



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2011/12/21
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2012/06/28
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2018/11/20
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2013/06/03
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2011/073559
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2012/085063
(30) **Priorité/Priority:** 2010/12/23 (FR1061108)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. *B60C 1/00*** (2006.01),
C08K 3/30 (2006.01), ***C08K 5/00*** (2006.01)

(72) **Inventeurs/Inventors:**
MAESAKA, MASAYUKI, FR;
PAGANO, SALVATORE, FR;
WATANABE, MAKIKO, FR

(73) **Propriétaires/Owners:**
MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A., CH;
COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS
MICHELIN, FR

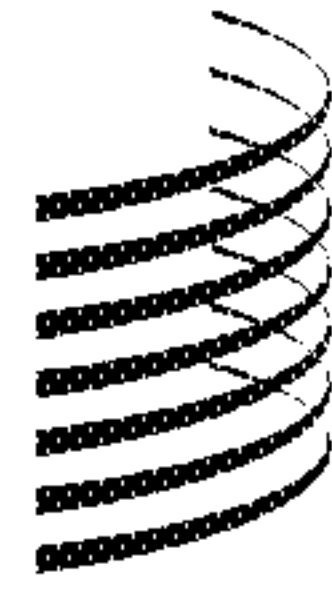
(74) **Agent:** ROBIC

(54) **Titre : COMPOSITION DE CAOUTCHOUC POUR BANDE DE ROULEMENT DE PNEUMATIQUE**
(54) **Title: RUBBER COMPOSITION FOR THE TREAD OF A TYRE**

(57) **Abrésumé/Abstract:**

Composition de caoutchouc à adhérence élevée sur glace fondante, utilisable notamment comme bande de roulement d'un pneumatique hiver, comportant au moins un élastomère diénique tel que du caoutchouc naturel et/ou un polybutadiène, plus de 30 pce d'un agent plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante telle que silice et/ou noir de carbone et entre 2 et 60 pce de microparticules de sulfate de potassium. L'invention concerne également les bandes de roulement de pneumatiques, ainsi que ces pneumatiques eux-mêmes, qui présentent, outre une adhérence améliorée sur glace fondante, une aptitude à l'absorption d'eau qui est notablement réduite. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une telle composition.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
28 juin 2012 (28.06.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/085063 A1(51) Classification internationale des brevets :
B60C 1/00 (2006.01) *C08K 5/00* (2006.01)
C08K 3/30 (2006.01)(74) Mandataire : **RIBIERE, Joël**; Manufacture Francaise Des
Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040
Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/073559(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(22) Date de dépôt international :
21 décembre 2011 (21.12.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1061108 23 décembre 2010 (23.12.2010) FR(71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*) : **COM-
PAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MI-
CHELIN** [FR/FR]; 12, cours Sablon, F-63000 Clermont-
Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECH-
NIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763
Granges-Paccot (CH).(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **MAESAKA,
Masayuki** [JP/FR]; Manufacture Francaise Des Pneuma-
tiques Michelin, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Cler-
mont-Ferrand Cedex 9 (FR). **PAGANO, Salvatore**
[FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Mi-
chelin, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand
Cedex 9 (FR). **WATANABE, Makiko** [JP/FR]; Manufac-
ture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI -
F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : RUBBER COMPOSITION FOR THE TREAD OF A TYRE

(54) Titre : COMPOSITION DE CAOUTCHOUC POUR BANDE DE ROULEMENT DE PNEUMATIQUE

(57) Abstract : The invention relates to a rubber composition having high grip on melting ice, usable in particular as a tread for a winter tyre, and comprising at least one diene elastomer such as natural rubber and/or a polybutadiene, more than 30 pce of a liquid plasticising agent, 50 to 150 pce of a reinforcing filler such as silica and/or carbon black, and 2 to 60 pce of microparticles of potassium sulphate. The invention also relates to the treads of tyres, as well as to the tyres themselves, which have, in addition to improved grip on melting ice, a considerably reduced capacity for absorbing water. The invention further relates to a method for manufacturing such a composition.

(57) Abrégé : Composition de caoutchouc à adhérence élevée sur glace fondante, utilisable notamment comme bande de roulement d'un pneumatique hiver, comportant au moins un élastomère diénique tel que du caoutchouc naturel et/ou un polybutadiène, plus de 30 pce d'un agent plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante telle que silice et/ou noir de carbone et entre 2 et 60 pce de microparticules de sulfate de potassium. L'invention concerne également les bandes de roulement de pneumatiques, ainsi que ces pneumatiques eux-mêmes, qui présentent, outre une adhérence améliorée sur glace fondante, une aptitude à l'absorption d'eau qui est notablement réduite. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une telle composition.



WO 2012/085063 A1

**COMPOSITION DE CAOUTCHOUC
POUR BANDE DE ROULEMENT DE PNEUMATIQUE**

5 DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention est relative aux compositions caoutchouteuses utilisables comme bandes de roulement de pneumatiques, en particulier comme bandes de roulement de « pneumatiques hiver » aptes à rouler sur des sols recouverts de glace ou verglas sans être pourvus de clous
10 (aussi appelés pneumatiques "*studless*").

Elle est plus particulièrement relative aux bandes de roulement de pneumatiques spécifiquement adaptées à un roulage sous des conditions dites de "glace fondante" rencontrées dans un domaine de températures typiquement comprises entre -5°C et 0°C. On
15 rappelle en effet que, dans un tel domaine, la pression des pneumatiques au passage d'un véhicule provoque une fusion superficielle de la glace qui se recouvre d'un mince film d'eau nuisible à l'adhérence de ces pneumatiques.

20 ETAT DE LA TECHNIQUE

Pour éviter les effets néfastes des clous, notamment leur forte action abrasive sur le revêtement du sol lui-même et un comportement routier notablement dégradé sur sol sec, les manufacturiers de pneumatiques ont proposé différentes solutions consistant à modifier la
25 formulation des compositions de caoutchouc elles-mêmes.

Ainsi, il a été proposé tout d'abord d'incorporer des particules solides à grande dureté, telle que par exemple du carbure de silicium (voir par exemple US 3 878 147), dont certaines viennent affleurer la surface de la bande de roulement au fur et à mesure de l'usure de cette
30 dernière, et entrent donc en contact avec la glace. De telles particules, aptes à agir en définitive comme des micro-clous sur de la glace dure, grâce à un effet de "griffe" bien connu, restent relativement agressives vis-à-vis du sol ; elles ne sont pas bien adaptées aux conditions de roulage sur une glace fondante.

D'autres solutions ont donc été proposées, consistant à incorporer des poudres hydrosolubles dans la composition constitutive de la bande de roulement. De telles poudres se solubilisent plus ou moins au contact de la neige ou de la glace fondue, ce qui permet d'une part la création à la surface de la bande de roulement de pneumatique de porosités susceptibles d'améliorer l'accrochage de la bande de roulement sur le sol et d'autre part la création de
40 gorges jouant le rôle de canaux d'évacuation du film liquide créé entre le pneumatique et le

sol. Dans tous ces exemples, la solubilité à très basse température et dans un temps très court de la poudre utilisée est un facteur essentiel au bon fonctionnement de la bande de roulement. Si la poudre n'est pas soluble dans les conditions d'utilisation du pneumatique, les fonctions précitées (création de microporosités et de canaux d'évacuation de l'eau) ne sont pas remplies et l'adhérence n'est pas améliorée. Un inconvénient connu de ces solutions est qu'elles peuvent toutefois pénaliser le renforcement des compositions de caoutchouc (et donc leur résistance à l'usure) ou leur hystérèse (et donc leur résistance au roulement).

La demande de brevet WO 2010/009850 déposée par les Demanderesses a décrit une composition de caoutchouc spécifique, apte à générer une microrugosité de surface efficace grâce à des microparticules hydrosolubles de sulfate de magnésium, et qui permet d'améliorer l'adhérence sur glace des bandes de roulement et des pneumatiques les comportant, sous conditions de glace fondante, sans pénaliser les propriétés de renforcement et d'hystérèse.

