui peuvent être utilisés suivant l'invention, sont par exemple tels que trisulfure de diphé-

nyle, trisulfure de dibenzyle, tétrasulfure de diphenyle, tétrasulfure d'orthotolyle, tétrasulfure de dibenzyle, pentasulfure de dibenzyle, pentasulfure de diallyle, tétraméthyl-tétrathiane.

5 Le bitume, qui constitue la partie majoritaire des compositions bitume-polymère suivant l'invention, est choisi parmi les divers bitumes ayant une pénétration, définie suivant la norme NFT 66004, comprise entre 5 et 500 et de préférence entre 20 et 400. De tels bitumes peuvent être, en particulier,
10 lier, des bitumes de distillation directe ou de distillation sous pression réduite, ou encore des bitumes soufflés ou semi-soufflés, ayant une pénétration comprise dans les intervalles précités.

Le copolymère de styrène est d'un diène conjugué, utilisé
15 dans la préparation de la composition bitume-polymère, est choisi avantageusement parmi les copolymères séquencés de styrène et de butadiène, de styrène et d'isoprène, de styrène et de chloroprène, de styrène et de butadiène carboxylé, et de styrène et d'isoprène carboxylé. Le copolymère de styrène
20 et de diène conjugué, et en particulier chacun des copolymères précités, a une teneur pondérale en styrène allant de préférence de 15 % à 40 %. La masse moléculaire viscosimétrique moyenne du copolymère de styrène et de diène conjugué, et en particulier celle des copolymères mentionnés ci-dessus,
25 peut être comprise avantageusement entre 30.000 et 300.000 et se situe de préférence entre 70.000 et 200.000.

Le copolymère de styrène et de diène conjugué est choisi de préférence parmi les copolymères di-ou triséquencés de styrène et de butadiène, de styrène et d'isoprène, de styrène
30 et de butadiène carboxylé, de styrène et d'isoprène carboxylé ayant des teneurs en styrène et des masses moléculaires situées dans les intervalles définis précédemment.

La quantité préférée de copolymère ajoutée au bitume est comprise entre 0,7 et 10 % en poids du bitume.

Dans une forme préférée de mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, le copolymère et l'agent de couplage sont incorporés au bitume sous la forme d'une solution mère de ces deux produits dans un solvant consistant en une huile hydrocarbonée, qui présente un intervalle de distillation à pression atmosphérique, déterminé selon la norme ASTM D 86-67, compris entre 100°C et 450°C et situé plus particulièrement entre 150°C et 370°C.

Cette huile hydrocarbonée, qui peut être notamment une coupe pétrolière de caractère aromatique, une coupe pétrolière de caractère naphthéno-paraffinique, une coupe pétrolière de caractère paraffinique, une coupe pétrolière de caractère naphthéno-aromatique, une huile de houille ou encore une huile d'origine végétale, est suffisamment "lourde" pour limiter l'évaporation au moment de l'addition de la solution mère au bitume et en même temps suffisamment "légère" pour être éliminée au maximum après répandage de la composition bitume-polymère la contenant de manière à retrouver les mêmes propriétés mécaniques qu'aurait présentées, après répandage à chaud, la composition bitume-polymère préparée sans faire appel à la technique de la solution mère.

La solution mère est préparée par mise en contact des ingrédients la composant, à savoir huile hydrocarbonée servant de solvant, copolymère, et agent de couplage, sous agitation, à des températures comprises entre 20 et 170°C et plus particulièrement entre 40 et 120°C, pendant un temps suffisant, par exemple d'environ 30 minutes à environ 90 minutes, pour obtenir une dissolution complète du copolymère et de l'agent de couplage dans l'huile hydrocarbonée.

Les concentrations respectives du copolymère et de l'agent de couplage dans la solution mère peuvent varier assez largement en fonction notamment de la nature de l'huile hydrocarbonée utilisée pour dissoudre le copolymère et l'agent de couplage. Ainsi les quantités respectives de copolymère et d'agent de couplage peuvent représenter avantageusement 5 % à 40 % et 0,02 à 15 % du poids de l'huile hydrocarbonée. Une solution mère préférée renferme, comptés en poids de l'huile hydrocarbonée employée comme solvant, 10 à 35 % de copolymère et 0,1 à 5 % d'agent de couplage.

Lorsque les compositions suivant l'invention sont formées directement à partir des ingrédients bitume, copolymère, et agent de couplage, on opère de préférence en mettant tout d'abord en contact le copolymère avec le bitume, dans les proportions choisies, à une température comprise entre 100°C et 230°C et sous agitation, pendant une durée suffisante, généralement de l'ordre de quelques dizaines de minutes à quelques heures, pour former un mélange homogène, puis on ajoute l'agent de couplage au mélange obtenu et maintient le tout sous agitation à une température comprise entre 100°C et 230°C, par exemple correspondant à la température de mise en contact du copolymère avec le bitume, pendant une durée au moins égale à 10 minutes, et généralement allant de 10 à 90 minutes, pour permettre à l'agent de couplage de libérer du soufre radicalaire et au soufre radicalaire ainsi produit d'initier d'une part le greffage du copolymère au bitume et d'autre part le pontage des chaînes dudit copolymère entre elles.

Les quantités de copolymère mise en contact avec le bitume et d'agent de couplage ajoutée ensuite au mélange homogène de bitume et dudit copolymère sont choisies pour être comprises dans les intervalles définis précédemment pour ces quantités.

