

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 049 901

②1 N° d'enregistrement national : 16 53107

⑤1 Int Cl⁸ : B 60 C 11/113 (2017.01)

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.04.16.

③0 Priorité :

⑦1 Demandeur(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions — FR et MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme — CH.

⑦2 Inventeur(s) : MANSUY PHILIPPE.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.10.17 Bulletin 17/41.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

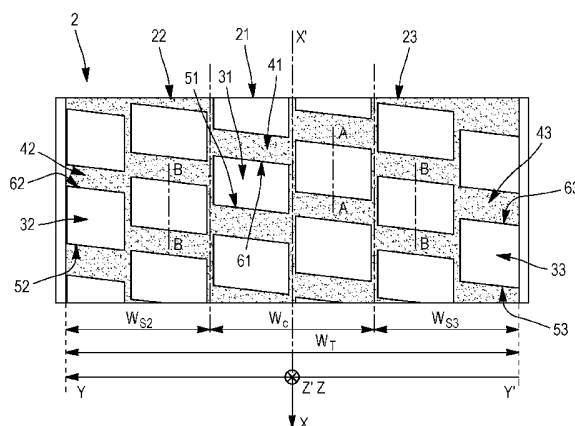
⑦3 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions, MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme.

○ Demande(s) d'extension :

⑦4 Mandataire(s) : MANUF FSE PNEUMATIQUES MICHELIN Société en commandite par actions.

⑤4 BANDE DE ROULEMENT A DIRECTIONNALITES DIFFERENCIEES POUR UN PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD.

⑤7 La présente invention a pour objet la bande de roulement (2) d'un pneumatique radial pour un véhicule lourd de type génie civil destiné à un usage carrières, caractérisé par une alternance de roulages en charge sur une pente descendante et à vide sur une pente ascendante, et vise à réduire sa vitesse d'usure. La bande de roulement (2) ayant une largeur totale W_T et comprenant une première portion médiane (21) ayant une largeur médiane W_c au moins égale à 20% et au plus égale à 50% de la largeur totale W_T , axialement délimitée par respectivement une deuxième et une troisième portions latérales (22, 23), ayant respectivement une largeur latérale (W_{S2} , W_{S3}) au moins égale à 25% et au plus égale à 40% de la largeur totale W_T , l'angle A_{51} de la face d'attaque (51) de tout élément en relief (31) de la première portion médiane (21) est strictement supérieur à l'angle A_{61} de la face de fuite (61) dudit élément en relief (31) et l'angle (A_{52} , A_{53}) de la face d'attaque (52, 53) de tout élément en relief (32, 33) de chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est strictement inférieur à l'angle (A_{62} , A_{63}) de la face de fuite (62, 63) dudit élément en relief (32, 33).



FR 3 049 901 - A1



[0001] La présente invention a pour objet un pneumatique radial, destiné à équiper un véhicule lourd de type génie civil, et concerne, plus particulièrement, sa bande de roulement.

[0002] Un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil est destiné à être monté sur une jante dont le diamètre est au moins égal à 25 pouces, selon, par exemple, la classification de la norme de la European Tyre and Rim Technical Organisation ou ETRTO. L'invention est plus particulièrement applicable à un pneumatique radial destiné à être monté sur une jante dont le diamètre est compris entre 35 pouces et 63 pouces, sans être toutefois limitée à cette application.

[0003] La bande de roulement est la partie du pneumatique, destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement et à être usée. La bande de roulement, constituée par au moins un matériau élastomérique, comprend usuellement un système plus ou moins complexe de découpures séparant des éléments en relief, appelé sculpture, et dont la fonction est principalement de garantir au pneumatique une performance satisfaisante en adhérence longitudinale, sous efforts moteur et freineur, et en adhérence transversale.

[0004] Plus précisément un pneumatique selon l'invention est destiné à être monté sur un véhicule de type dumper, assurant en particulier le transport de matériaux extraits de carrières. Un tel usage, appelé usage carrières, consiste, de manière simplifiée, en une alternance de cycles aller en charge et de cycles retour à vide. Lors d'un cycle aller en charge, le véhicule chargé transporte, principalement en descente, les matériaux extraits depuis des zones de chargement en haut de la carrière jusqu'à des zones de déchargement. Lors d'un cycle retour à vide, le véhicule à vide retourne, principalement en montée, vers les zones de chargement en haut de la carrière.

[0005] En outre les pistes sur lesquelles roulent les véhicules sont constituées de matériaux en général issus de la carrière, par exemple, des roches concassées, compactées et régulièrement arrosées pour garantir la tenue de la couche d'usure de la piste lors du passage des véhicules. Ces pistes ont une action particulièrement abrasive sur les bandes de roulement des pneumatiques.

[0006] La charge appliquée sur le pneumatique dépend à la fois de sa position sur le véhicule et du cycle d'usage du véhicule. A titre d'exemple, pour une pente comprise entre 8.5% et 10%, lors d'un cycle aller de descente en charge, environ un tiers de la charge totale du véhicule est appliqué sur l'essieu avant, équipé généralement de deux pneumatiques en monte simple, et deux tiers de la charge totale du véhicule sont
5 appliqués sur l'essieu arrière, équipé généralement de quatre pneumatiques en monte jumelée. Lors du cycle retour de montée à vide, pour une pente comprise entre 8.5% et 10%, environ la moitié de la charge totale du véhicule est appliquée sur l'essieu avant et la moitié de la charge totale du véhicule est appliquée sur l'essieu arrière. Les
10 pneumatiques équipant les dumpers sont, en règle générale, montés, en monte simple, sur l'essieu avant du véhicule pendant le premier tiers de leur vie, puis ensuite permutés, et montés, en monte jumelée, sur l'essieu arrière pour les deux tiers de vie restants. Les pneumatiques selon l'invention sont plus particulièrement optimisés pour un fonctionnement sur essieu arrière.

[0007] Sur un plan économique, le transport des matériaux extraits peut représenter jusqu'à 50% des coûts d'exploitation de la carrière, et la contribution des pneumatiques dans les coûts de transport est significative. Par conséquent limiter la vitesse d'usure des pneumatiques est un axe majeur de réduction des coûts d'exploitation. Du point de vue
15 du fabricant de pneumatiques, développer des solutions techniques permettant de réduire la vitesse d'usure est donc un objectif stratégique important.
20

[0008] Les pneumatiques sont soumis à de fortes sollicitations mécaniques, à la fois au niveau local, lors du roulage sur des pistes recouvertes par des indenteurs, constitués par des cailloux dont la taille moyenne est typiquement comprise entre 1 pouce et 2.5
25 pouces, et au niveau global, lors du passage d'un couple important sur des pentes comprises entre 8.5% et 10%, et lors des demi-tours pour les manœuvres de chargement et de déchargement. Ces sollicitations mécaniques conduisent à une usure relativement rapide des pneumatiques.

[0009] Les solutions techniques envisagées à ce jour pour réduire la vitesse d'usure portent essentiellement sur la conception de la sculpture de la bande de roulement, sur le
30 choix des matériaux constitutifs de la bande de roulement, généralement des mélanges élastomériques, et sur l'optimisation de l'armature de sommet radialement intérieure à

la bande de roulement. Par exemple, dans le domaine de la sculpture de la bande de roulement, le document WO 2004085175 décrit l'utilisation d'une bande de roulement dont les éléments en relief de sculpture présentent une inclinaison des faces avant et arrière différenciées et variables dans la largeur de la bande de roulement pour générer des efforts de couplage dépendant de la charge appliquée, et ainsi modifier le point de fonctionnement du pneu en glissement et donc limiter les phénomènes d'usure. Par effort de couplage, on entend un effort circonférentiel, tangent à la surface de roulement, généré par la charge appliquée, par effet de Poisson sur les éléments en relief.