Dans un premier temps, ces microparticules hydrosolubles, protubérantes à la surface de la bande de roulement, remplissent la fonction de griffe précédemment décrite sans l'inconvénient d'être abrasives. Puis, dans un second temps, après expulsion progressive de la matrice caoutchouteuse, elles libèrent des microcavités qui jouent le rôle de volume de stockage et de canal d'évacuation du film d'eau à la surface de la glace ; dans ces conditions, le contact entre la surface de la bande de roulement et la glace n'est plus lubrifié et le coefficient de friction est ainsi amélioré.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

Toutefois, au cours de leurs recherches, les Demanderesses ont constaté de manière inattendue que ces bandes de roulement à base de microparticules de sulfate de magnésium pouvaient, sur le pneumatique final à l'état cuit (réticulé) et selon les conditions d'usage de ce dernier, absorber une certaine quantité d'eau. Or, des prises d'eau relativement importantes sont préjudiciables au poids des pneumatiques ; en outre, l'eau absorbée est susceptible de migrer par la suite dans la structure interne du pneumatique, ce qui n'est pas souhaitable on le sait pour le fonctionnement et l'endurance globale des compositions de caoutchouc et des pneumatiques.

Poursuivant leurs recherches, les Demanderesses ont découvert une autre catégorie de sulfate hydrosoluble qui peut, tout en offrant une excellente adhérence sur glace fondante, pallier très largement le problème de prise d'eau évoqué ci-dessus.

Ainsi, un premier objet de l'invention concerne une composition de caoutchouc utilisable comme bande de roulement d'un pneumatique, à base d'au moins un élastomère diénique, plus de 30 pce d'un plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante, entre 2 et 60 pce de

microparticules de sulfate métallique hydrosoluble, les microparticules ayant une taille médiane en poids comprise entre 1 μm et 1 mm, caractérisée en ce que ledit sulfate est un sulfate de potassium.

L'invention a également pour objet les bandes de roulement et les pneumatiques eux-mêmes lorsqu'ils comportent une composition de caoutchouc conforme à l'invention.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une composition de caoutchouc utilisable comme bande de roulement d'un pneumatique, ledit procédé comportant les étapes suivantes : incorporer dans un mélangeur, à un élastomère diénique ou un mélange d'élastomères diéniques, plus de 30 pce d'un agent plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante, entre 2 et 60 pce des microparticules de sulfate de potassium, les microparticules ayant une taille médiane en poids comprise entre 1 μm et 1 mm, en malaxant thermo-mécaniquement le tout, en une ou plusieurs fois, jusqu'à atteindre une température maximale comprise entre 130°C et 200°C ; refroidir l'ensemble à une température inférieure à 100°C ; incorporer ensuite un système de réticulation; malaxer le tout jusqu'à une température maximale inférieure à 120°C.

Les pneumatiques de l'invention sont particulièrement destinés à équiper des véhicules à moteur de type tourisme, incluant les véhicules 4x4 (à quatre roues motrices) et véhicules SUV ("Sport Utility Vehicles"), des véhicules deux roues (notamment motos), mais aussi des véhicules industriels choisis en particulier parmi camionnettes et "poids-lourd" (par exemple métro, bus, engins de transport routier tels que camions, tracteurs, remorques).

L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description et des exemples de réalisation qui suivent.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Dans la présente description, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des pourcentages en masse.

D'autre part, tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "entre a et b" représente le domaine de valeurs allant de plus de a à moins de b (c'est-à-dire bornes a et b exclues) tandis que tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "de a à b" signifie le domaine de valeurs allant de a jusqu'à b (c'est-à-dire incluant les bornes strictes a et b).

La composition de caoutchouc de l'invention est à base d'au moins un élastomère diénique, un agent plastifiant liquide, une charge renforçante et de microparticules de sulfate de potassium, constituants qui vont être décrits en détail ci-après.

- 5 Par l'expression "à base de", il faut bien entendu comprendre une composition comportant le mélange des différents constituants utilisés ou le cas échéant leur produit de réaction, certains de ces constituants de base étant notamment susceptibles de, ou destinés à, réagir entre eux, au moins en partie, lors des différentes phases de fabrication de la composition, en particulier au cours de sa réticulation ou vulcanisation.

10

Elastomère diénique

- Par élastomère (ou caoutchouc, les deux termes étant synonymes) du type "diénique", on rappelle que doit être entendu un élastomère issu au moins en partie (i.e. un homopolymère ou
15 un copolymère) de monomères diènes (monomères porteurs de deux doubles liaisons carbone-carbone, conjuguées ou non).

- Les élastomères diéniques peuvent être classés de manière connue en deux catégories : ceux dits "essentiellement insaturés" et ceux dits "essentiellement saturés". Les caoutchoucs butyl, ainsi que par exemple les copolymères de diènes et d'alpha-oléfines type EPDM, entrent dans
20 la catégorie des élastomères diéniques essentiellement saturés, ayant un taux de motifs d'origine diénique qui est faible ou très faible, toujours inférieur à 15% (% en moles). A contrario, par élastomère diénique essentiellement insaturé, on entend un élastomère diénique issu au moins en partie de monomères diènes conjugués, ayant un taux de motifs ou unités
25 d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 15% (% en moles). Dans la catégorie des élastomères diéniques "essentiellement insaturés", on entend en particulier par élastomère diénique "fortement insaturé" un élastomère diénique ayant un taux de motifs d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 50%.

- 30 On préfère utiliser au moins un élastomère diénique du type fortement insaturé, en particulier un élastomère diénique choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les polybutadiènes (BR), les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères. De tels copolymères sont plus préférentiellement choisis dans le groupe constitué par les copolymères de butadiène-styrène
35 (SBR), les copolymères d'isoprène-butadiène (BIR), les copolymères d'isoprène-styrène (SIR), les copolymères d'isoprène-butadiène-styrène (SBIR) et les mélanges de tels copolymères.

- A titre préférentiel conviennent les polybutadiènes et en particulier ceux ayant une teneur en
40 unités -1,2 comprise entre 4% et 80% ou ceux ayant une teneur en cis-1,4 supérieure à 80%,

- les polyisoprènes, les copolymères de butadiène-styrène et en particulier ceux ayant une teneur en styrène comprise entre 5% et 50% en poids et plus particulièrement entre 20% et 40%, une teneur en liaisons -1,2 de la partie butadiénique comprise entre 4% et 65% , une teneur en liaisons trans-1,4 comprise entre 20% et 80%, les copolymères de butadiène-isoprène et
- 5 notamment ceux ayant une teneur en isoprène comprise entre 5% et 90% en poids et une température de transition vitreuse ("Tg" - mesurée selon ASTM D3418-82) de -40°C à -80°C, les copolymères isoprène-styrène et notamment ceux ayant une teneur en styrène comprise entre 5% et 50% en poids et une Tg comprise entre -25°C et -50°C.
- 10 Dans le cas des copolymères de butadiène-styrène-isoprène conviennent notamment ceux ayant une teneur en styrène comprise entre 5% et 50% en poids et plus particulièrement comprise entre 10% et 40%, une teneur en isoprène comprise entre 15% et 60% en poids et plus particulièrement entre 20% et 50%, une teneur en butadiène comprise entre 5% et 50%
- 15 en poids et plus particulièrement comprise entre 20% et 40%, une teneur en unités -1,2 de la partie butadiénique comprise entre 4% et 85%, une teneur en unités trans -1,4 de la partie butadiénique comprise entre 6% et 80%, une teneur en unités -1,2 plus -3,4 de la partie isoprénique comprise entre 5% et 70% et une teneur en unités trans -1,4 de la partie isoprénique comprise entre 10% et 50%, et plus généralement tout copolymère butadiène-styrène-isoprène ayant une Tg comprise entre -20°C et -70°C.
- 20 Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel de l'invention, l'élastomère diénique est choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel, les polyisoprènes de synthèse, les polybutadiènes ayant un taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%, les copolymères de butadiène-styrène et les mélanges de ces élastomères.
- 25 Selon un mode de réalisation plus particulier et préférentiel, l'élastomère diénique utilisé est majoritairement, et plus préférentiellement pour plus de 50 pce (pour rappel, "pce" ou "*phr*" en anglais signifiant parties en poids pour cent parties d'élastomère ou caoutchouc), du caoutchouc naturel (NR) ou un polyisoprène de synthèse (IR). Plus préférentiellement encore,
- 30 ledit caoutchouc naturel ou polyisoprène de synthèse est alors utilisé en coupage avec un polybutadiène (BR) ayant un taux de liaisons cis-1,4 qui est de préférence supérieur à 90%.
- Selon un autre mode de réalisation particulier et préférentiel, l'élastomère diénique utilisé est majoritairement, et plus préférentiellement pour plus de 50 pce, un polybutadiène (BR) ayant
- 35 un taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%. Plus préférentiellement encore, ledit polybutadiène est alors utilisé en coupage avec du caoutchouc naturel ou un polyisoprène de synthèse.
- Selon un autre mode de réalisation particulier et préférentiel, l'élastomère diénique utilisé est un coupage (mélange) binaire de NR (ou IR) et de BR, ou un coupage ternaire de NR (ou IR),
- 40 BR et SBR. De préférence, dans le cas de tels coupages, la composition comporte entre 25 et

75 pce de NR (ou IR) et entre 75 et 25 pce de BR, auxquels peut être associé ou non un troisième élastomère (coupage ternaire) à un taux inférieur à 30 pce, notamment inférieur à 20 pce. Ce troisième élastomère est de préférence un élastomère SBR, notamment un SBR solution (dit "SSBR"). Plus préférentiellement encore, dans le cas d'un tel coupage, la composition comporte de 35 à 65 pce de NR (ou IR) et de 65 à 35 pce de BR. Le BR utilisé est de préférence un BR ayant un taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%, plus préférentiellement supérieur à 95%.