Pour préparer les compositions bitume-polymère suivant l'invention en faisant appel à la technique de la solution mère, on mélange la solution mère du copolymère et de l'agent de couplage avec le bitume, en opérant à une température comprise entre 100°C et 230°C et sous agitation, ceci étant effectué par exemple en ajoutant la solution mère au bitume maintenu sous agitation à la température entre 100°C et 230°C, puis on maintient le mélange résultant sous agitation à une température comprise entre 100°C et 230°C, par exemple à la température utilisée pour le mélange de la solution mère au bitume, pendant une durée au moins égale à 10 minutes, et généralement allant de 10 à 90 minutes, pour permettre, par le biais de l'agent de couplage, le greffage du copolymère aux asphaltènes du bitume et le pontage des chaînes dudit copolymère entre elles.

La quantité de solution mère mélangée au bitume est choisie pour fournir les quantités désirées, par rapport au bitume, de copolymère et d'agent de couplage lesdites quantités étant dans les fourchettes définies précédemment.

- 5 Une forme de mise en oeuvre particulièrement préférée pour la préparation de compositions bitume-polymère suivant l'invention par la technique de la solution mère consiste à mettre en contact, à une température comprise entre 100°C et 230°C et sous agitation, de 80 à 95 % en poids du bitume avec
10 20 à 5 % en poids de la solution mère, cette dernière renfermant, en poids de l'huile hydrocarbonée servant de solvant, 10 à 35 % de copolymère de styrène et de diène conjugué et 0,1 à 5 % d'agent de couplage, puis à maintenir le mélange ainsi obtenu sous agitation à une température comprise entre
15 100°C et 230°C, et de préférence à la température utilisée pour la mise en contact du bitume avec la solution mère, pendant une durée au moins égale à 10 minutes, et de préférence comprise entre 10 et 60 minutes.

- Les compositions de bitume-polymère obtenues par le
20 procédé suivant l'invention sont utilisables pour la réalisation de revêtements divers, et en particulier de revêtements superficiels routiers. Pour cette application notamment, les compositions bitume-polymère de l'invention préparées par la technique de la solution mère sont tout
25 particulièrement adaptées, car elles sont directement utilisables par les moyens classiques de répandage.

L'invention est illustrée par les exemples suivants donnés à titre non limitatif.

- Les caractéristiques rhéologiques et mécaniques des bitumes ou des compositions bitume-polymère auxquelles on fait
30 référence dans ces exemples sont celles définies précédemment, à savoir, pénétration, point de ramollissement, point de Fraas et caractéristiques rhéologiques par traction.

EXEMPLE 1 :

- 35 Préparation d'une composition bitume-polymère témoin par incorporation directe du copolymère et de l'agent de couplage au bitume.

En opérant à 170°C sous agitation, on mélangeait 1.000 parties en poids d'un bitume de distillation directe ayant une pénétration de 82, un point de ramollissement Bille et Anneau de 48°C, un point de Fraas égal à - 18,5°C et une viscosité cinématique à 160°C de $1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ avec 31 parties en poids d'un copolymère diséquencé de styrène et de butadiène présentant une masse moléculaire moyenne viscosimétrique égale à environ 75.000 et renfermant 25 % en poids de styrène.

Après 3 heures 10 minutes de mélange sous agitation, on obtenait une masse homogène.

A cette masse maintenue à 170°C, on ajoutait alors 1 partie en poids de soufre cristallisé et on agitait encore l'ensemble pendant 60 minutes pour former la composition bitume-polymère.

Dans le tableau I on donne les principales caractéristiques de la composition bitume-polymère ainsi obtenue avant et après l'avoir soumise à l'essai de vieillissement dit "Rolling Film Oven Test" défini dans la norme ASTM D 2872. Les compositions bitume-polymère avant et après essai de vieillissement sont désignées respectivement par "Produit Ia1" et "Produit Ia2".

Le tableau I donne également les caractéristiques correspondantes du bitume de départ avant et après l'essai de vieillissement (respectivement "Produit Ib1" et "Produit Ib2").

En se reportant aux valeurs inscrites au tableau I, on peut voir que l'utilisation d'un agent de couplage constitué de soufre cristallisé conduit à une composition bitume-polymère, dont les caractéristiques élastomériques la différencient nettement du bitume (comparer les résultats de l'essai de traction). Par ailleurs, la stabilité au vieillissement de la composition bitume-polymère est améliorée par rapport à celle observée pour le bitume pur.

TABLEAU I

Caractéristiques Produit	PENETRATION à 25°C (1/10 mm)	POINT DE ramollissement B & A (°C)	POINT DE Fraas (°C)	ESSAI DE TRACTION					
				TEMP. (°C)	VIT. mm/mn	V _s bars	V _r bars	ε _s %	ε _r %
I a 1	67	57	- 19,5	20	500	2,3	0,5	23	>900
				5	500	20	5,6	15	330
I a 2	49	59	- 17	20	500	4,4	1,8	20	>900
				5	500	2 5	9,1	13	180
I b 1	82	48	- 18,5	20	500	1,2	0	15	>900
				5	500	FRAGILE			
I b 2	51	50	- 15	5	500	1,8	0	15	>900
				5	500	FRAGILE			

EXEMPLE 2 :

Préparation d'une composition bitume-polymère selon l'invention par incorporation directe du copolymère et de l'agent de couplage au bitume.