10 **[0010]** Un pneumatique ayant une géométrie de révolution par rapport à un axe de rotation, sa géométrie est décrite usuellement dans un plan radial contenant l'axe de rotation du pneumatique. Pour un plan radial donné, les directions radiale, axiale et circonférentielle désignent respectivement les directions perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique, parallèle à l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire au plan radial. Par convention, les expressions «radialement intérieur, respectivement radialement extérieur» signifient «plus proche, respectivement plus éloigné de l'axe de rotation du pneumatique». Par «axialement intérieur, respectivement axialement extérieur», on entend «plus proche, respectivement plus éloigné du plan équatorial du pneumatique», le plan équatorial du pneumatique étant le plan passant par le milieu de la surface de roulement du pneumatique et perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique.

25 **[0011]** Les inventeurs se sont donnés pour objectif de réduire la vitesse d'usure de la bande de roulement d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil soumis à de fortes sollicitations mécaniques induites par un usage carrières, caractérisé principalement par une alternance de cycles aller de descente en charge et de cycles retour de montée à vide.

[0012] Cet objectif a été atteint, selon l'invention, par un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil destiné à un usage carrières, caractérisé par une alternance de roulages en charge sur une pente descendante et à vide sur une pente ascendante:

- le pneumatique comprenant une bande de roulement ayant une largeur totale et comprenant une première portion médiane, axialement délimitée par respectivement une deuxième et une troisième portions latérales,
- la première portion médiane ayant une largeur médiane au moins égale à 20% et au plus égale à 50% de la largeur totale, et comprenant des éléments en relief, séparés les uns des autres par des découpures, chaque élément en relief comprenant une face d'attaque, destinée à entrer en contact en premier avec le sol et formant, avec un plan radial, un angle, et une face de fuite, destinée à entrer en contact en dernier avec le sol et formant, avec un plan radial, un angle,
- chacune des deuxième et troisième portions latérales ayant respectivement une largeur latérale au moins égale à 25% et au plus égale à 40% de la largeur totale, et comprenant respectivement des éléments en relief, séparés les uns des autres par des découpures, chaque élément en relief comprenant une face d'attaque, formant, avec un plan radial, un angle, et une face de fuite, formant, avec un plan radial, un angle,
- l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief de la première portion médiane étant strictement supérieur à l'angle de la face de fuite dudit élément en relief et l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief de chacune des deuxième et troisième portions latérales étant strictement inférieur à l'angle de la face de fuite dudit élément en relief.
- [0013]** Tout élément en relief de la bande roulement est délimité, selon la direction circonférentielle, par une face d'attaque et une face de fuite, et, selon une direction radiale, radialement à l'extérieur par une face de contact destinée à entrer en contact avec le sol. Par face d'attaque, on entend la face dont l'arête radialement extérieure, intersection de la face d'attaque et de la face de contact, entre en premier dans le contact avec le sol. Par face de fuite, on entend la face dont l'arête radialement extérieure, intersection de la face de fuite et de la face de contact, entre en dernier dans le contact avec le sol.
- [0014]** Une face d'attaque et une face de fuite, généralement sensiblement planes, sont respectivement caractérisées par l'angle qu'elle forme avec un plan radial, contenant l'axe de rotation du pneumatique et passant par l'arête radialement extérieure de la face. Le plus souvent, cet angle est constant, selon la direction axiale, c'est-à-dire dans la

largeur de la bande roulement; mais il peut être variable, selon la direction axiale, auquel cas est alors pris en compte un angle moyen. Cet angle est usuellement appelé angle de dépouille. Dans un repère local défini par un axe circonférentiel, tangent à la circonférence du pneumatique et orienté selon le sens de rotation du pneumatique, et par un axe radial, perpendiculaire à la circonférence du pneumatique et orienté vers l'axe de rotation du pneumatique, l'angle de la face d'attaque est un angle orienté positivement selon le sens trigonométrique. Dans ce même repère local, l'angle de la face de fuite est un angle orienté positivement selon le sens opposé au sens trigonométrique.

[0015] Tout élément en relief est soumis, au niveau de sa face de contact, à un effort circonférentiel de couplage, appelé effort élémentaire de couplage, et à un effort circonférentiel de glissement, appelé effort élémentaire de glissement, la résultante de ces deux efforts étant appelée effort élémentaire résultant. L'effort élémentaire de couplage est l'effort appliqué à l'élément en relief par le sol, en réaction aux contraintes tangentielles induites par la charge appliquée à l'élément en relief par effet de Poisson. L'effort élémentaire de glissement est l'effort appliqué à l'élément en relief par le sol, en réaction aux glissements moteur ou freineur du pneumatique induits par le couple moteur ou freineur appliqué au pneumatique, lorsque le pneumatique est monté sur un essieu arrière du véhicule. Plus précisément, cet effort élémentaire de glissement résulte de la différence de vitesses entre l'armature de sommet du pneumatique, radialement intérieure de la bande de roulement, et le sol.

[0016] Pour la première portion médiane et chacune des deuxième et troisième portions latérales, on définit respectivement un effort médian de couplage et un effort latéral de couplage, un effort médian de glissement et un effort latéral de glissement, un effort médian résultant et un effort latéral résultant. Les efforts médians respectivement de couplage, de glissement et résultant dépendent des efforts élémentaires respectivement de couplage, de glissement et résultant, appliqués aux éléments en relief de la première portion médiane, mais aussi des interactions mécaniques avec les deuxième et troisième portions latérales. De façon analogue, les efforts latéraux respectivement de couplage, de glissement et résultant dépendent des efforts élémentaires respectivement de couplage, de glissement et résultant, appliqués aux éléments en relief de la deuxième ou

troisième portion latérale, mais aussi des interactions mécaniques avec la première portion médiane.

[0017] Au niveau global de la bande roulement, on définit respectivement un effort global de couplage, un effort global de glissement et un effort global résultant. Les efforts globaux respectivement de couplage, de glissement et résultant sont les résultantes des efforts médian et latéraux respectivement de couplage, de glissement et résultant.

[0018] Le principe de l'invention est de proposer une sculpture de bande de roulement permettant de générer un effort global de couplage de même sens que l'effort global résultant, à la fois sous couple moteur et sous couple freineur, pour un pneumatique monté sur essieu moteur. L'effort global de couplage générant ainsi une partie de l'effort global résultant nécessaire à l'avancement du véhicule, il réduit d'autant l'effort global de glissement, donc le glissement de la bande roulement sur le sol est diminué par rapport à une bande de roulement sans effort global de couplage, et corrélativement l'usure de la bande de roulement, fonction du glissement et de la pression de contact, est diminuée, aussi bien sous couple moteur que sous couple freineur.

[0019] Dans ce but, l'invention propose de combiner une première portion médiane pour laquelle l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief est strictement supérieur à l'angle de la face de fuite dudit élément en relief, avec une deuxième et une troisième portions latérales pour chacune desquelles l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief est strictement inférieur à l'angle de la face de fuite dudit élément en relief.