Aux élastomères diéniques des compositions de l'invention pourraient être associés, en quantité minoritaire, des élastomères synthétiques autres que diéniques, voire des polymères autres que des élastomères, par exemple des polymères thermoplastiques.

Agent plastifiant

La composition de caoutchouc de l'invention a pour autre caractéristique essentielle de comporter plus de moins 30 pce d'un agent plastifiant liquide (à 23°C) dont la fonction est de ramollir la matrice en diluant l'élastomère et la charge renforçante ; sa Tg est préférentiellement inférieure à -20°C, plus préférentiellement inférieure à -40°C.

Toute huile d'extension, qu'elle soit de nature aromatique ou non-aromatique, tout agent plastifiant liquide connu pour ses propriétés plastifiantes vis-à-vis d'élastomères diéniques, est utilisable. A température ambiante (23°C), ces plastifiants ou ces huiles, plus ou moins visqueux, sont des liquides (c'est-à-dire, pour rappel, des substances ayant la capacité de prendre à terme la forme de leur contenant), par opposition notamment à des résines plastifiantes hydrocarbonées qui sont par nature solides à température ambiante.

Conviennent particulièrement les plastifiants liquides choisis dans le groupe constitué par les huiles naphthéniques (à basse ou haute viscosité, notamment hydrogénées ou non), les huiles paraffiniques, les huiles MES (*Medium Extracted Solvates*), les huiles TDAE (*Treated Distillate Aromatic Extracts*), les huiles minérales, les huiles végétales, les plastifiants éthers, les plastifiants esters, les plastifiants phosphates, les plastifiants sulfonates et les mélanges de ces composés.

A titre de plastifiants phosphates par exemple, on peut citer ceux qui contiennent entre 12 et 30 atomes de carbone, par exemple le trioctyle phosphate. A titre d'exemples de plastifiants esters, on peut citer notamment les composés choisis dans le groupe constitué par les trimellitates, les pyromellitates, les phtalates, les 1,2-cyclohexane dicarboxylates, les adipates, les azélates, les sébacates, les triesters de glycérol et les mélanges de ces composés. Parmi les triesters ci-dessus, on peut citer notamment des triesters de glycérol, de préférence constitués majoritairement (pour plus de 50 %, plus préférentiellement pour plus de 80 % en poids) d'un

acide gras insaturé en C₁₈, c'est-à-dire choisi dans le groupe constitué par l'acide oléique, l'acide linoléique, l'acide linolénique et les mélanges de ces acides. Plus préférentiellement, qu'il soit d'origine synthétique ou naturelle (cas par exemple d'huiles végétales de tournesol ou de colza), l'acide gras utilisé est constitué pour plus de 50% en poids, plus
 5 préférentiellement encore pour plus de 80% en poids d'acide oléique. De tels triesters (trioléates) à fort taux d'acide oléique sont bien connus, ils ont été décrits par exemple dans la demande WO 02/088238, à titre d'agents plastifiants dans des bandes de roulement pour pneumatiques.

10 Le taux de plastifiant liquide dans la composition de l'invention est de préférence supérieur à 40 pce, plus préférentiellement compris dans un domaine de 50 à 100 pce.

Selon un autre mode de réalisation préférentiel, les compositions de l'invention peuvent comporter aussi, à titre de plastifiant solide (à 23°C), une résine hydrocarbonée présentant une
 15 Tg supérieur à +20°C, de préférence supérieure à +30°C, telles que décrites par exemple dans les demandes WO 2005/087859, WO 2006/061064 et WO 2007/017060.

Les résines hydrocarbonées sont des polymères bien connus de l'homme du métier, essentiellement à base de carbone et hydrogène, miscibles donc par nature dans les
 20 compositions d'élastomère(s) diénique(s) lorsqu'elles sont qualifiées en outre de "plastifiantes". Elles ont été décrites par exemple dans l'ouvrage intitulé "*Hydrocarbon Resins*" de R. Mildenberg, M. Zander et G. Collin (New York, VCH, 1997, ISBN 3-527-28617-9) dont le chapitre 5 est consacré à leurs applications, notamment en caoutchouterie pneumatique (5.5. "*Rubber Tires and Mechanical Goods*"). Elles peuvent être aliphatiques, aromatiques ou
 25 encore du type aliphatique/aromatique c'est-à-dire à base de monomères aliphatiques et/ou aromatiques. Elles peuvent être naturelles ou synthétiques, à base ou non de pétrole (si tel est le cas, connues aussi sous le nom de résines de pétrole). Elles sont préférentiellement exclusivement hydrocarbonées, c'est-à-dire qu'elles ne comportent que des atomes de carbone et d'hydrogène.

30 De préférence, la résine plastifiante hydrocarbonée présente au moins une, plus préférentiellement l'ensemble, des caractéristiques suivantes :

- une Tg supérieure à 20°C (plus préférentiellement entre 40 et 100°C) ;
- 35 - une masse moléculaire moyenne en nombre (Mn) comprise entre 400 et 2000 g/mol (plus préférentiellement entre 500 et 1500 g/mol) ;
- un indice de polymolécularité (Ip) inférieur à 3, plus préférentiellement inférieur à 2 (rappel : $Ip = Mw/Mn$ avec Mw masse moléculaire moyenne en poids).

- La Tg de cette résine est mesurée de manière connue par DSC (*Differential Scanning Calorimetry*), selon la norme ASTM D3418. La macrostructure (Mw, Mn et Ip) de la résine hydrocarbonée est déterminée par chromatographie d'exclusion stérique (SEC) : solvant tétrahydrofurane ; température 35°C ; concentration 1 g/l ; débit 1 ml/min ; solution filtrée sur
- 5 filtre de porosité 0,45 µm avant injection ; étalonnage de Moore avec des étalons de polystyrène ; jeu de 3 colonnes "WATERS" en série ("STYRAGEL" HR4E, HR1 et HR0.5) ; détection par réfractomètre différentiel ("WATERS 2410") et son logiciel d'exploitation associé ("WATERS EMPOWER").
- 10 Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, la résine plastifiante hydrocarbonée est choisie dans le groupe constitué par les résines d'homopolymère ou copolymère de cyclopentadiène (en abrégé CPD), les résines d'homopolymère ou copolymère de dicyclopentadiène (en abrégé DCPD), les résines d'homopolymère ou copolymère terpène, les résines d'homopolymère ou copolymère de coupe C5, les résines d'homopolymère ou
- 15 copolymère de coupe C9, et les mélanges de ces résines. Parmi les résines de copolymères ci-dessus sont plus préférentiellement utilisées celles choisies dans le groupe constitué par les résines de copolymère (D)CPD/ vinylaromatique, les résines de copolymère (D)CPD/ terpène, les résines de copolymère (D)CPD/ coupe C5, les résines de copolymère (D)CPD/ coupe C9, les résines de copolymère terpène/ vinylaromatique, les résines de copolymère terpène/ phénol,
- 20 les résines de copolymère coupe C5/ vinylaromatique, les résines de copolymère coupe C9/ vinylaromatique, et les mélanges de ces résines.