5 On opérait comme décrit dans l'exemple 1 en utilisant toutefois à titre d'agent de couplage un mélange de 0,8 partie en poids de soufre cristallisé et de 0,2 partie en poids d'un accélérateur de vulcanisation donneur de soufre consistant en disulfure de tétraméthylthiurame.

10 Dans le tableau II on donne, pour les compositions bitume-polymère obtenues dans les exemples 1 et 2, des caractéristiques analogues à celles figurant dans le Tableau I. Les mêmes notations symbolisent les caractéristiques correspondant aux compositions bitume-polymère avant et après
15 l'essai de vieillissement.

Comme il ressort des résultats présentés au tableau II, l'utilisation d'un accélérateur de vulcanisation donneur de soufre mélangé au soufre cristallisé pour constituer l'agent de couplage conduit à l'obtention d'une composition bitume-
20 polymère présentant des caractéristiques élastomériques substantiellement améliorées, notamment à basse température, par rapport à celles observées pour la composition bitume-polymère témoin préparée en faisant appel à un agent de couplage consistant seulement en soufre cristallisé. Par
25 ailleurs, la stabilité au vieillissement de la composition bitume-polymère selon l'invention est nettement améliorée par rapport à celle de la composition bitume-polymère témoin.

TABLEAU II

Caractéristiques Produit	PENETRATION à 25°C (1/10 mm)	POINT DE ramollissement B & A (°C)	POINT DE Fraas (°C)	ESSAI DE TRACTION					
				TEMP. (°C)	VIT. mm/mn	σ_s bars	σ_r bars	ϵ_s %	ϵ_r %
I a 1	67	57	- 19,5	20	500	2,3	0,5	23	>900
				5	500	20	5,6	15	330
I a 2	49	59	- 17	20	500	4,4	1,8	20	>900
				5	500	25	9,1	13	180
II a 1	64	56	- 23	20	500	3,1	1,3	25	>900
				5	500	23	9,5	22	>900
II a 2	44	63	- 18	20	500	3,3	1,3	20	>900
				5	500	22	9,8	18	550

EXEMPLES 3 A 7

Préparations de compositions bitume-polymère selon l'invention par incorporation directe du copolymère et de l'agent de couplage au bitume.

5 On opérait comme décrit dans l'exemple 2 avec toutefois certaines variations qui sont définies ci-après, les autres conditions opératoires étant celles de l'exemple 2.

Dans l'exemple 3, l'agent de couplage était constitué d'un mélange de 0,2 partie en poids de disulfure de tétraméthylthiurame et de 0,7 partie en poids de soufre cristallisé
10 et la température était égale à 160°C.

Dans l'exemple 4, l'agent de couplage était formé d'un mélange de 0,2 partie en poids d'un accélérateur de vulcanisation non donneur de soufre consistant en
15 2-benzothiazoledicyclohexylsulfénamide et de 0,8 partie en poids de soufre cristallisé et la température de réaction était égale à 180°C.

Dans l'exemple 5, l'agent de couplage était constitué d'un mélange de 0,15 partie en poids d'un accélérateur de
20 vulcanisation donneur de soufre consistant en disulfure de morpholine et de 0,75 partie en poids de soufre cristallisé, la réaction étant conduite à 140°C.

Dans l'exemple 6, l'agent de couplage était formé d'un mélange de 0,2 partie en poids de deux accélérateurs de vul-
25 canisation non donneurs de soufre, à savoir 2-mercaptobenzothiazole et diméthyldithiocarbamate de zinc, utilisés en quantité pondérales égales et de 0,8 partie en poids de soufre cristallisé, la température de réaction étant maintenue à 140°C.

30 Dans l'exemple 7, l'agent de couplage était constitué d'un mélange de 2 parties en poids d'un accélérateur de vulcanisation donneur de soufre consistant en tétrasulfure de dipentaméthyléthiurame et de 0,6 partie en poids d'un accélérateur de vulcanisation non donneur de soufre consistant en
35 oxyde de zinc, la réaction de couplage étant mise en oeuvre à 140°C.

On donne dans le tableau III les caractéristiques des compositions bitume-polymère ainsi obtenues, avant et après les avoir soumises à l'essai de vieillissement.

Les compositions bitume-polymère avant vieillissement sont désignées par "Produit P.a.1", tandis que les compositions bitume-polymère correspondantes après vieillissement sont désignées par "Produit P.a.2", P 5 représentant le numéro de l'exemple en chiffre romain.

TABLEAU III

Caractéristiques Produit	PENETRATION A 25°C (1/10 mm)	POINT DE ramollissement B & A (°C)	POINT DE Fraas (°C)	ESSAI DE TRACTION					
				TEMP. (°C)	VIT. mm/mn	V _r bars	V _r bars	E _s %	E _r %
III a 1	67	58	- 26	20	500	2,1	0,7	23	>900
				5	500	18	6,8	22	>900
III a 2	40	65	- 19	20	500	4,0	2,0	29	>900
				5	500	21	9,1	27	340
IV a 1	66	57	- 23	20	500	2,3	0,6	18	>900
				5	500	19	5,1	15	>900
IV a 2	43	62	- 18	20	500	4,2	1,9	28	>900
				5	500	23	9,4	25	380
V a.1	64	53	- 20	20	500	2,5	0,7	25	>900
				5	500	21	6,2	20	>900
V a.2	43	65	- 18	20	500	4,4	1,9	29	>900
				5	500	24	9,3	22	220
VI a.1	59	56	- 16	20	500	2,4	0,9	23	>900
				5	500	23	7,5	22	>900
VI a.2	41	63	- 14	20	500	4,4	1,95	30	>900
				5	500	29	10	16	210
VII a.1	60	57	- 22	20	500	2,7	1,3	28	>900
				5	500	16	4,6	23	>900
VII a.2	42	64	- 17	20	500	4,7	1,5	26	>900
				5	500	23	9,9	25	410

EXEMPLE 8

Préparation d'une composition bitume-polymère témoin par la technique de la solution mère.

a - Préparation de la solution mère :

- 5 On opérait dans un réacteur en acier inoxydable muni d'un agitateur et d'une double enveloppe susceptible d'être parcourue par un fluide caloporteur.