[0020] Sous couple freineur, le véhicule étant en charge, la bande de roulement entre en contact avec le sol sur toute sa largeur axiale : la première portion médiane et chacune des deuxième et troisième portions latérales entrent ainsi intégralement en contact avec le sol. Dans cette configuration, la charge portée par la première portion médiane est inférieure à la charge portée par l'ensemble des deuxième et troisième portions latérales. L'effort médian de couplage, proportionnel à la charge appliquée sur la première portion médiane selon un taux de couplage donné, est par conséquent inférieur à la somme des efforts latéraux de couplage, proportionnels respectivement à la charge appliquée sur les deuxième et troisième portions latérales selon le même taux de

couplage donné. Par ailleurs, compte tenu du choix des angles des faces d'attaque et de fuite des éléments en relief respectivement de la première portion médiane et des deuxième et troisième portions latérales, l'effort médian de couplage est de signe opposé à chaque effort latéral de couplage. Par conséquent, l'effort global de couplage, somme algébrique de l'effort médian de couplage et des efforts latéraux de couplage, est de même signe que les efforts latéraux de couplage, et de même signe que l'effort global résultant freineur, orienté dans le sens opposé au déplacement du pneumatique. Par conséquent l'effort global de couplage contribue positivement à l'effort global freineur, ce qui diminue la part de l'effort global de glissement freineur, donc le glissement de la bande roulement sur le sol et donc l'usure.

[0021] Sous couple moteur, le véhicule étant à vide, la bande de roulement entre en contact avec le sol sur une partie de sa largeur axiale : la première portion médiane entre intégralement en contact avec le sol, alors que chacune des deuxième et troisième portions latérales entre partiellement en contact avec le sol. Dans cette configuration, la charge portée par la première portion médiane est supérieure à la charge portée par l'ensemble des deuxième et troisième portions latérales. L'effort médian de couplage, proportionnel à la charge appliquée sur la première portion médiane selon un taux de couplage donné, est par conséquent supérieur à la somme des efforts latéraux de couplage, proportionnels respectivement à la charge appliquée sur les deuxième et troisième portions latérales selon le même taux de couplage donné. Par ailleurs, compte tenu du choix des angles des faces d'attaque et de fuite des éléments en relief respectivement de la première portion médiane et des deuxième et troisième portions latérales, l'effort médian de couplage est de signe opposé à chaque effort latéral de couplage. Par conséquent, l'effort global de couplage, somme algébrique de l'effort médian de couplage et des efforts latéraux de couplage, est de même signe que l'effort médian de couplage, et de même signe que l'effort global résultant moteur, orienté dans le sens du déplacement du pneumatique. Par conséquent l'effort global de couplage contribue positivement à l'effort global moteur, ce qui diminue la part de l'effort global de glissement moteur, donc le glissement de la bande roulement sur le sol et donc l'usure.

[0022] Selon un mode de réalisation préféré, la première portion médiane est symétrique par rapport à un plan équatorial passant par le milieu de la bande de roulement et perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique. Ceci implique que les deuxième et troisième portions latérales ont des largeurs latérales égales. Cette conception permet d'avoir une répartition équilibrée des efforts entre les deux portions latérales et représente le mode de réalisation usuel.

[0023] Avantageusement l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief de la première portion médiane est au moins égal à 15° et au plus égal à 35° . Cet intervalle d'angles permet d'avoir un niveau de contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol minimal au voisinage de l'arête d'attaque.

[0024] Encore avantageusement l'angle de la face de fuite de tout élément en relief de la première portion médiane est au moins égal à 6° et au plus égal à 12° . Cet intervalle d'angles permet de limiter contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol, au voisinage de l'arête de fuite, inférieur au niveau de contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol, au voisinage de l'arête d'attaque.

[0025] Egalement avantageusement la différence entre l'angle de la face d'attaque et l'angle de la face de fuite de tout élément en relief de la première portion médiane est au moins égale à 5° et au plus égale à 30° . Cette caractéristique garantit un différentiel entre les contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol respectivement au voisinage de l'arête d'attaque et au voisinage de l'arête de fuite, générant l'effort élémentaire de couplage recherché.

[0026] Avantageusement l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief de chacune des deuxième et troisième portions latérales est au moins égal à 6° et au plus égal à 12° . Cet intervalle d'angles permet de limiter les contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol au voisinage de l'arête d'attaque.

[0027] Encore avantageusement l'angle de la face de fuite de tout élément en relief de chacune des deuxième et troisième portions latérales est au moins égal à 15° et au plus égal à 35° . Cet intervalle d'angles permet d'avoir un niveau de contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol, au voisinage de l'arête de fuite, supérieur au niveau de contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol, au voisinage de l'arête d'attaque.

[0028] Egalement avantageusement la différence entre l'angle de la face de fuite et l'angle de la face d'attaque de tout élément en relief de chacune des deuxième et troisième portions latérales est au moins égale à 5° et au plus égale à 30°. Cette caractéristique garantit un différentiel entre les contraintes tangentielles induites par effet de Poisson sur le sol respectivement au voisinage de l'arête de fuite et au

5 voisinage de l'arête d'attaque, générant l'effort élémentaire de couplage recherché.

[0029] Selon une variante de réalisation de la bande de roulement, la bande de roulement est constituée par la superposition radiale d'au moins un premier matériau élastomérique radialement intérieur et d'un deuxième matériau élastomérique

10 radialement extérieur. Cette conception permet d'ajuster le compromis entre les performances d'usure, d'adhérence, de résistance aux agressions mécaniques et de tenue en température du sommet du pneumatique, au cours de la vie du pneumatique.

[0030] Selon une autre variante de réalisation de la bande de roulement, la première portion médiane est constituée par un matériau élastomérique médian et chacune des

15 deuxième et troisième portions latérales est constituée par un matériau élastomérique latéral différent du matériau élastomérique médian. Cette conception permet d'optimiser le compromis entre les performances d'usure, d'adhérence, de résistance aux agressions mécaniques et de tenue en température du sommet du pneumatique, selon la zone de la bande de roulement.

[0031] Les deux variantes de réalisation de la bande de roulement précédemment décrites peuvent évidemment être combinées avec une différenciation du matériau élastomérique à la fois selon la largeur axiale et selon la profondeur radiale de la bande de roulement, pour avoir une optimisation encore plus fine des performances à la fois

20 par zone de la bande de roulement et dans le temps, à divers niveaux d'usure de la bande de roulement.

25

[0032] Les caractéristiques de l'invention sont illustrées par les figures schématiques et non représentées à l'échelle, décrites ci-après :

- figure 1A : cycle aller de descente en charge d'un dumper
- figure 1B : cycle retour de montée à vide d'un dumper
- 30 -figure 2A : vue de dessus partielle d'une bande de roulement de pneumatique selon l'invention

- figure 2B : vue en coupe d'un élément en relief de la première portion médiane
- figure 2C : vue en coupe d'un élément en relief d'une deuxième ou troisième portion latérale
- figure 3A : fonctionnement mécanique d'un élément en relief de la première portion médiane, sous couple freineur et en charge
- 5 -figure 3B : fonctionnement mécanique d'un élément en relief d'une deuxième ou troisième portion latérale, sous couple freineur et en charge
- figure 4A : fonctionnement mécanique d'un élément en relief de la première portion médiane, sous couple moteur et à vide
- 10 -figure 4B : fonctionnement mécanique d'un élément en relief d'une deuxième ou troisième portion latérale, sous couple moteur et à vide
- figure 5A : courbes canoniques d'usure en fonction de l'effort global résultant pour un pneumatique de l'état de la technique E et pour un pneumatique selon l'invention I, en charge
- 15 -figure 5B : courbes canoniques d'usure en fonction de l'effort global résultant pour un pneumatique de l'état de la technique E et pour un pneumatique selon l'invention I, à vide.