Le terme "terpène" regroupe ici de manière connue les monomères alpha-pinène, beta-pinène et limonène ; préférentiellement est utilisé un monomère limonène, composé se présentant de

25 manière connue sous la forme de trois isomères possibles : le L-limonène (énantiomère lévogyre), le D-limonène (énantiomère dextrogyre), ou bien le dipentène, racémique des énantiomères dextrogyre et lévogyre. A titre de monomère vinylaromatique conviennent par exemple le styrène, l'alpha- méthylstyrène, l'ortho-, méta-, para-méthylstyrène, le vinyle-toluène, le para-tertiobutylstyrène, les méthoxystyrènes, les chlorostyrènes, les

30 hydroxystyrènes, le vinylmésitylène, le divinylbenzène, le vinylnaphtalène, tout monomère vinylaromatique issu d'une coupe C₉ (ou plus généralement d'une coupe C₈ à C₁₀). De préférence, le composé vinyle-aromatique est du styrène ou un monomère vinylaromatique issu d'une coupe C₉ (ou plus généralement d'une coupe C₈ à C₁₀). De préférence, le composé vinylaromatique est le monomère minoritaire, exprimé en fraction molaire, dans le copolymère

35 considéré.

Le taux de résine hydrocarbonée est préférentiellement compris entre 3 et 60 pce, plus préférentiellement entre 3 et 40 pce, notamment entre 5 et 30 pce.

Le taux d'agent plastifiant total (i.e., plastifiant liquide plus, le cas échéant, résine hydrocarbonée solide) est de préférence compris entre 40 et 100 pce, plus préférentiellement compris dans un domaine de 50 à 80 pce.

5 Charge renforçante

On peut utiliser tout type de charge renforçante connue pour ses capacités à renforcer une composition de caoutchouc utilisable pour la fabrication de pneumatiques, par exemple une charge organique telle que du noir de carbone, ou encore une charge inorganique renforçante
10 telle que de la silice à laquelle est associé de manière connue un agent de couplage.

Une telle charge renforçante consiste typiquement en des nanoparticules dont la taille moyenne (en masse) est inférieure à 500 nm, le plus souvent comprise entre 20 et 200 nm, en particulier et préférentiellement entre 20 et 150 nm.

15 Comme noirs de carbone conviennent tous les noirs de carbone, notamment les noirs du type HAF, ISAF, SAF conventionnellement utilisés dans les bandes de roulement des pneumatiques (noirs dits de grade pneumatique). Parmi ces derniers, on citera plus particulièrement les noirs de carbone renforçants des séries 100, 200 ou 300 (grades ASTM), comme par exemple les
20 noirs N115, N134, N234, N326, N330, N339, N347, N375. Les noirs de carbone pourraient être par exemple déjà incorporés à l'élastomère isoprénique sous la forme d'un masterbatch (voir par exemple demandes WO 97/36724 ou WO 99/16600).

Comme exemples de charges organiques autres que des noirs de carbone, on peut citer les
25 charges organiques de polyvinyle fonctionnalisées telles que décrites dans les demandes WO-A-2006/069792, WO-A-2006/069793, WO-A-2008/003434 et WO-A-2008/003435.

Par "charge inorganique renforçante", doit être entendu ici toute charge inorganique ou minérale, quelles que soient sa couleur et son origine (naturelle ou de synthèse), encore
30 appelée charge "blanche" ou parfois charge "claire" ou par opposition au noir de carbone, capable de renforcer à elle seule, sans autre moyen qu'un agent de couplage intermédiaire, une composition de caoutchouc destinée à la fabrication de pneumatiques, en d'autres termes apte à remplacer, dans sa fonction de renforcement, un noir de carbone conventionnel de grade pneumatique ; une telle charge se caractérise généralement, de manière connue, par la
35 présence de groupes hydroxyle ($-OH$) à sa surface.

Comme charges inorganiques renforçantes conviennent notamment des charges minérales du type siliceuse, en particulier de la silice (SiO_2), ou du type alumineuse, en particulier de l'alumine (Al_2O_3). La silice utilisée peut être toute silice renforçante connue de l'homme du
40 métier, notamment toute silice précipitée ou pyrogénée présentant une surface BET ainsi

- qu'une surface spécifique CTAB toutes deux inférieures à 450 m²/g, de préférence de 30 à 400 m²/g, notamment entre 60 et 300 m²/g. A titres de silices précipitées hautement dispersibles (dites "HDS"), on citera par exemple les silices "Ultrasil" 7000 et "Ultrasil 7005" de la société Degussa, les silices "Zeosil" 1165MP, 1135MP et 1115MP de la société Rhodia, la silice "Hi-Sil" EZ150G de la société PPG, les silices "Zeopol" 8715, 8745 et 8755 de la Société Huber. Comme exemples d'alumines renforçantes, on peut citer les alumines "Baikalox" "A125" ou "CR125" de la société Baikowski, "APA-100RDX" de Condea, "Aluminoxid C" de Degussa ou "AKP-G015" de Sumitomo Chemicals.
- 10 De manière préférentielle, le taux de charge renforçante totale (noir de carbone et/ou charge inorganique renforçante) est compris entre 60 et 120 pce, notamment entre 70 et 100 pce.
- Selon un mode de réalisation particulier, la charge renforçante comprend du noir de carbone à titre majoritaire (en poids); dans un tel cas, le noir de carbone est présent à un taux
15 préférentiellement supérieur à 60 pce, associé ou non à une charge inorganique renforçante telle que silice en quantité minoritaire.
- Selon un autre mode de réalisation particulier, la charge renforçante comprend une charge inorganique, notamment de la silice, à titre majoritaire (en poids) ; dans un tel cas, la charge
20 inorganique, notamment silice, est présente à un taux préférentiellement supérieur à 70 pce, associée ou non à du noir de carbone en quantité minoritaire ; le noir de carbone, lorsqu'il est présent, est utilisé de préférence à un taux inférieur à 20 pce, plus préférentiellement inférieur à 10 pce (par exemple entre 0,1 et 10 pce).
- 25 Indépendamment de l'aspect premier de l'invention, à savoir la recherche d'une adhérence optimisée sur glace fondante, l'emploi à titre majoritaire d'une charge inorganique renforçante telle que silice est également avantageux du point de vue de l'adhérence sur sol mouillé ou enneigé.
- 30 Selon un autre mode de réalisation possible de l'invention, la charge renforçante comprend un coupage de noir de carbone et de charge inorganique renforçante telle que silice en des quantités voisines ; dans un tel cas, le taux de charge inorganique, notamment silice, et le taux de noir de carbone sont de préférence chacun compris entre 25 et 75 pce, plus particulièrement chacun compris entre 30 et 50 pce.
- 35 Pour coupler la charge inorganique renforçante à l'élastomère diénique, on utilise de manière bien connue un agent de couplage (ou agent de liaison) au moins bifonctionnel destiné à assurer une connexion suffisante, de nature chimique et/ou physique, entre la charge inorganique (surface de ses particules) et l'élastomère diénique. On utilise en particulier des
40 organosilanes ou des polyorganosiloxanes bifonctionnels.

On utilise notamment des silanes polysulfurés, dits "symétriques" ou "asymétriques" selon leur structure particulière, tels que décrits par exemple dans les demandes WO03/002648 (ou US 2005/016651) et WO03/002649 (ou US 2005/016650).

5

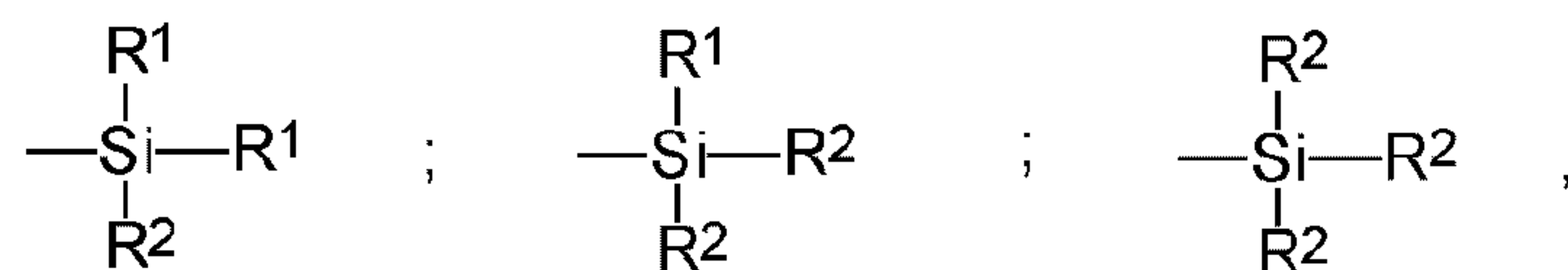
Convienent en particulier, sans que la définition ci-après soit limitative, des silanes polysulfurés dits "symétriques" répondant à la formule générale (I) suivante:

(I) $Z - A - S_x - A - Z$, dans laquelle:

10

- x est un entier de 2 à 8 (de préférence de 2 à 5) ;
- A est un radical hydrocarboné divalent (de préférence des groupements alkylène en C₁-C₁₈ ou des groupements arylène en C₆-C₁₂, plus particulièrement des alkylènes en C₁-C₁₀, notamment en C₁-C₄, en particulier le propylène) ;
- Z répond à l'une des formules ci-après:

15



dans lesquelles :

20

- les radicaux R¹, substitués ou non substitués, identiques ou différents entre eux, représentent un groupe alkyle en C₁-C₁₈, cycloalkyle en C₅-C₁₈ ou aryle en C₆-C₁₈ (de préférence des groupes alkyle en C₁-C₆, cyclohexyle ou phényle, notamment des groupes alkyle en C₁-C₄, plus particulièrement le méthyle et/ou l'éthyle).

