



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/06/06
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2012/12/13
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2013/11/25
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2012/060650
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2012/168273
(30) Priorité/Priority: 2011/06/07 (FR1154932)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B60C 15/00* (2006.01),
B60C 15/06 (2006.01)
(71) Demandeurs/Applicants:
MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A., CH;
COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS
MICHELIN, FR
(72) Inventeur/Inventor:
BONDU, LUCIEN, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : BOURRELET DE PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE TYPE GENIE CIVIL
(54) Title: BEAD OF A TYRE FOR A HEAVY VEHICLE OF CONSTRUCTION PLANT TYPE

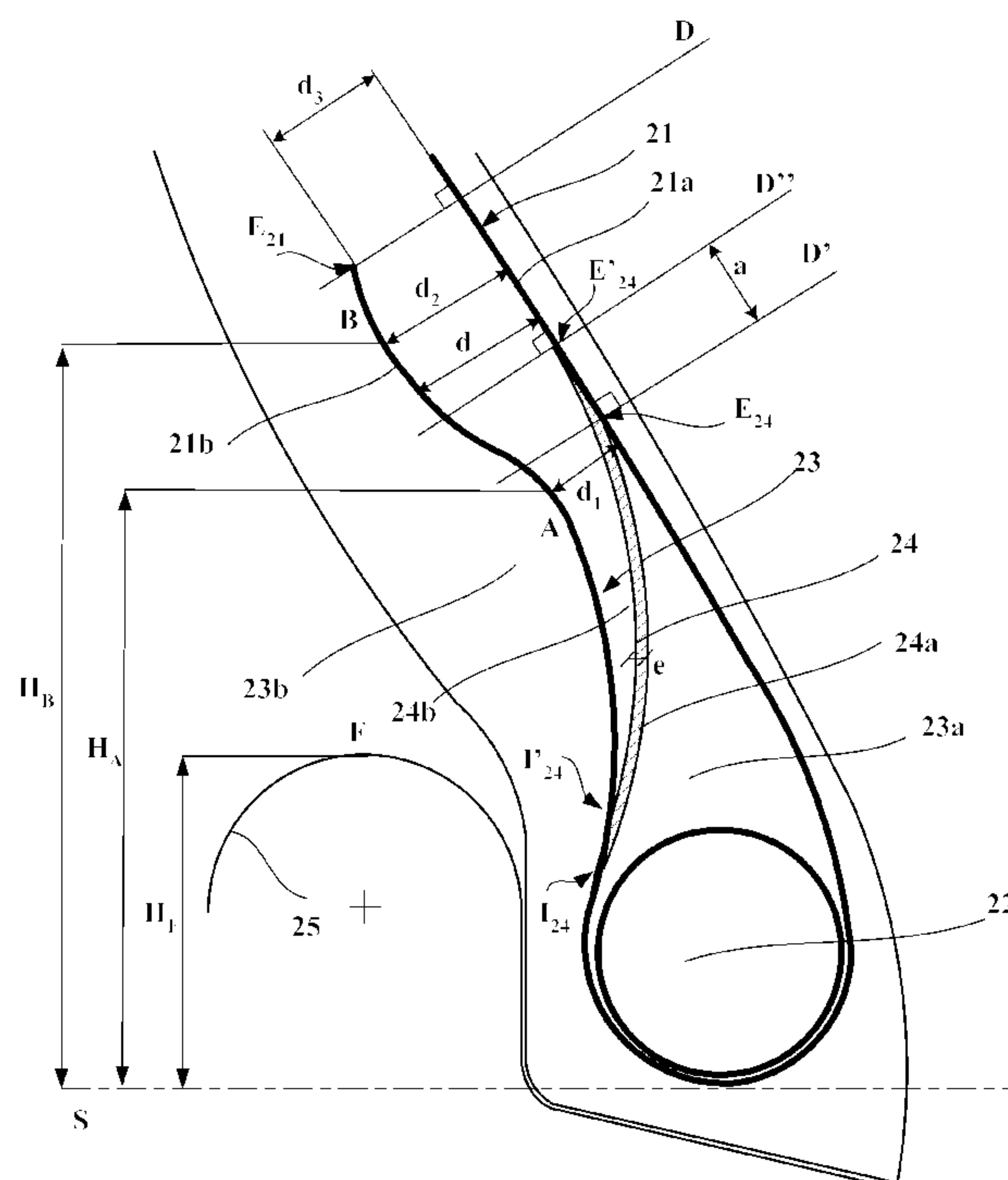


FIGURE 2

(57) **Abrégé/Abstract:**

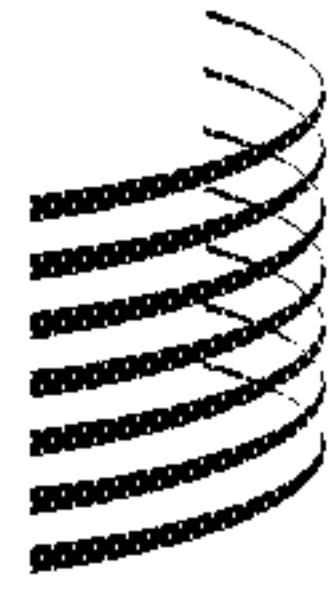
L'invention concerne l'amélioration de l'endurance des bourrelets d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil, en diminuant la fissuration initiée, initiée au niveau de la surface de contact entre un premier matériau polymérique de remplissage (23a) le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle (22) et un deuxième matériau polymérique de remplissage (23b) radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage. Selon l'invention, un élément de transition (24), constitué d'un matériau polymérique de transition, est en contact, par sa face radialement intérieure (24a), avec le premier matériau



(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

polymérique de remplissage (23a) et en contact, par sa face radialement extérieure (24b), avec le deuxième matériau polymérique de remplissage (23b) et le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition est intermédiaire entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage.