[0033] Sur la figure 1A, est représenté un cycle aller de descente en charge d'un dumper. Le dumper en charge descend une pente d'angle A. Chaque pneumatique 1, monté sur essieu moteur, est soumis à un couple freineur T_F et à une charge P_C . Les réactions du sol sur la bande de roulement 2 du pneumatique sont respectivement un effort circonférentiel freineur R_{CX} , orienté selon le sens opposé au déplacement V du dumper, et un effort radial R_{CZ} .

[0034] Sur la figure 1B, est représenté un cycle retour de montée à vide d'un dumper. Le dumper à vide monte une pente d'angle A. Chaque pneumatique 1, monté sur essieu moteur, est soumis à un couple moteur T_M et à une charge P_V . Les réactions du sol sur la bande de roulement 2 du pneumatique sont respectivement un effort circonférentiel moteur R_{VX} , orienté dans le sens du déplacement V du dumper, et un effort radial R_{VZ} .

[0035] La figure 2A est une vue de dessus partielle d'une bande de roulement 2 de pneumatique selon l'invention. La bande de roulement 2 a une largeur totale W_T et comprend une première portion médiane 21, axialement délimitée par respectivement

une deuxième et une troisième portions latérales (22, 23). La première portion médiane 21 a une largeur médiane W_c au moins égale à 20% et au plus égale à 50% de la largeur totale W_T , et comprend des éléments en relief 31, séparés les uns des autres par des découpures 41, chaque élément en relief 31 comprenant une face d'attaque 51, destinée à entrer en contact en premier avec un sol et une face de fuite 61, destinée à entrer en contact en dernier avec le sol. Chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) a respectivement une largeur latérale (W_{S2} , W_{S3}) au moins égale à 25% et au plus égale à 40% de la largeur totale W_T , et comprend respectivement des éléments en relief (32, 33), séparés les uns des autres par des découpures (42, 43), chaque élément en relief (32, 33) comprenant une face d'attaque (52, 53) et une face de fuite (62, 63).

[0036] La figure 2B est une vue en coupe d'un élément en relief 31 de la première portion médiane, séparé des éléments en relief adjacents par une découpe 41. Chaque élément en relief 31 comprend une face d'attaque 51, destinée à entrer en contact en premier avec un sol et formant, avec un plan radial YZ, un angle A_{51} , et une face de fuite 61, destinée à entrer en contact en dernier avec le sol et formant, avec un plan radial YZ, un angle A_{61} . Les angles A_{51} et A_{61} sont usuellement appelés angles de dépouille. Dans un repère local XZ défini par un axe circonférentiel X, tangent à la circonférence du pneumatique et orienté selon le sens de rotation du pneumatique, et par un axe radial Z, perpendiculaire à la circonférence du pneumatique et orienté vers l'axe de rotation du pneumatique, l'angle A_{51} de la face d'attaque 51 est un angle orienté positivement selon le sens trigonométrique. Dans ce même repère local, l'angle A_{61} de la face de fuite 61 est un angle orienté positivement selon le sens opposé au sens trigonométrique. Selon l'invention l'angle A_{51} de la face d'attaque 51 de tout élément en relief 31 de la première portion médiane 21 est strictement supérieur à l'angle A_{61} de la face de fuite 61 dudit élément en relief 31.

[0037] De façon analogue, la figure 2C est une vue en coupe d'un élément en relief (32, 33) d'une deuxième ou troisième portion latérale, séparé des éléments en relief adjacents par une découpe (42, 43). Chaque élément en relief (32, 33) comprend une face d'attaque (52, 53), destinée à entrer en contact en premier avec un sol et formant, avec un plan radial YZ, un angle (A_{52} , A_{53}), et une face de fuite (62, 63), destinée à entrer en contact en dernier avec le sol et formant, avec un plan radial YZ, un angle

(A_{62} , A_{63}). Les angles (A_{52} , A_{53}) et (A_{62} , A_{63}) sont usuellement appelés angles de dépouille. Dans un repère local XZ défini par un axe circonférentiel X, tangent à la circonférence du pneumatique et orienté selon le sens de rotation du pneumatique, et par un axe radial Z, perpendiculaire à la circonférence du pneumatique et orienté vers l'axe de rotation du pneumatique, l'angle (A_{52} , A_{53}) de la face d'attaque (52, 53) est un angle orienté positivement selon le sens trigonométrique. Dans ce même repère local, l'angle (A_{62} , A_{63}) de la face de fuite (62, 63) est un angle orienté positivement selon le sens opposé au sens trigonométrique. Selon l'invention l'angle (A_{52} , A_{53}) de la face d'attaque (52, 53) de tout élément en relief (32, 33) de chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est strictement inférieur à l'angle (A_{62} , A_{63}) de la face de fuite (62, 63) dudit élément en relief (32, 33).

[0038] La figure 3A schématise le fonctionnement mécanique d'un élément en relief 31 de la première portion médiane, sous couple freineur T_F et en charge, le pneumatique ayant un sens de rotation R. L'angle A_{51} de la face d'attaque 51 étant strictement supérieur à l'angle A_{61} de la face de fuite 61, l'effort élémentaire de couplage C_E appliqué à la face de contact 71, généré par effet de Poisson par la pression appliquée p décroissant depuis l'arête d'attaque de la face d'attaque 51 à angle de dépouille A_{51} élevé jusqu'à l'arête de fuite de la face de fuite 61 à angle de dépouille A_{61} faible, est de même sens que le déplacement V. Sous l'action du couple freineur T_F , l'effort élémentaire de glissement G_E appliqué à la face de contact 71, de sens opposé au déplacement V, s'ajoute algébriquement à l'effort élémentaire de couplage C_E pour donner l'effort élémentaire résultant R_E , de sens opposé au déplacement V.

[0039] La figure 3B schématise le fonctionnement mécanique d'un élément en relief 32 d'une deuxième (ou troisième) portion latérale, sous couple freineur T_F et en charge, le pneumatique ayant un sens de rotation R. L'angle A_{52} de la face d'attaque 52 étant strictement inférieur à l'angle A_{62} de la face de fuite 62, l'effort élémentaire de couplage C_E appliqué à la face de contact 72, généré par effet de Poisson par la pression appliquée p croissant depuis l'arête d'attaque de la face d'attaque 22 à angle de dépouille A_{52} faible jusqu'à l'arête de fuite de la face de fuite 62 à angle de dépouille A_{62} élevé, est de sens inverse au déplacement V. Sous l'action du couple freineur T_F , l'effort élémentaire de glissement G_E appliqué à la face de contact 72, de sens opposé au

déplacement V , s'ajoute algébriquement à l'effort élémentaire de couplage C_E pour donner l'effort élémentaire résultant R_E , de sens opposé au déplacement V .