25

- les radicaux R², substitués ou non substitués, identiques ou différents entre eux, représentent un groupe alkoxy en C₁-C₁₈ ou cycloalkoxy en C₅-C₁₈ (de préférence un groupe choisi parmi alkoxy en C₁-C₈ et cycloalkoxy en C₅-C₈, plus préférentiellement encore un groupe choisi parmi alkoxy en C₁-C₄, en particulier méthoxy et éthoxy).

30

A titre d'exemples de silanes polysulfurés, on citera plus particulièrement les polysulfures de bis(3-triméthoxysilylpropyl) ou de bis(3-triéthoxysilylpropyl). Parmi ces composés, on utilise en particulier le tétrasulfure de bis(3-triéthoxysilylpropyl), en abrégé TESPT, ou le disulfure de bis-(triéthoxysilylpropyle), en abrégé TESP. On citera également à titre d'exemples préférentiels les polysulfures (notamment disulfures, trisulfures ou tétrasulfures) de bis-(monoalkoxyl(C₁-C₄)-dialkyl(C₁-C₄)silylpropyl), plus particulièrement le tétrasulfure de bis-monoéthoxydiméthylsilylpropyl tel que décrit dans la demande de brevet WO 02/083782 (ou US 2004/132880).

35

A titre d'agent de couplage autre qu'alkoxysilane polysulfuré, on citera notamment des POS (polyorganosiloxanes) bifonctionnels ou encore des polysulfures d'hydroxysilane ($R^2 = OH$ dans la formule (I) ci-dessus) tels que décrits dans les demandes de brevet WO 02/30939 (ou
5 US 6,774,255) et WO 02/31041 (ou US 2004/051210), ou encore des silanes ou POS porteurs de groupements fonctionnels azo-dicarbonyl, tels que décrits par exemple dans les demandes de brevet WO 2006/125532, WO 2006/125533, WO 2006/125534.

Dans les compositions de caoutchouc conformes à l'invention, la teneur en agent de couplage
10 est préférentiellement comprise entre 2 et 12 pce, plus préférentiellement entre 3 et 8 pce.

L'homme du métier comprendra qu'à titre de charge équivalente de la charge inorganique renforçante décrite dans le présent paragraphe, pourrait être utilisée une charge renforçante d'une autre nature, notamment organique, dès lors que cette charge renforçante serait
15 recouverte d'une couche inorganique telle que silice, ou bien comporterait à sa surface des sites fonctionnels, notamment hydroxyles, nécessitant l'utilisation d'un agent de couplage pour établir la liaison entre la charge et l'élastomère.

Microparticules de sulfate de potassium

20

La composition de caoutchouc de l'invention a pour caractéristique essentielle de comporter entre 2 et 60 pce de microparticules de sulfate de potassium.

Ces microparticules peuvent se présenter par exemple sous forme de poudre, de microperles,
25 de granulés, de billes ou toute autre forme densifiée appropriée. Une présentation sous forme de poudre est préférée.

Par microparticules, on entend par définition et de manière connue des particules de taille micrométrique, c'est-à-dire dont la taille médiane (exprimée en poids) est comprise entre 1 μm
30 et 1 mm. De préférence, la taille médiane est comprise entre 2 μm et 800 μm .

En dessous des minima indiqués ci-dessus, l'effet technique visé (à savoir la création d'une microrugosité adaptée) pourrait, selon les applications visées, être insuffisant alors qu'au delà des maxima indiqués, on pourrait être exposé à différents inconvénients, en particulier lorsque
35 la composition de caoutchouc est utilisée comme bande de roulement : outre une perte d'esthétique possible (particules trop visibles à la surface de la bande de roulement) et un risque de décohésion, lors du roulage, d'éléments de sculpture de taille relativement importante, on a constaté que la performance d'adhérence sur glace fondante pouvait être dégradée.

40

Pour toutes ces raisons, on préfère encore que les microparticules aient une taille médiane comprise entre 2 μm et 500 μm , plus préférentiellement encore comprise entre 5 et 200 μm . Ce domaine de taille particulièrement préférentiel semble correspondre à un compromis optimisé entre d'une part la rugosité de surface recherchée et d'autre part un bon contact entre
5 la composition de caoutchouc et la glace.

D'autre part, pour des raisons identiques à celles exposées ci-dessus, le taux de microparticules est de préférence compris entre 5 et 50 pce, plus préférentiellement compris entre 10 et 40 pce.

10

Pour l'analyse de la granulométrie et le calcul de la taille médiane des microparticules (ou diamètre médian pour des microparticules supposées sensiblement sphériques), différentes méthodes connues sont applicables, par exemple par diffraction laser (voir par exemple norme ISO-8130-13 ou norme JIS K5600-9-3).

15

On peut aussi utiliser de manière simple et préférentielle une analyse de la granulométrie par un tamisage mécanique ; l'opération consiste à tamiser une quantité définie d'échantillon (par exemple 200 g) sur une table vibrante pendant 30 min avec des diamètres de tamis différents (par exemple, selon une raison de progression égale à 1,26, avec des mailles de 1000, 800,
20 630, 500, 400, ... 100, 80, 63 μm) ; les refus récoltés sur chaque tamis sont pesés sur une balance de précision ; on en déduit le % de refus pour chaque diamètre de maille par rapport au poids total de produit ; la taille médiane (ou diamètre médian) ou moyenne (ou diamètre moyen) est finalement calculée de manière connue à partir de l'histogramme de la distribution granulométrique.

25

Additifs divers

Les compositions de caoutchouc de l'invention comportent également tout ou partie des additifs usuels habituellement utilisés dans les compositions d'élastomères destinées à la
30 fabrication de bandes de roulement pour pneumatiques, notamment pour pneumatiques hiver, comme par exemple des agents de protection tels que cires anti-ozone, anti-ozonants chimiques, anti-oxydants, des résines renforçantes, des accepteurs (par exemple résine phénolique novolaque) ou des donneurs de méthylène (par exemple HMT ou H3M), un système de réticulation à base soit de soufre, soit de donneurs de soufre et/ou de peroxyde
35 et/ou de bismaléimides, des accélérateurs de vulcanisation, des activateurs de vulcanisation.

Ces compositions peuvent également contenir des activateurs de couplage lorsque qu'un agent de couplage est utilisé, des agents de recouvrement de la charge inorganique ou plus généralement des agents d'aide à la mise en œuvre susceptibles de manière connue, grâce à une
40 amélioration de la dispersion de la charge dans la matrice de caoutchouc et à un abaissement

de la viscosité des compositions, d'améliorer leur faculté de mise en œuvre à l'état cru ; ces agents sont par exemple des silanes hydrolysables tels que des alkyl-alkoxysilanes, des polyols, des polyéthers, des amines, des polyorganosiloxanes hydroxylés ou hydrolysables.

5 Fabrication des compositions de caoutchouc et des bandes de roulement

Les compositions de caoutchouc de l'invention sont fabriquées dans des mélangeurs appropriés, en utilisant deux phases de préparation successives selon une procédure générale bien connue de l'homme du métier : une première phase de travail ou malaxage thermomécanique (parfois qualifiée de phase "non-productive") à haute température, jusqu'à 10 une température maximale comprise entre 130°C et 200°C, de préférence entre 145°C et 185°C, suivie d'une seconde phase de travail mécanique (parfois qualifiée de phase "productive") à plus basse température, typiquement inférieure à 120°C, par exemple entre 60°C et 100°C, phase de finition au cours de laquelle est incorporé le système de réticulation 15 ou vulcanisation.