L'huile hydrocarbonée utilisée comme solvant pour former la solution mère était une coupe pétrolière de caractère
10 naphténo/aromatique présentant les caractéristiques suivantes :

- . point initial de distillation ASTM égal à 176°C
- . point final de distillation ASTM égal à 352°C (mesurés suivant la norme ASTM D 86-67)
- 15 . point éclair (norme Luchaire NF T 60103) de 79°C
- . masse volumique (norme ASTM D 1657-64) égale à 0,956

On introduisait dans le réacteur 233 parties en poids de la coupe pétrolière et chauffait cette coupe pétrolière, tout en l'agitant, jusqu'à une température d'environ 100°C par
20 circulation d'un fluide chaud dans la double enveloppe du réacteur.

En maintenant cette température et l'agitation, on introduisait alors dans le réacteur 2 parties en poids de soufre cristallisé et 54 parties en poids d'une poudre, antimottée
25 par 2 % en poids de silice, d'un copolymère diséquencé de styrène et de butadiène renfermant en poids 25 % de styrène et possédant une masse moléculaire moyenne viscosimétrique d'environ 75.000.

Après une heure d'agitation à la température d'environ
30 100°C, on obtenait une solution homogène et fluide à température ordinaire caractérisée par les valeurs suivantes de viscosité cinématique :

- . viscosité cinématique mesurée à 50°C : $12,10 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- . viscosité cinématique mesurée à 100°C : $2,92 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- 35 Cette solution constituait la solution mère utilisée pour la préparation de la composition bitume-polymère.

b - Préparation de la composition bitume-polymère

Dans une cuve équipée d'agitateurs et pourvue de réchauffeurs à vapeur, on pompait à 170°C, 1.700 parties d'un bitume de distillation directe présentant les propriétés physiques initiales suivantes :

- . point de ramollissement (essai B & A) : 48°C
- . point de Fraass : - 18,5°C
- . pénétration : 82 1/10 mm
- . viscosité cinématique à 160°C : $1,70 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

10 Au contenu de la cuve, maintenu à 170°C sous agitation, on ajoutait ensuite 300 parties de la solution mère préparée comme décrit ci-dessus.

Après 30 minutes d'agitation à la température de 170°C, on obtenait une composition fluide bitume-polymère présentant
15 une viscosité dynamique à 160°C égale à 0,098 Pa.s, c'est-à-dire une viscosité comparable à celle d'un bitume ayant une pénétration dans l'intervalle 180-220, et pouvant être chargée directement dans une répandeuse moyenne pression classique.

20 Dans le tableau IV on donne les propriétés de la composition bitume-polymère ainsi obtenue avant et après l'avoir soumise à un traitement thermique consistant à porter à 160°C dans une étuve un récipient métallique hermétique contenant la composition bitume-polymère et à maintenir ledit récipient
25 à cette température pendant 60 jours, cet essai permettant de simuler l'évolution du produit pendant un stockage prolongé. La composition bitume-polymère est désignée par "Produit VIII.a.1" avant traitement thermique et par "Produit VIII.a.2" après traitement thermique.

30 Le tableau IV montre également, à titre de comparaison, avant et après le traitement thermique précité, les caractéristiques correspondantes du bitume de départ fluidifié par 12 % en poids, par rapport au bitume, du solvant utilisé pour constituer la solution mère ("Produit VIII.b.1" et "Produit
35 VIII.b.2" respectivement), et d'une composition bitume-polymère préparée de manière similaire à celle décrite dans l'exemple 8 mais en omettant le soufre cristallisé ("Produit VIII.c.1" et "Produit VIII.c.2").

Dans la désignation du produit, les 1 et 2 définissent les compositions bitume-polymère respectivement avant et après traitement thermique.

TABLEAU IV

Caractéristiques Produit	Viscosité (Rheomat) à 160°C (Poise)	Pseudo Viscosité (s)	ESSAI DE TRACTION					
			TEMP. (°C)	VIT. mm/mm	V _s bars	V _r bars	ε _s %	ε _r %
VIII a 1	1,01	100	- 10	500	5,6	1,6	15	>900
VIII a 2	1,2	114	- 10	500	4,1	2,6	20	>900
VIII b 1	0,7	60	- 10	500	FRAGILE			
VIII b 2	0,85	80	- 10	500	FRAGILE			
VIII.C.1	0,81	84	- 10	500	6,3	0	15	300
VIII.C.2	0,97	96	- 10	500	FRAGILE			

Comme il ressort de la comparaison des résultats figurant au tableau IV, l'utilisation de soufre cristallisé comme agent de couplage dans la technique faisant appel à la solution mère conduit à l'obtention d'une composition bitume-polymère fluidifiée présentant des propriétés élastomériques. Après le stockage à température élevée, le produit donne un liant résiduel, dont les propriétés sont voisines de celle de la composition bitume-polymère avant traitement thermique.