[0040] La figure 4A schématise le fonctionnement mécanique d'un élément en relief 31 de la première portion médiane, sous couple moteur T_M et à vide, le pneumatique ayant un sens de rotation R . L'angle A_{51} de la face d'attaque 51 étant strictement supérieur à l'angle A_{61} de la face de fuite 61, l'effort élémentaire de couplage C_E appliqué à la face de contact 71, généré par effet de Poisson par la pression appliquée p décroissant depuis l'arête d'attaque de la face d'attaque 51 à angle de dépouille A_{51} élevé jusqu'à l'arête de fuite de la face de fuite 61 à angle de dépouille A_{61} faible, est de même sens que le déplacement V . Sous l'action du couple moteur T_M , l'effort élémentaire de glissement G_E appliqué à la face de contact 71, de même sens que le déplacement V , s'ajoute algébriquement à l'effort élémentaire de couplage C_E pour donner l'effort élémentaire résultant R_E , de même sens que le déplacement V .

[0041] La figure 4B schématise le fonctionnement mécanique d'un élément en relief 32 d'une deuxième (ou troisième) portion latérale, sous couple moteur T_M et à vide, le pneumatique ayant un sens de rotation R . L'angle A_{52} de la face d'attaque 52 étant strictement inférieur à l'angle A_{62} de la face de fuite 62, l'effort élémentaire de couplage C_E appliqué à la face de contact 72, généré par effet de Poisson par la pression appliquée p croissant depuis l'arête d'attaque de la face d'attaque 52 à angle de dépouille A_{52} faible jusqu'à l'arête de fuite de la face de fuite 62 à angle de dépouille A_{62} élevé, est de sens inverse au déplacement V . Sous l'action du couple moteur T_M , l'effort élémentaire de glissement G_E appliqué à la face de contact 71, de même sens que le déplacement V , s'ajoute algébriquement à l'effort élémentaire de couplage C_E pour donner l'effort élémentaire résultant R_E , de même sens que le déplacement V .

[0042] La figure 5A représente des courbes canoniques d'usure types en fonction de l'effort global résultant respectivement pour un pneumatique de l'état de la technique E et pour un pneumatique selon l'invention I, en charge. En ordonnée, l'indicateur d'usure U est une perte de masse (par exemple, exprimé en g/km) ou une perte de hauteur de sculpture (par exemple, exprimé en mm/km). En abscisse, est représenté l'effort global résultant R_G (par exemple, exprimé en daN), appliqué sur la bande de roulement par le sol. Par rapport à un pneumatique de l'état de la technique E, l'ajout d'un effort global

de couplage C_{GF} freineur permet de décaler d'une valeur C_{GF} la courbe canonique d'usure dans le sens des efforts globaux résultants R_G décroissants. A effort global résultant freineur R_{GF} donné, l'indicateur d'usure U décroît de la valeur U_E pour un pneumatique de l'état de la technique à la valeur U_I pour un pneumatique selon l'invention, d'où un gain en usure DU .

[0043] La figure 5B représente des courbes canoniques d'usure types en fonction de l'effort global résultant respectivement pour un pneumatique de l'état de la technique E et pour un pneumatique selon l'invention I, à vide. Par rapport à un pneumatique de l'état de la technique E, l'ajout d'un effort global de couplage C_{GM} moteur permet de décaler d'une valeur C_{GM} la courbe canonique d'usure dans le sens des efforts globaux résultants R_G croissants. A effort global résultant moteur R_{GM} donné, l'indicateur d'usure U décroît de la valeur U_E pour un pneumatique de l'état de la technique à la valeur U_I pour un pneumatique selon l'invention, d'où un gain en usure DU .

[0044] L'invention a été plus particulièrement étudiée dans le cas d'un pneumatique de dimension 40.00R57, équipant un dumper rigide de 320 tonnes de charge totale, et dans le cas d'un pneumatique de dimension 24.00R35, équipant un dumper rigide de 100 tonnes de charge totale.

[0045] Le tableau 1 ci-dessous présente un exemple de répartition des charges et des efforts de couplage, entre la première portion médiane et les deuxième et troisième portions latérales d'une bande de roulement d'un pneumatique selon l'invention, le pneumatique étant monté sur un essieu arrière d'un dumper minier effectuant une alternance de cycles aller de descente en charge et de cycles retour de montée à vide.

	Première portion médiane	Deuxième portion latérale	Troisième portion latérale	Bande de roulement globale
Charge appliquée Z, en charge sous couple freineur	$0.4*Z_C$	$0.3*Z_C$	$0.3*Z_C$	Z_C
Effort de couplage C, en charge sous couple freineur	$+X*0.4*Z_C$	$-X*0.3*Z_C$	$-X*0.3*Z_C$	$-X*0.2*Z_C$
Charge appliquée Z, à vide sous couple moteur	$0.8*Z_V$	$0.1*Z_V$	$0.1*Z_V$	Z_V
Effort de couplage C, à vide sous couple moteur	$+X*0.8*Z_V$	$-X*0.1*Z_V$	$-X*0.1*Z_V$	$+X*0.6*Z_V$

Tableau 1

[0046] Dans le tableau 1, les efforts Z sont les charges appliquées par portion de bande de roulement et globalement sur toute la bande de roulement, et les efforts C sont les efforts de couplage correspondants, générés par effet de Poisson. Le rapport $C/Z=X$ est, par définition, le taux de couplage.

[0047] Sous couple freineur et en charge, la première portion médiane porte 40% de la charge totale Z_C et les deuxième et troisième portions latérales portent 60% de la charge totale Z_C , car la bande de roulement est en contact total avec le sol sur toute sa largeur. Les sens des efforts de couplage étant inversés entre portion médiane et portions

latérales, l'effort de couplage global, égal à $-X$ fois 20% de la charge totale Z_C , s'ajoute à l'effort global de glissement freineur.

5 **[0048]** Sous couple moteur et à vide, la première portion médiane porte 80% de la charge totale Z_V et les deuxième et troisième portions latérales portent seulement 20% de la charge totale Z_V , car la bande de roulement est en contact partiel avec le sol au niveau des deuxième et troisième portions latérales. Les sens des efforts de couplage étant inversés entre portion médiane et portions latérales, l'effort de couplage global, égal à $+X$ fois 60% de la charge totale Z_V , s'ajoute à l'effort global de glissement moteur.

10 **[0049]** Dans l'exemple précédemment décrit, les taux de couplage sont supposés identiques entre la première portion médiane et les deuxième et troisième portions latérales. Plus généralement, ces taux de couplage respectivement médian et latéraux peuvent être différents.

REVENDICATIONS

1 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil destiné à un usage carrières, caractérisé par une alternance de roulages en charge sur une pente descendante et à vide sur une pente ascendante:

5 -le pneumatique comprenant une bande de roulement (2) ayant une largeur totale W_T et comprenant une première portion médiane (21), axialement délimitée par respectivement une deuxième et une troisième portions latérales (22, 23),

-la première portion médiane (21) ayant une largeur médiane W_c au moins égale à 20% et au plus égale à 50% de la largeur totale W_T , et comprenant des éléments en relief (31), séparés les uns des autres par des découpures (41), chaque élément en relief (31) comprenant une face d'attaque (51), destinée à entrer en contact en premier avec un sol et formant, avec un plan radial (YZ), un angle A_{51} , et une face de fuite (61), destinée à entrer en contact en dernier avec le sol et formant, avec un plan radial (YZ), un angle

15 A_{61} ,
-chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) ayant respectivement une largeur latérale (W_{S2} , W_{S3}) au moins égale à 25% et au plus égale à 40% de la largeur totale W_T , et comprenant respectivement des éléments en relief (32, 33), séparés les uns des autres par des découpures (42, 43), chaque élément en relief (32, 33) comprenant

20 une face d'attaque (52, 53), formant, avec un plan radial (YZ), un angle (A_{52} , A_{53}), et une face de fuite (62, 63), formant, avec un plan radial (YZ), un angle (A_{62} , A_{63}),
caractérisé en ce que l'angle A_{51} de la face d'attaque (51) de tout élément en relief (31) de la première portion médiane (21) est strictement supérieur à l'angle A_{61} de la face de fuite (61) dudit élément en relief (31) **et en ce que** l'angle (A_{52} , A_{53}) de la face d'attaque (52, 53) de tout élément en relief (32, 33) de chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est strictement inférieur à l'angle (A_{62} , A_{63}) de la face de fuite (62, 63) dudit élément en relief (32, 33).