Un procédé utilisable pour la fabrication de telles compositions comporte par exemple et de préférence les étapes suivantes :

- 20 - incorporer à l'élastomère diénique (ou le mélange d'élastomères diéniques), dans un mélangeur, plus de 30 pce d'un agent plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante, entre 2 et 60 pce des microparticules de sulfate de potassium, en malaxant thermo-mécaniquement le tout, en une ou plusieurs fois, jusqu'à atteindre une température maximale comprise entre 130°C et 200°C ;
- 25 - refroidir l'ensemble à une température inférieure à 100°C ;
- incorporer ensuite un système de réticulation ;
- malaxer le tout jusqu'à une température maximale inférieure à 120°C.

A titre d'exemple, la première phase (non-productive) est conduite en une seule étape thermomécanique au cours de laquelle on introduit, dans un mélangeur approprié tel qu'un 30 mélangeur interne usuel, tous les constituants nécessaires, les éventuels agents de recouvrement ou de mise en œuvre complémentaires et autres additifs divers, à l'exception du système de réticulation. Après refroidissement du mélange ainsi obtenu au cours de la première phase non-productive, on incorpore alors le système de réticulation à basse 35 température, généralement dans un mélangeur externe tel qu'un mélangeur à cylindres ; le tout est alors mélangé (phase productive) pendant quelques min, par exemple entre 5 et 15 min.

Le système de réticulation proprement dit est préférentiellement à base de soufre et d'un accélérateur primaire de vulcanisation, en particulier d'un accélérateur du type sulfénamide. A 40 ce système de vulcanisation viennent s'ajouter, incorporés au cours de la première phase non-

productive et/ou au cours de la phase productive, divers accélérateurs secondaires ou activateurs de vulcanisation connus tels qu'oxyde de zinc, acide stéarique, dérivés guanidiques (en particulier diphénylguanidine), etc. Le taux de soufre est de préférence compris entre 0,5 et 3,0 pce, celui de l'accélérateur primaire est de préférence compris entre 0,5 et 5,0 pce.

5 On peut utiliser comme accélérateur (primaire ou secondaire) tout composé susceptible d'agir comme accélérateur de vulcanisation des élastomères diéniques en présence de soufre, notamment des accélérateurs du type thiazoles ainsi que leurs dérivés, des accélérateurs de types thiurames, dithiocarbamates de zinc. Ces accélérateurs sont plus préférentiellement
10 choisis dans le groupe constitué par disulfure de 2-mercaptobenzothiazyle (en abrégé "MBTS"), N-cyclohexyl-2-benzothiazyle sulfénamide (en abrégé "CBS"), N,N-dicyclohexyl-2-benzothiazyle sulfénamide ("DCBS"), N-ter-butyl-2-benzothiazyle sulfénamide ("TBBS"), N-ter-butyl-2-benzothiazyle sulfénimide ("TBSI"), dibenzylthiocarbamate de zinc ("ZBEC") et les mélanges de ces composés.

15 La composition finale ainsi obtenue est ensuite calandree par exemple sous la forme d'une feuille ou d'une plaque, notamment pour une caractérisation au laboratoire, ou encore extrudée, par exemple sous la forme d'un profilé de caoutchouc utilisable directement comme bande de roulement de pneumatique.

20 La vulcanisation (ou cuisson) est conduite de manière connue à une température généralement comprise entre 130°C et 200°C, pendant un temps suffisant qui peut varier par exemple entre 5 et 90 min en fonction notamment de la température de cuisson, du système de vulcanisation adopté et de la cinétique de vulcanisation de la composition considérée.

25 La composition de caoutchouc selon l'invention peut constituer la totalité ou une partie seulement de la bande de roulement conforme à l'invention, dans le cas d'une bande de roulement de type composite qui serait formée de plusieurs compositions de caoutchouc de formulations différentes.

30 L'invention concerne les compositions de caoutchouc, les bandes de roulement et les pneumatiques précédemment décrits tant à l'état cru (i.e., avant cuisson) qu'à l'état cuit (i.e., après réticulation ou vulcanisation).

35

EXEMPLES DE REALISATION DE L'INVENTION

A) Essai 1 – Tests laboratoire

a) Préparation des compositions de caoutchouc et bandes de roulement

On procède pour les essais qui suivent de la manière suivante: on introduit dans un mélangeur interne, dont la température initiale de cuve est d'environ 60°C, successivement la charge renforcante (par exemple une charge inorganique renforcante telle que silice et son agent de couplage associé), l'agent plastifiant liquide, les microparticules (poudre) de sulfate de potassium, l'élastomère diénique (ou coupage d'élastomères diéniques) ainsi que les divers autres ingrédients à l'exception du système de vulcanisation ; le mélangeur est ainsi rempli à environ 70% (% en volume). On conduit alors un travail thermomécanique (phase non-productive) en une étape, qui dure au total environ 3 à 4 minutes, jusqu'à atteindre une température maximale de "tombée" de 165°C. On récupère le mélange ainsi obtenu, on le refroidit puis on incorpore du soufre et un accélérateur type sulfénamide sur un mélangeur externe (homo-finiisseur) à 30°C, en mélangeant le tout (phase productive) pendant un temps approprié (par exemple entre 5 et 12 min).

Les compositions ainsi obtenues sont ensuite calandrées soit sous la forme de plaques ou feuilles fines de caoutchouc pour la mesure de leurs propriétés physiques ou mécaniques, soit extrudées sous la forme de bandes de roulement de pneumatiques hiver pour véhicule tourisme.

b) Tests de friction sur glace

Dans cet essai, on compare trois compositions (notées C-0, C-1 et C-2) à base d'élastomères diéniques (coupage NR et BR à taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 95%), essentiellement renforcées par de la silice, dans lesquelles est utilisée ou non une fraction de microparticules de sulfate hydrosoluble.

Le tableau 1 donne la formulation (en pce) des trois compositions. La composition C-0 est une composition témoin, elle est dépourvue de microparticules. La composition C-1 est la composition de référence, elle comporte 20 pce de microparticules de sulfate de magnésium, similaires à celles décrites et utilisées dans la demande WO 2010/009850 citée en introduction du présent mémoire. La composition C-2 est la seule composition conforme à l'invention, elle comporte 20 pce de microparticules de sulfate de potassium. Dans les deux cas, la poudre de sulfate hydrosoluble utilisée présente une taille médiane (en poids) des microparticules qui est d'environ 100 µm.

Dans un premier temps, ces trois compositions ont été soumises à un test laboratoire consistant à mesurer leur coefficient de friction sur glace. Le principe repose sur un patin de composition de caoutchouc glissant à une vitesse donnée (par exemple égale à 5 km/h) sur une piste de glace (température de la glace fixée à -2 C) avec une charge imposée (par exemple

égale à 3 kg/cm²). On mesure les forces générées dans le sens de l'avancement (Fx) du patin et perpendiculaire à l'avancement (Fz) ; le rapport Fx/Fz détermine le coefficient de friction de l'éprouvette sur la glace.

- 5 Le principe de ce test est bien connu de l'homme du métier (voir par exemple demandes de brevet EP 1052270, EP 1505112 et WO 2010/009850 précitée). Il permet d'évaluer, dans des conditions représentatives, l'adhérence sur glace fondante qui serait obtenue lors d'un essai de roulage sur un véhicule équipé de pneumatiques dont la bande de roulement est constituée des mêmes compositions de caoutchouc.

10

Les résultats sont exprimés dans le tableau 2, une valeur supérieure à celle de la composition témoin (C-0), arbitrairement fixée à 100, indiquant un résultat amélioré c'est-à-dire une aptitude à une distance de freinage plus courte.

- 15 Ces résultats du tableau 2 confirment tout d'abord, pour la composition C-1 comparée à la composition témoin C-0 dépourvue de microparticules hydrosolubles, l'amélioration notable (10%) qui est apportée par l'emploi de microparticules de sulfate de magnésium, comme cela a été déjà enseigné par la demande WO 2010/009850 précitée. Mais on constate aussi que la composition C-2 conforme à l'invention, à base de microparticules de sulfate de potassium,
- 20 présente elle aussi une performance très voisine de celle de la composition C-1.

- Dans un deuxième temps, des éprouvettes (plaques de 10 cm sur 10 cm de côté, et d'épaisseur 1 mm) des compositions de caoutchouc C-1 et C-2 ont été soumises à un traitement humide (80% ou 90% d'humidité relative) sous température élevée (35°C ou 65°C) pendant plusieurs
- 25 jours (3 à 20 jours) ; le poids de ces éprouvettes a été mesuré avant et après stockage en vue de déterminer leur prise de masse (en %) due à l'absorption d'eau.

Les résultats sont indiqués dans les tableaux 3 et 4.