EXEMPLE 9

10 Préparation d'une composition bitume-polymère selon l'invention par la technique de la solution mère.

On opérait comme décrit dans l'exemple 8 en formant toutefois la solution mère à partir de 243,6 parties en poids de la coupe pétrolière, 54 parties en poids du copolymère diséquencé de styrène et de butadiène et d'un agent de couplage constitué de 0,4 partie en poids d'un accélérateur de vulcanisation donneur de soufre consistant en disulfure de tétraméthylthiurame et de 1,5 parties en poids de soufre cristallisé.

20 Dans le tableau V on donne pour la composition bitume-polymère obtenue des caractéristiques analogues à celles données dans le tableau IV pour la composition témoin de l'exemple 8, le tableau V incluant également les caractéristiques de la composition témoin pour faciliter la comparaison.

L'examen des résultats présentés dans le tableau V fait ressortir que l'utilisation d'un agent de couplage selon l'invention dans la technique de préparation de composition bitume-polymère faisant appel à la solution mère conduit à l'obtention d'une composition bitume-polymère présentant des caractéristiques élastomériques nettement améliorées, en particulier la contrainte à la rupture $\bar{V}_r$, par rapport à celles de la composition bitume-polymère témoin pour la préparation de laquelle (exemple 8) on utilise seulement du soufre cristallisé comme agent de couplage.

TABLEAU V

Caractéristiques Produit	Viscosité (Rheomat) à 160°C (Poise)	Pseudo Viscosité (s)	ESSAI DE TRACTION					
			TEMP. (°C)	VIT. mm/mn	σ_s bars	σ_r bars	ϵ_s %	ϵ_r %
VIII a 1	1,01	100	- 10	500	4,6	1,6	15	>900
VIII a 2	1,20	114	- 10	500	4,1	2,6	20	>900
IX.a.1	1,21	116	- 10	500	4,6	2,5	17	>900
IX.a.2	1,30	125	- 10	500	5,2	3,4	22	>900

Par ailleurs, la stabilité au stockage à haute température, par exemple à 160°C pendant deux mois, de la composition bitume-polymère selon l'invention (exemple 9) est très améliorée par rapport à celle de la composition témoin (exemple 8), les propriétés élastomériques de la composition selon l'invention ainsi stockée (Produit IX.a.2) étant tout aussi bonnes que celles de la composition fraîchement préparée (Produit IX.a.1).

EXEMPLES 10 ET 11 :

10 Préparations de compositions bitume-polymère suivant l'invention par la technique de la solution mère.

On opérait comme décrit dans l'exemple 9, avec toutefois certaines variations qui sont définies ci-après, les autres conditions opératoires étant les mêmes que celles de 15 l'exemple 9.

Dans l'exemple 10, l'accélérateur de vulcanisation présent dans l'agent de couplage consistait en diméthylldithiocarbamate de zinc, un accélérateur de vulcanisation non donneur de soufre.

20 Dans l'exemple 11, l'accélérateur de vulcanisation présent dans l'agent de couplage consistait en monosulfure de tétraméthylthiurame, un accélérateur de vulcanisation non donneur de soufre.

On donne dans le tableau VI les caractéristiques des compositions bitume-polymère obtenues, avant et après les avoir 25 soumises à l'essai thermique de stockage défini dans l'exemple 8.

Les compositions bitume-polymère sont désignées, avant et après stockage, par des notations comparables à celles utilisées dans les exemples précédents. 30

TABLEAU VI

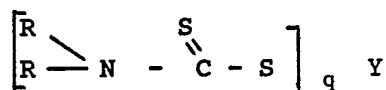
Caractéristiques Produit	Viscosité (Rheomat) à 160°C (Poise)	Pseudo Viscosité (s)	ESSAI DE TRACTION					
			TEMP. (°C)	VIT. mm/mn	V _s bars	V _r bars	ε _s %	ε _r %
X.a.1	1,20	112	- 10	500	5,7	2,6	18	>900
X a 2	1,40	131	- 10	500	5,2	3,0	23	>900
XI.a.1	1,16	110	- 10	500	6,0	2,4	16	>900
XI.a.2	1,41	132	- 10	500	5,5	3,4	21	>900

REVENDECATIONS

- 1 - Procédé de préparation de compositions bitume-polymère, dans lequel on réalise, à une température comprise entre 100°C et 230°C, un mélange de bitume avec un copolymère séquencé de styrène et d'un diène conjugué, utilisé en quantité allant de 0,5 à 15 % en poids du bitume, et un agent de couplage renfermant un composé donneur de soufre et l'on maintient le mélange obtenu, dans ledit intervalle de température et sous agitation, pendant une durée d'au moins dix minutes, caractérisé en ce que l'agent de couplage est choisi parmi les produits M, qui renferment, en poids, de 1 % à 100 % d'une composante A consistant en un ou plusieurs accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre et de 99 % à 0 % d'une composante B consistant en un ou plusieurs agents de vulcanisation choisis parmi le soufre élémentaire et les polysulfures d'hydrocarbyle, et les produits N, qui renferment une composante C consistant en un ou plusieurs accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre et une composante B ou un produit M dans un rapport pondéral de la composante C à la composante B ou au produit M allant de 0,01 à 1, ledit agent de couplage étant utilisé en proportion propre à fournir une quantité de soufre représentant, en poids, 0,5 à 10 % du copolymère utilisé pour produire la composition bitume-polymère.
- 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'agent de couplage est utilisé en proportion propre à fournir une quantité de soufre représentant, en poids, 1 à 8 % du copolymère utilisé pour produire la composition bitume-polymère.
- 3 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis parmi le mercaptobenzothiazole et ses dérivés.