2 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon la revendication 1 **dans lequel** la première portion médiane (21) est symétrique par rapport à un plan équatorial (XZ) passant par le milieu de la bande de roulement (2) et perpendiculaire à l'axe de rotation (YY') du pneumatique.

30

- 3 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une des revendications 1 ou 2 **dans lequel** l'angle A_{51} de la face d'attaque (51) de tout élément en relief (31) de la première portion médiane (21) est au moins égal à 15° et au plus égal à 35° .
- 5 4 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **dans lequel** l'angle A_{61} de la face de fuite (61) de tout élément en relief (31) de la première portion médiane (21) est au moins égal à 6° et au plus égal à 12° .
- 10 5 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **dans lequel** la différence entre l'angle A_{51} de la face d'attaque (51) et l'angle A_{61} de la face de fuite (61) de tout élément en relief (31) de la première portion médiane (21) est au moins égale à 5° et au plus égale à 30° .
- 15 6 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 **dans lequel** l'angle (A_{52} , A_{53}) de la face d'attaque (52, 53) de tout élément en relief (32, 33) de chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est au moins égal à 6° et au plus égal à 12° .
- 20 7 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 **dans lequel** l'angle (A_{62} , A_{63}) de la face de fuite (62, 63) de tout élément en relief (32, 33) de chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est au moins égal à 15° et au plus égal à 35° .
- 25 8 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 **dans lequel** la différence entre l'angle (A_{62} , A_{63}) de la face de fuite (62, 63) et l'angle (A_{52} , A_{53}) de la face d'attaque (52, 53) de tout élément en relief (32, 33) de chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est au moins égale à 5° et au plus égale à 30° .
- 9 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 **dans lequel** la bande de roulement (2) est constituée par la superposition radiale d'au moins un premier matériau élastomérique radialement intérieur et d'un deuxième matériau élastomérique radialement extérieur.

- 19 -

10 – Pneumatique (1) pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 **dans lequel** la première portion médiane (21) est constituée par un matériau élastomérique médian et chacune des deuxième et troisième portions latérales (22, 23) est constituée par un matériau élastomérique latéral différent du
5 matériau élastomérique médian.