- 30 On note de manière tout à fait inattendue que, quelles que soient les conditions du traitement, la composition selon l'invention C-2 absorbe beaucoup moins d'eau que la composition selon l'art antérieur C-1, de 10 à 20 fois moins pour les conditions du tableau 3, de 6 à 10 fois moins pour les conditions du tableau 4.

- 35 B) Essai 2 – Tests en pneumatiques

a) Préparation des compositions de caoutchouc et bandes de roulement

- Dans cet essai, on compare deux compositions (notées C-3 et C-4) à base d'élastomères
- 40 diéniques (coupage NR et BR à taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 95%), essentiellement

renforcées par de la silice, dans lesquelles est utilisée ou non une fraction de microparticules de sulfate hydrosoluble, ces compositions étant fabriquées comme indiqué précédemment pour l'essai 1.

- 5 Le tableau 5 donne la formulation (en pce), le tableau 6 les propriétés de caoutchouterie de ces deux compositions. La composition C-3 est la composition témoin. La composition C-4 est la composition selon l'invention comportant en plus le sulfate de potassium ; son taux global de plastifiant (huile et résine) a été légèrement augmenté afin de maintenir autant que possible la rigidité à un niveau identique, condition par ailleurs souhaitable pour une
- 10 comparaison rigoureuse des performances de roulage sur glace.

Les compositions de caoutchouc ainsi préparées ont été tout d'abord caractérisées, avant et après cuisson, comme indiqué ci-après :

- 15 - plasticité Mooney : on utilise un consistomètre oscillant tel que décrit dans la norme française NF T 43-005 (Novembre 1980). La mesure de plasticité Mooney se fait selon le principe suivant : la composition à l'état cru (i.e., avant cuisson) est moulée dans une enceinte cylindrique chauffée à 100°C. Après une minute de préchauffage, le rotor tourne au sein de l'éprouvette à 2 tours/minute et on mesure le couple utile pour
- 20 entretenir ce mouvement après 4 minutes de rotation. La plasticité Mooney (ML 1+4) est exprimée en "unité Mooney" (UM, avec 1 UM = 0,83 Newton.mètre) ;
- essais de traction : ils permettent de déterminer les contraintes d'élasticité et les propriétés à la rupture. Sauf indication différente, ils sont effectués conformément à la norme française NF T 46-002 de septembre 1988. On mesure en seconde élongation
- 25 (i.e., après un cycle d'accommodation au taux d'extension prévu pour la mesure elle-même) les modules sécants nominaux (ou contraintes apparentes, en MPa) à 10% d'allongement (notés M10), 100% d'allongement (notés M100) et 300% d'allongement (notés M300). Les contraintes à la rupture (en MPa) et les allongements à la rupture (en %)
- 30 sont également mesurés. Toutes ces mesures de traction sont effectuées dans les conditions normales de température ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) et d'hygrométrie ($50 \pm 5\%$ d'humidité relative), selon la norme française NF T 40-101 (décembre 1979) ;
- dureté Shore A : la dureté Shore A des compositions après cuisson est appréciée conformément à la norme ASTM D 2240-86 ;
- propriétés dynamiques : elles sont mesurées sur un viscoanalyseur (Metravib VA4000),
- 35 selon la norme ASTM D5992-96. On enregistre la réponse d'un échantillon de composition vulcanisée (éprouvette cylindrique de 4 mm d'épaisseur et de 400 mm² de section), soumis à une sollicitation sinusoïdale en cisaillement simple alterné, à la fréquence de 10Hz ; lors d'un balayage en température, sous une contrainte fixe de 0,7 MPa, on enregistre la valeur de $\tan(\delta)$ observée à 0°C. On rappelle que, de manière

bien connue de l'homme du métier, cette valeur de $\tan(\delta)$ à 0°C est représentative du potentiel d'adhérence sur sol mouillé (plus elle est élevée, meilleure est l'adhérence).

On constate à la lecture du tableau 6 que l'incorporation du sulfate de potassium ne modifie pas de manière sensible les propriétés de caoutchouterie avant et après cuisson, avec pour la composition C-4 comparée à la composition C-3 :

- une plasticité Mooney faiblement augmentée ;
- une dureté Shore A et des modules équivalents ;
- 10 - une contrainte et un allongement à la rupture équivalents ;
- une valeur de $\tan(\delta)$ très légèrement diminuée.

Ce n'est en fait qu'au cours de tests de roulage réels, sur glace, des pneumatiques que se révèle l'excellent résultat apporté par l'invention, comme en attestent clairement les tests de roulage qui suivent.

b) Tests de roulage sur glace

Les compositions C-3 et C-4 précédemment testées sont ensuite utilisées comme bandes de roulement de pneus tourisme hiver à carcasse radiale, notés respectivement P-3 (pneus témoins) et P-4 (pneus conformes à l'invention), de dimensions 205/55 R16, conventionnellement fabriqués et en tous points identiques hormis les compositions de caoutchouc constitutives de leur bande de roulement.

25 Tous les pneus sont montés à l'avant et à l'arrière d'un véhicule automobile, sous pression de gonflage nominale, et on leur fait d'abord subir un roulage sur route ouverte (d'environ 10 000 km), sur un sol sec, pour rodage et début d'usure.

Puis les pneumatiques ainsi rodés sont soumis aux tests d'adhérence sur glace, selon différentes conditions de température, tels que décrit ci-après :

- freinage sur glace: on mesure la distance nécessaire pour passer de 20 à 5 km/h lors d'un freinage longitudinal brutal (ABS activé) sur une piste recouverte de glace. Une valeur supérieure à celle du témoin, arbitrairement fixée à 100, indique un résultat amélioré c'est-à-dire une distance de freinage plus courte ;
- 35 - accélération sur glace: on mesure le temps nécessaire pour passer de 5 à 20 km/h lors d'une accélération à plein régime, sous le contrôle du système TCS activé. Une valeur supérieure à celle du témoin, arbitrairement fixée à 100, indique un résultat amélioré c'est-à-dire une accélération plus rapide.

Pour ces deux types de tests, les pneumatiques étaient montés sur un véhicule automobile ("Honda Civic") équipé d'un système de freinage anti-blocage (système ABS) et d'un système antipatinage à l'accélération (système TCS pour *Traction Control System*).

- 5 Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 7, en unités relatives, la base 100 étant retenue pour le pneu témoin P-3 (pour rappel, une valeur supérieure à 100 indique une performance améliorée).

- 10 On constate que les pneus conformes à l'invention (P-4), dont la bande de roulement comporte les microparticules de sulfate de potassium, présentent un freinage et une accélération sur glace fondante (température comprise typiquement entre -5°C et 0°C) qui sont tous deux très nettement améliorés (plus 15% à 27%), ainsi qu'une augmentation elle-même notable (plus 9%) de la performance de freinage sur glace sèche (température inférieure à -5°C).

- 15 En conclusion, la composition de caoutchouc de l'invention, grâce à l'incorporation de microparticules de sulfate de potassium, présente une stabilité à l'humidité qui est très sensiblement améliorée, tout en offrant aux pneumatiques et à leurs bandes de roulement d'excellentes performances d'adhérence sur glace.

- 20 .

5

Tableau 1

Composition N°:	C-0	C-1	C-2
BR (1)	60	60	60
NR (2)	40	40	40
silice (3)	80	80	80
agent de couplage (4)	6.6	6.6	6.6
sulfate de magnésium (5)	-	20	-
sulfate de potassium (6)	-	-	20
noir de carbone (7)	5	5	5
huile non aromatique (8)	60	60	60
résine plastifiante (9)	15	15	15
DPG (10)	1.5	1.5	1.5
ZnO	1.2	1.2	1.2
acide stéarique	1	1	1
cire anti-ozone	1.5	1.5	1.5
antioxydant (11)	2	2	2
soufre	2	2	2
accélérateur (12)	2	2	2

10

15

20

- (1) BR avec 97% de motifs cis 1-4 (Tg = -104°C) ;
- (2) caoutchouc naturel (peptisé) ;
- (3) silice "Zeosil 1165MP" de la société Rhodia, type "HDS" (BET et CTAB : environ 160 m²/g);
- (4) agent de couplage TESPT ("Si69" de la société Degussa) ;
- (5) sulfate de magnésium ("MN-00" de la société Umai Kasei) ;
- (6) sulfate de potassium ("KSO" de la société Ueno Seiyaku) ;
- (7) grade ASTM N234 (société Cabot) ;
- (8) huile MES ("Catenex SNR" de Shell) ;
- (9) résine haute Tg C5/C9 ("Escorez ECR 273" de la société Exxon)
- (10) diphénylguanidine ("Perkacit DPG" de la société Flexsys) ;
- (11) N-1,3-diméthylbutyl-N-phénylparaphénylènediamine ("Santoflex 6-PPD" de la société Flexsys);
- (12) N-dicyclohexyl-2-benzothiazol-sulfénamide ("Santocure CBS" de la société Flexsys).