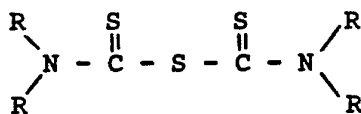
4 - Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le ou lesdits accélérateurs de vulcanisation dérivés du mercaptobenzothiazole sont choisis parmi les benzothiazolesulfénamides et notamment parmi les 2-benzothiazolesulfénamides.

5 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis parmi les dithiocarbamates de formule générale (I)



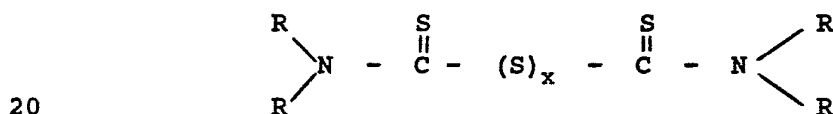
dans laquelle les R, identiques ou différents, représentent chacun un radical hydrocarboné en C₁ à C₁₂ et de préférence en C₁ à C₈, notamment un radical alcoyle, aryle ou cycloalcoyle, ou bien les deux radicaux R fixés à l'atome d'azote sont reliés entre eux pour former un radical divalent hydrocarboné en C₂ à C₈, Y représente un métal et q désigne la valence de Y.

6 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis parmi les monosulfures de thiurame de formule générale (II)



dans laquelle les R, identiques ou différents, représentent chacun un radical hydrocarboné en C₁ à C₁₂ et de préférence en C₁ à C₈, notamment un radical alcoyle, aryle ou cycloalcoyle, ou bien deux radicaux R fixés à un même atome d'azote sont reliés entre eux pour former un radical divalent hydrocarboné en C₂ à C₈.

- 7 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis dans le groupe formé par la diphényl-1,3 guanidine, la diorthotolylguanidine et l'oxyde de zinc, ce dernier composé étant utilisé seul ou en présence d'acides gras.
- 8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le rapport pondéral de la composante C à la composante B ou au produit M dans le produit N constituant l'agent de couplage va de 0,05 à 0,5.
- 9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'agent de couplage consiste en ou renferme une composante A constituée d'un ou plusieurs accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre choisis dans le groupe formé par a) les polysulfures de thiurame de formule



- dans laquelle les R, identiques ou différents, représentent chacun un radical hydrocarboné en C₁ à C₁₂ et de préférence en C₁ à C₈, notamment un radical alcoyle, aryle ou cycloalcoyle, ou bien deux radicaux R fixés à un même atome d'azote sont reliés entre eux pour former un radical divalent hydrocarboné en C₂ à C₈ et x est un nombre allant de 2 à 8, b) les disulfures d'alcoylphénols et c) les disulfures tels que disulfure de morpholine et N,N'-disulfure de caprolactame.

- 10 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la composante B entrant dans la composition du produit M ou du produit N constituant l'agent de couplage consiste en soufre cristallisé orthorhombique.

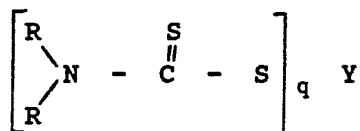
- 11 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caracté-
 risé en ce que la composante B entrant dans la composi-
 tion du produit M ou du produit N constituant l'agent de
 couplage consiste en un ou plusieurs polysulfures
 5 d'hydrocarbyle de formule générale
- $$R_1 - (S)_m - (R_3 - (S)_m)_r - R_2$$
- dans laquelle R_1 et R_2 désignent chacun un radical hydro-
 carboné monovalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} ou
 sont reliés entre eux pour constituer un radical
 10 hydrocarboné divalent en C_2 à C_{20} , saturé ou insaturé,
 formant un cycle avec les autres groupements d'atomes
 associés dans la formule, R_3 est un radical hydrocarboné
 divalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} , les $-(S)_m -$
 15 représentent des groupements divalents formés chacun de
 m atomes de soufre, les m pouvant être différents de
 l'un desdits groupements à l'autre et désignant des
 nombres entiers allant de 1 à 6 avec au moins l'un des m
 égal ou supérieur à 2 et r représente un nombre entier
 20 prenant les valeurs de zéro à 10.
- 12 - Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que
 le ou lesdits polysulfures répondent à la formule
 générale
- $$R_4 - (S)_p - R_4$$
- 25 dans laquelle R_4 désigne un radical alcoyle en C_6 à C_{16}
 et $-(S)_p -$ représente un groupement divalent formé par un
 enchaînement de p atomes de soufre, p étant un nombre
 entier allant de 2 à 5.
- 30 13 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caracté-
 risé en ce que le bitume a une pénétration comprise
 entre 5 et 500 et de préférence entre 20 et 400, ledit
 bitume étant plus particulièrement choisi parmi les
 bitumes de distillation directe ou de distillation sous
 35 pression réduite et les bitumes soufflés ou semi-
 soufflés.