1 / 4

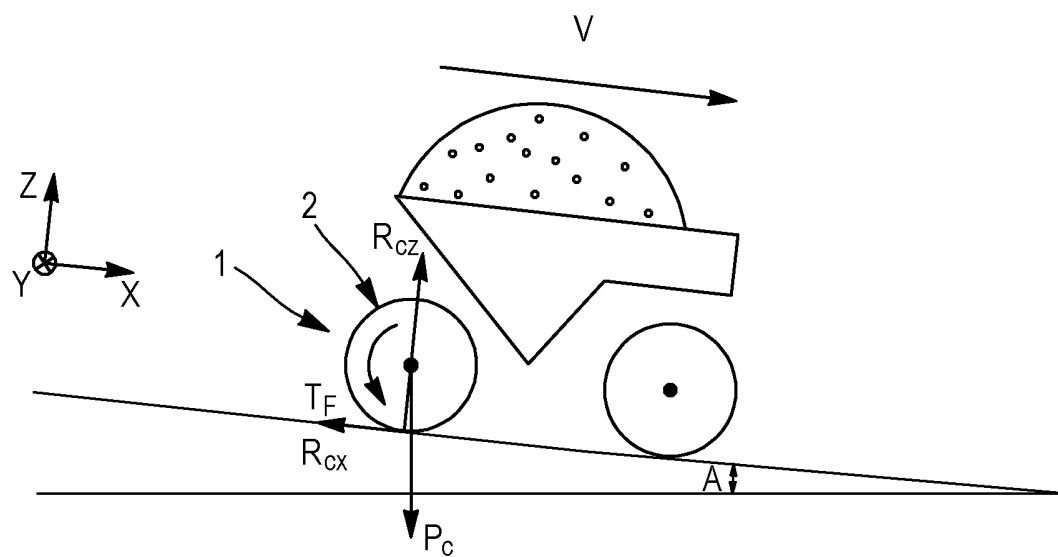


FIG. 1A

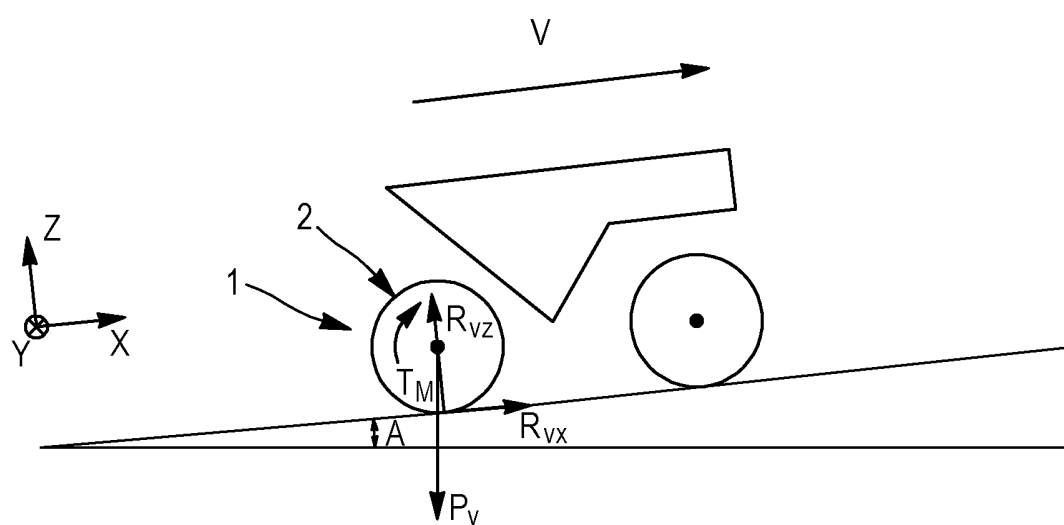


FIG. 1B

2 / 4

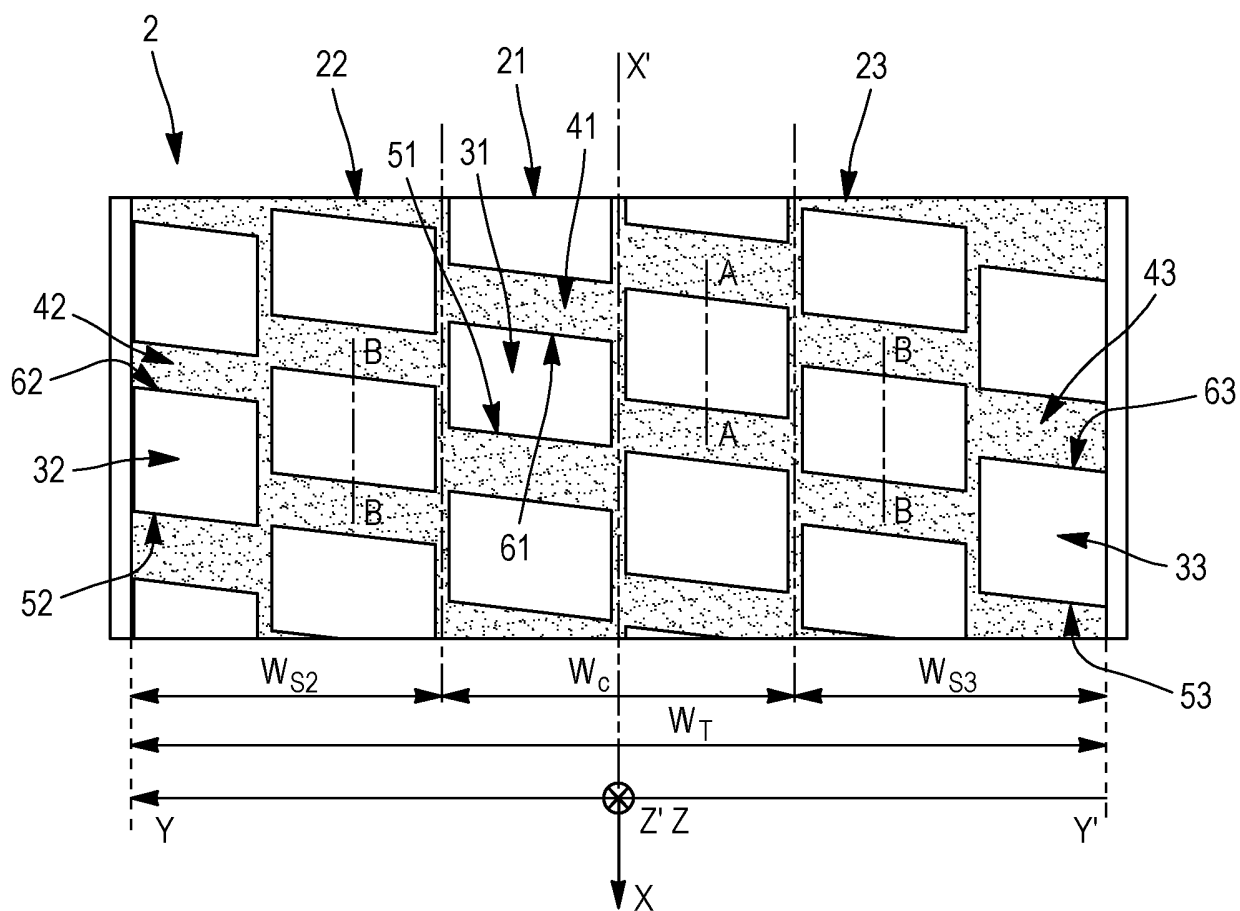
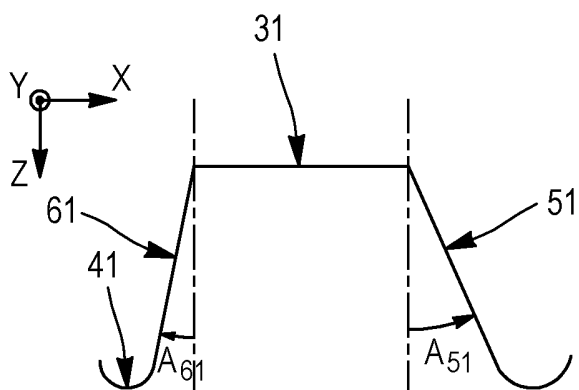
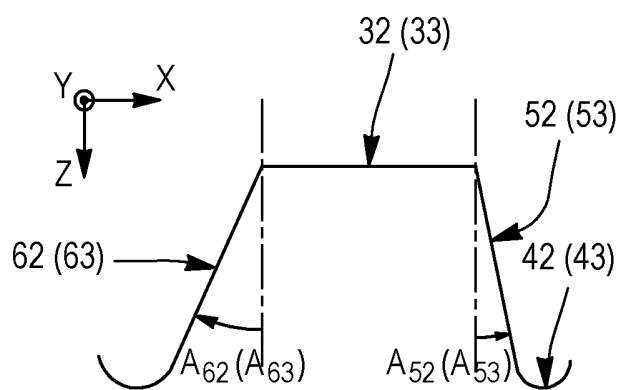