5

Tableau 2

Composition :	C-0	C-1	C-2
Friction sur glace (-2°C)	100	110	108.5

10

Tableau 3

Prise de masse (en %) après traitement humide (35°C et 80% d'humidité relative) :	C-1	C-2
Après 3 jours	+ 2.1 %	+ 0.1%
Après 6 jours	+ 3.0 %	+ 0.2%
Après 9 jours	+ 3.9%	+0.3%
après 20 jours	+ 5.6%	+0.5%

15

Tableau 4

Prise de masse (en %) après traitement humide (65°C et 90% d'humidité relative) :	C-1	C-2
après 3 jours	+ 6.1 %	+ 1.0%
après 6 jours	+ 8.8 %	+ 1.2%
après 9 jours	+ 11.3%	+ 1.3%
après 20 jours	+ 14.4%	+ 1.5%

20

5

Tableau 5

Composition N°:	C-3	C-4
BR (1)	60	60
NR (2)	40	40
silice (3)	80	80
agent de couplage (4)	6.4	6.4
sulfate de potassium (5)	-	40
noir de carbone (6)	5	5
huile non aromatique (7)	53	55
résine plastifiante (8)	13	14
DPG (9)	1.6	1.6
ZnO	1.2	1.2
acide stéarique	1	1
cire anti-ozone	1.5	1.5
antioxydant (10)	2	2
soufre	2	2
accélérateur (11)	1.7	1.7

10

15

20

- (1) BR avec 97% de motifs cis 1-4 (Tg = -104°C) ;
- (2) caoutchouc naturel (peptisé) ;
- (3) silice "Zeosil 1165MP" de la société Rhodia, type "HDS" (BET et CTAB : environ 160 m²/g);
- (4) agent de couplage TESPT ("Si69" de la société Degussa) ;
- (5) sulfate de potassium ("KSO" de la société Ueno Seiyaku) ;
- (6) grade ASTM N234 (société Cabot) ;
- (7) huile MES ("Catenex SNR" de Shell) ;
- (8) résine C5/C9 (« Escorez ECR 273 de la société Exxon) ;
- (9) diphénylguanidine (Perkacit DPG de la société Flexsys) ;
- (10) N-1,3-diméthylbutyl-N-phénylparaphénylènediamine (Santoflex 6-PPD de la société Flexsys);
- (11) N-dicyclohexyl-2-benzothiazol-sulfénamide ("Santocure CBS" de la société Flexsys).

5

Tableau 6

Composition N°:	C-3	C-4
<i>Propriétés avant cuisson :</i>		
Mooney (UM)	48	51
<i>Propriétés après cuisson :</i>		
Shore A	52	52
M10 (MPa)	2.6	2.6
M100(MPa)	1.0	1.0
M300 (MPa)	1.1	0.9
contrainte à la rupture (MPa)	14	12
allongement a la rupture (%)	530	490
Tan(δ)(à 0°C)	0.18	0.16

10

15

20

25

Tableau 7

Pneumatique N°:	P-3	P-4
Freinage sur glace (-2°C) :	100	127
Freinage sur glace (-6°C) :	100	109
Accélération sur glace (-2°C) :	100	115

30

35

REVENDICATIONS

1. Composition de caoutchouc utilisable comme bande de roulement d'un pneumatique, à base d'au moins un élastomère diénique, plus de 30 pce d'un plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante, entre 2 et 60 pce de microparticules de sulfate métallique hydrosoluble, les microparticules ayant une taille médiane en poids comprise entre 1 μm et 1 mm, caractérisée en ce que ledit sulfate est un sulfate de potassium.
2. Composition selon la revendication 1, dans laquelle les microparticules ont une taille médiane (en poids) comprise entre 2 et 500 μm .
3. Composition selon la revendication 2, dans laquelle les microparticules ont une taille médiane comprise entre 5 et 200 μm .
4. Composition selon la revendication 3, dans laquelle le taux de microparticules est compris entre 5 et 50 pce.
5. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle l'élastomère diénique est choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel, les polyisoprènes de synthèse, les polybutadiènes, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.
6. Composition selon la revendication 5, dans laquelle l'élastomère diénique est choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel, les polyisoprènes de synthèse, les polybutadiènes ayant un taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%, les copolymères de butadiène-styrène et les mélanges de ces élastomères.
7. Composition selon la revendication 6, comportant plus de 50 pce de caoutchouc naturel ou de polyisoprène de synthèse.
8. Composition selon la revendication 7, dans laquelle le caoutchouc naturel ou le polyisoprène de synthèse est utilisé en coupage avec un polybutadiène ayant un taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%.
9. Composition selon la revendication 6, comportant plus de 50 pce d'un polybutadiène ayant un taux de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%.
10. Composition selon la revendication 9, dans laquelle le polybutadiène est utilisé en coupage avec du caoutchouc naturel ou un polyisoprène de synthèse.

11. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle la charge renforçante comprend à titre majoritaire du noir de carbone.
12. Composition selon la revendication 11, dans laquelle le taux de noir de carbone est supérieur à 60 pce.
13. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle la charge renforçante comprend à titre majoritaire une charge inorganique renforçante.
14. Composition selon la revendication 13, dans laquelle le taux de charge inorganique renforçante est supérieur à 70 pce.
15. Composition selon la revendication 13 ou 14, dans laquelle la charge inorganique renforçante est de la silice.
16. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans laquelle la charge renforçante comprend un coupage de noir de carbone et de silice.
17. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans laquelle le taux de charge renforçante totale est compris entre 60 et 120.
18. Composition selon la revendication 17, dans laquelle le taux de charge renforçante totale est compris entre 70 et 100 pce.
- 19 Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, dans laquelle le plastifiant liquide est choisi dans le groupe constitué par les huiles naphéniques, les huiles paraffiniques, les huiles MES, les huiles TDAE, les huiles minérales, les huiles végétales, les plastifiants éthers, les plastifiants esters, les plastifiants phosphates, les plastifiants sulfonates et les mélanges de ces composés.
20. Composition selon la revendication 19, dans laquelle le taux de plastifiant liquide est supérieur à 40 pce.
21. Composition selon la revendication 20, dans laquelle le taux de plastifiant liquide est compris dans un domaine de 50 à 100 pce.
22. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, comportant une résine hydrocarbonée présentant une Tg supérieure à 20°C.
23. Composition selon la revendication 22, dans laquelle la résine hydrocarbonée est choisie dans le groupe constitué par les résines d'homopolymère ou copolymère de cyclopentadiène, les résines d'homopolymère ou copolymère de dicyclopentadiène, les résines d'homopolymère ou copolymère

terpène, les résines d'homopolymère ou copolymère de coupe C5, les résines d'homopolymère ou copolymère de coupe C9, et les mélanges de ces résines.

24. Composition selon les revendications 22 ou 23, dans laquelle le taux de résine hydrocarbonée est compris entre 3 et 60 pce.

25. Bande de roulement de pneumatique comportant une composition conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 24.

26. Pneumatique comportant une bande de roulement selon la revendication 25.

27. Procédé de fabrication d'une composition de caoutchouc utilisable comme bande de roulement d'un pneumatique, ledit procédé comportant les étapes suivantes : incorporer dans un mélangeur, à un élastomère diénique ou un mélange d'élastomères diéniques, plus de 30 pce d'un agent plastifiant liquide, entre 50 et 150 pce d'une charge renforçante, entre 2 et 60 pce des microparticules de sulfate de potassium, les microparticules ayant une taille médiane en poids comprise entre 1 μm et 1 mm, en malaxant thermo-mécaniquement le tout, en une ou plusieurs fois, jusqu'à atteindre une température maximale comprise entre 130°C et 200°C ; refroidir l'ensemble à une température inférieure à 100°C ; incorporer ensuite un système de réticulation; malaxer le tout jusqu'à une température maximale inférieure à 120°C.

28. Procédé selon la revendication 27, dans lequel les microparticules ont une taille médiane (en poids) comprise entre 2 et 500 μm .

29. Procédé selon la revendication 28, dans lequel la taille médiane des microparticules est entre 5 et 200 μm .