- 14 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caracté-
risé en ce que le copolymère est choisi parmi les copo-
lymères statistiques ou séquencés de styrène avec un
diène conjugué choisi parmi le butadiène, l'isoprène, le
5 chloroprène, le butadiène carboxylé, et l'isoprène car-
boxylé.
- 15 - Procédé suivant l'une des revendications 1 à 14,
caractérisé en ce que le copolymère a une teneur pondé-
10 rale en styrène allant de 15 % à 40 %.
- 16 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, caracté-
risé en ce que le copolymère possède une masse
moléculaire viscosimétrique moyenne comprise entre
15 30.000 et 300.000, et de préférence située entre 70.000
et 200.000.
- 17 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, caracté-
risé en ce que la quantité de copolymère ajoutée au bi-
tume est comprise entre 0,7 % et 10 % en poids du bi-
20 tume.
- 18 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 17, caracté-
risé en ce que le copolymère et l'agent de couplage sont
25 incorporés au bitume sous la forme d'une solution mère
des ces deux produits dans un solvant consistant en une
huile hydrocarbonée, qui présente un intervalle de dis-
tillation à pression atmosphérique compris entre 100°C
et 450°C et situé plus particulièrement entre 150°C et
30 370°C.
- 19 - Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que
l'huile hydrocarbonée est choisie parmi les coupes
pétrolières de caractère aromatique, les coupes pétro-
lières de caractère naphténo-paraffinique, les coupes
35 pétrolières de caractère naphténo-aromatique, les coupes
pétrolières de caractère paraffinique, les huiles de
houille, et les huiles d'origine végétale.

- 20 - Procédé selon l'une des revendications 18 et 19, caracté-
risé en ce que la solution mère est préparée par mise
en contact des ingrédients la composant, sous agitation,
à des températures comprises entre 20 et 170°C, et de
5 préférence entre 40 et 120°C.
- 21 - Procédé selon l'une des revendications 18 à 20, caracté-
risé en ce que les quantités respectives de copolymère
et d'agent de couplage représentent 5 % à 40 % et 0,02 %
10 à 15 % du poids de l'huile hydrocarbonée.
- 22 - Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que
la solution mère renferme 10 à 35 % de copolymère et 0,1
à 5 % d'agent de couplage comptés en poids de l'huile
15 hydrocarbonée.
- 23 - Procédé selon l'une des revendications 18 à 22, caracté-
risé en ce que l'on met en contact, à une température
comprise entre 100°C et 230°C et sous agitation, de 80 à
20 95 % en poids de bitume avec 20 à 5 % en poids de la so-
lution mère, cette dernière renfermant, en poids de
l'huile hydrocarbonée servant de solvant, 10 à 35 % de
copolymère de styrène et de diène conjugué et 0,1 à 5 %
25 d'agent de couplage, puis on maintient le mélange ainsi
obtenu sous agitation à une température comprise entre
100°C et 230°C, et de préférence à la température utili-
sée pour la mise en contact du bitume avec la solution
mère, pendant une durée au moins égale à 10 minutes, et
de préférence comprise entre 10 et 60 minutes.
- 30 24 - Application des compositions bitume-polymère obtenues
par le procédé selon l'une des revendications 1 à 23, à
la réalisation de revêtements, et en particulier de re-
vêtements superficiels routiers.

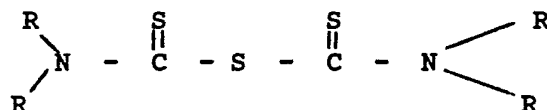
- 25 - Solution mère de polymère, utilisable notamment pour la préparation de compositions bitume-polymère, comprenant une huile hydrocarbonée, qui présente un intervalle de distillation à pression atmosphérique compris entre 100°C et 450°C, et, en solution dans cette huile, un copolymère de styrène et d'un diène conjugué et d'un agent de couplage, les quantités respectives du copolymère et de l'agent de couplage dans la solution représentant 5 à 40 % et 0,02 à 15 % du poids de l'huile hydrocarbonée, caractérisée en ce que l'agent de couplage est choisi parmi les produits M, qui renferment, en poids, de 1 % à 100 % d'une composante A consistant en un ou plusieurs accélérateurs de vulcanisation donneurs de soufre et de 99 % à 0 % d'une composante B consistant en un ou plusieurs agents de vulcanisation choisis parmi le soufre élémentaire et les polysulfures d'hydrocarbyle, et les produits N, qui renferment une composante C consistant en un ou plusieurs accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre et une composante B ou un produit M dans un rapport pondéral de la composante C à la composante B ou au produit M allant de 0,01 à 1.
- 26 - Solution mère selon la revendication 25, caractérisée en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis parmi le mercaptobenzothiazole et ses dérivés.
- 27 - Solution mère selon la revendication 26, caractérisée en ce que le ou lesdits accélérateurs de vulcanisation dérivés du mercaptobenzothiazole sont choisis parmi les benzothiazolesulfénamides et plus particulièrement parmi les 2-benzothiazolesulfénamides.

- 28 - Solution mère selon la revendication 25, caractérisée en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis parmi les dithiocarbamates de formule générale (I)



- 10 dans laquelle les R, identiques ou différents, représentent chacun un radical hydrocarboné en C₁ à C₁₂ et de préférence en C₁ à C₈, notamment un radical alcoyle, aryle ou cycloalcoyle, ou bien les deux radicaux R fixés à l'atome d'azote sont reliés entre eux pour former un radical divalent hydrocarboné en C₂ à C₈, Y représente un métal et q désigne la valence de Y.