FIG. 2A



A - A
FIG. 2B



B - B
FIG. 2C

3 / 4

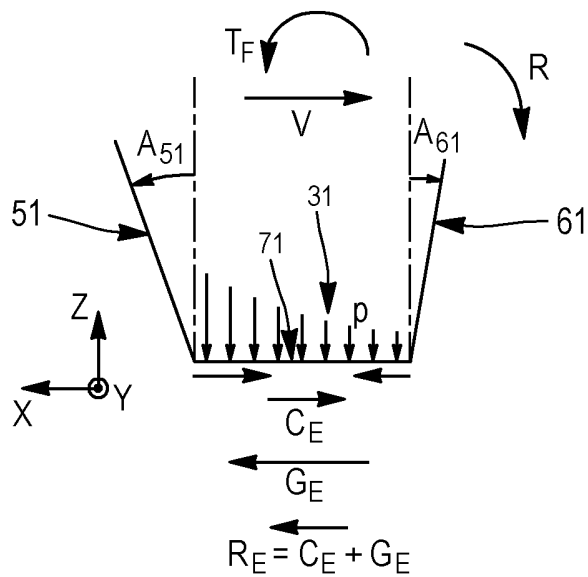


FIG. 3A

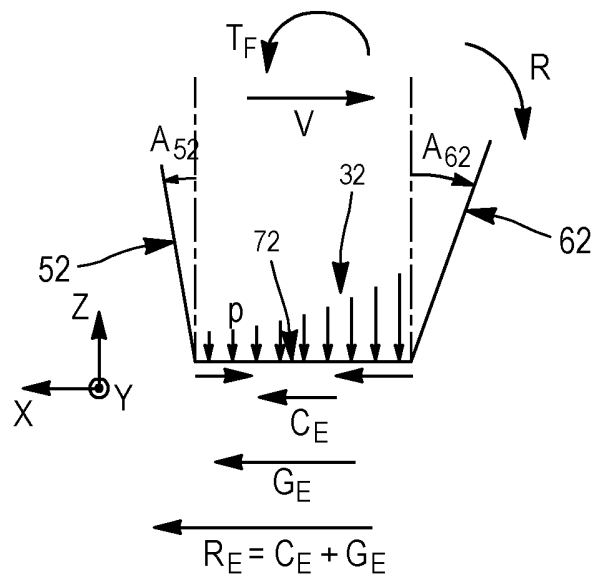


FIG. 3B

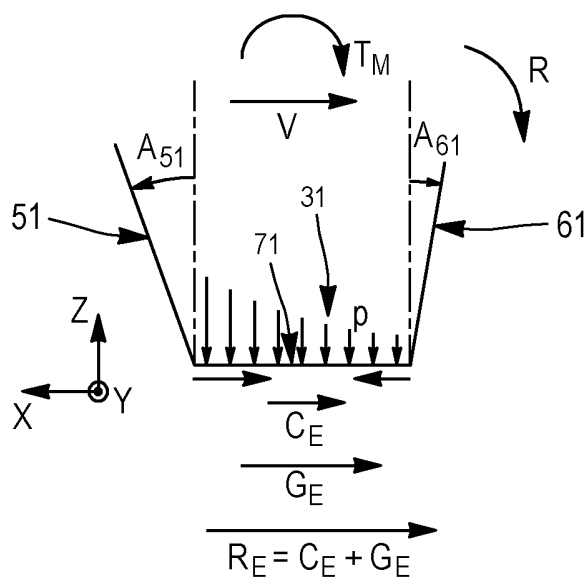


FIG. 4A

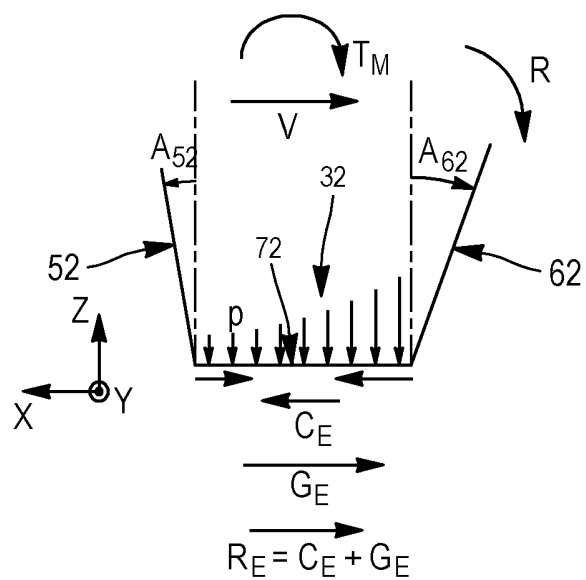


FIG. 4B

4 / 4

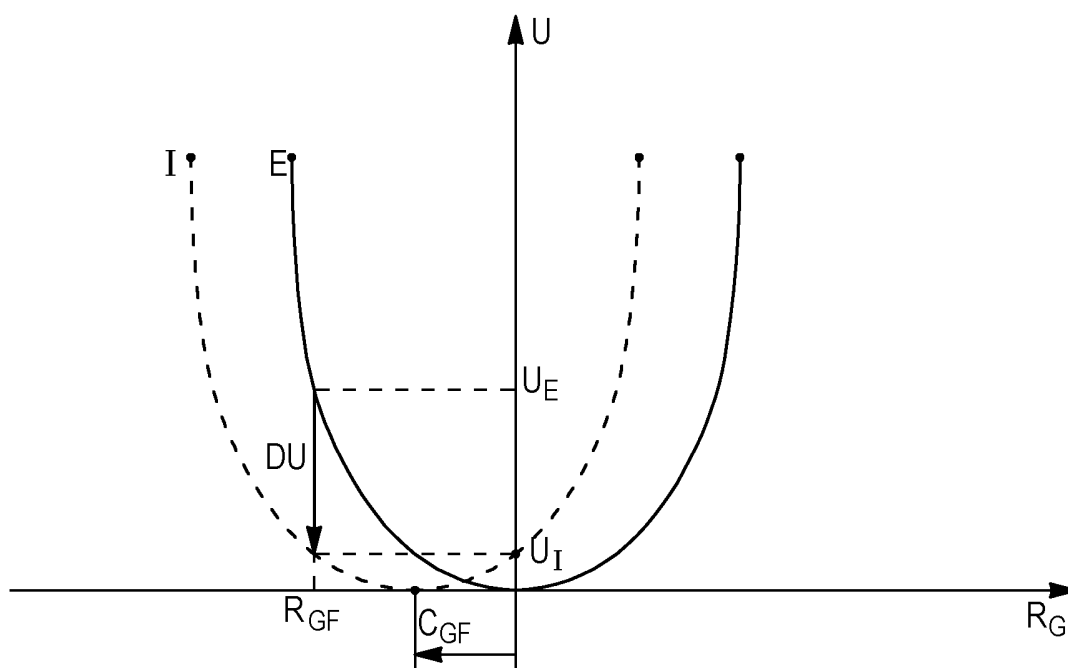


FIG. 5A

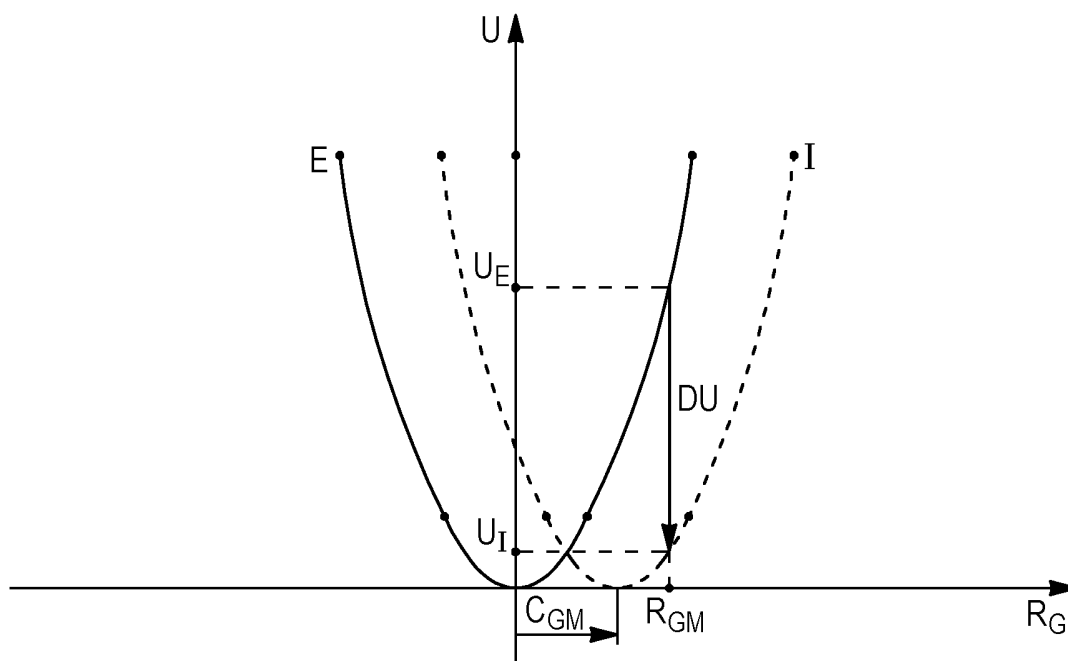


FIG. 5B



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 824783
FR 1653107

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A,D	WO 2004/085175 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; VERVAET PATRICK [FR]) 7 octobre 2004 (2004-10-07) * alinéas [0039] - [0051]; revendication 1; figures 1-4 *	1-10	B60C11/113
A	JP H06 48122 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 22 février 1994 (1994-02-22) * alinéas [0006] - [0018]; figures 1-4 *	1-10	
A	NZ 213 344 A (SUMITOMO RUBBER IND) 30 juin 1987 (1987-06-30) * pages 6-11; figures 1-8 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60C
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		13 décembre 2016	Flori, Massimiliano
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>			
<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1653107 FA 824783**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 13-12-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2004085175 A1	07-10-2004	AU 2004224179 A1 CN 1764555 A EP 1606125 A1 JP 4597960 B2 JP 2006521236 A US 2006037684 A1 WO 2004085175 A1	07-10-2004 26-04-2006 21-12-2005 15-12-2010 21-09-2006 23-02-2006 07-10-2004
JP H0648122 A	22-02-1994	AUCUN	
NZ 213344 A	30-06-1987	AU 583295 B2 JP H0476803 B2 JP S6160307 A NZ 213344 A	27-04-1989 04-12-1992 28-03-1986 30-06-1987