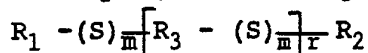
- 29 - Solution mère selon la revendication 25, caractérisée en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis parmi les monosulfures de thiurame de formule générale (II)



- 25 dans laquelle les R, identiques ou différents, représentent chacun un radical hydrocarboné en C₁ à C₁₂ et de préférence en C₁ à C₈, notamment un radical alcoyle, aryle ou cycloalcoyle, ou bien deux radicaux R fixés à un même atome d'azote sont reliés entre eux pour former un radical divalent hydrocarboné en C₂ à C₈.

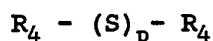
- 30 - Solution mère selon la revendication 25, caractérisée en ce que le ou les accélérateurs de vulcanisation non donneurs de soufre utilisés pour former la composante C du produit N constituant l'agent de couplage sont choisis dans le groupe formé par la diphenyl-1,3 guanidine, la diorthotolylguanidine et l'oxyde de zinc, ce dernier composé étant utilisé seul ou en association avec un acide gras.
- 31 - Solution mère selon l'une des revendications 25 à 30, caractérisée en ce que le rapport pondéral de la composante C à la composante B ou au produit M dans le produit N constituant l'agent de couplage va de 0,05 à 0,5.
- 32 - Solution mère selon l'une des revendications 25 à 31, caractérisée en ce que l'agent de couplage consiste en une composante A ou renferme une telle composante constituée d'un ou plusieurs accélérateurs donneurs de soufre choisis dans le groupe formé par a) les polysulfures de thiurame de formule
- $$\begin{array}{c} \text{R} \\ \diagup \\ \text{N} \\ \diagdown \\ \text{R} \end{array} - \begin{array}{c} \text{S} \\ || \\ \text{C} \end{array} - (\text{S})_x - \begin{array}{c} \text{S} \\ || \\ \text{C} \end{array} - \begin{array}{c} \text{R} \\ \diagup \\ \text{N} \\ \diagdown \\ \text{R} \end{array}$$
- dans laquelle les R, identiques ou différents, représentent chacun un radical hydrocarboné en C₁ à C₁₂ et de préférence en C₁ à C₈, notamment un radical alcoyle, aryle ou cycloalcoyle, ou bien deux radicaux R fixés à un même atome d'azote sont reliés entre eux pour former un radical divalent hydrocarboné en C₂ à C₈ et x est un nombre allant de 2 à 8, b) les disulfures d'alcoylphénols et c) les disulfures tels que disulfure de morpholine et N, N'-disulfure de caprolactame.
- 33 - Solution mère selon l'une des revendications 25 à 32, caractérisée en ce que l'agent de couplage renferme une composante B consistant en soufre cristallisé orthorhombique.

- 34 - Solution mère selon l'une des revendications 25 à 32, caractérisée en ce que l'agent de couplage renferme une composante B consistant en un ou plusieurs polysulfures d'hydrocarbyle de formule générale



- dans laquelle R_1 et R_2 désignent chacun un radical hydrocarboné monovalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} ou sont reliés entre eux pour constituer un radical hydrocarboné divalent en C_2 à C_{20} , saturé ou insaturé, formant un cycle avec les autres groupements d'atomes associés dans la formule, R_3 est un radical hydrocarboné divalent, saturé ou insaturé, en C_1 à C_{20} , les $-(S)_m$ représentent des groupements divalents formés chacun de m atomes de soufre, les m pouvant être différents de l'un desdits groupements à l'autre et désignant des nombres entiers allant de 1 à 6 avec au moins l'un des m égal ou supérieur à 2 et r représente un nombre entier prenant les valeurs de zéro à dix.

- 35 - Solution mère selon la revendication 34, caractérisée en ce que le ou lesdits polysulfures formant la composante B répondent à la formule générale



- dans laquelle R_4 désigne un radical alcoyle en C_6 à C_{16} et $-(S)_p$ représente un groupement divalent formé par un enchaînement de p atomes de soufre, p étant un nombre entier allant de 2 à 5.

- 36 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 35, caractérisée en ce que le copolymère est choisi parmi les copolymères séquencés de styrène avec un diène conjugué choisi parmi le butadiène, l'isoprène, le chloroprène, le butadiène carboxylé, et l'isoprène carboxylé.

- 37 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 36 caractérisée en ce que le copolymère a une teneur pondérale en styrène allant de 15% à 40 %.

- 38 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 37, caractérisée en ce que le copolymère possède une masse moléculaire viscosimétrique moyenne comprise entre 30.000 et 300.000, et de préférence située entre 70.000 et 200.000.
- 39 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 38, caractérisée en ce que l'huile hydrocarbonée présente un intervalle de distillation à pression atmosphérique situé entre 150°C et 370°C.
- 40 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 39, caractérisée en ce que l'huile hydrocarbonée est choisie parmi les coupes pétrolières de caractère aromatique, les coupes pétrolières de caractère naphthéno-paraffinique, les coupes pétrolières de caractère naphthéno-aromatique, les coupes pétrolières de caractère paraffinique, les huiles de houille et les huiles d'origine végétale.
- 41 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 40, caractérisée en ce qu'elle renferme 10 à 35 % de copolymère et 0,1 à 5 % d'agent de couplage comptés en poids de l'huile hydrocarbonée.
- 42 - Solution mère suivant l'une des revendications 25 à 41, préparée par mise en contact des ingrédients qui la composent, sous agitation, à des températures comprises entre 20 et 170°C et de préférence entre 40 et 120°C.