(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
13 décembre 2012 (13.12.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/168273 A1(51) Classification internationale des brevets :
B60C 15/00 (2006.01) *B60C 15/06* (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/060650(22) Date de dépôt international :
6 juin 2012 (06.06.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1154932 7 juin 2011 (07.06.2011) FR(71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*) : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12 Cours Sablon, F-63000 Clermont-Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-Paccot (CH).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : **BONDU, Lucien** [FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).(74) Mandataire : **LE CAM, Stéphane**; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/LG/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).(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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : BEAD OF A TYRE FOR A HEAVY VEHICLE OF CONSTRUCTION PLANT TYPE

(54) Titre : BOURRELET DE PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE TYPE GENIE CIVIL

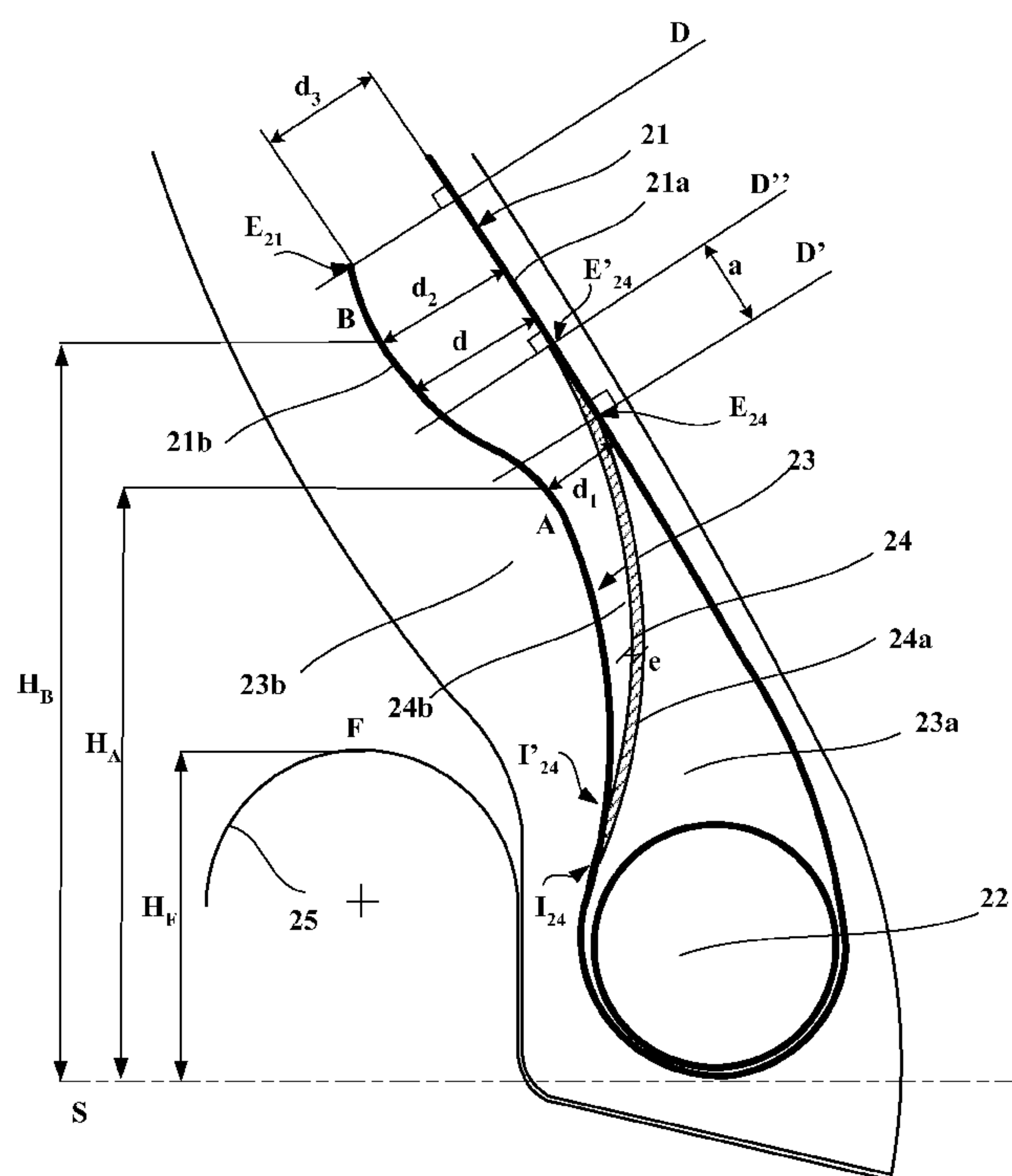


FIGURE 2

(57) Abstract : The invention relates to improvements to the endurance of the beads of a radial tyre for a heavy vehicle of construction plant type by reducing the cracking which starts at the area of contact between a first filling polymer material (23a) radially furthest towards the inside and in contact with the bead wire (22) and a second filling polymer material (23b) radially on the outside of the first filling polymer material. According to the invention, a transition element (24), made of a transition polymer material, is in contact, via its radially interior face (24a), with the first filling polymer material (23a) and in contact, via its radially exterior face (24b) with the second filling polymer material (23b) and the elastic modulus at 10% elongation of the transition polymer material is somewhere between the respective elastic moduli at 10% elongation of the first and second filling polymer materials.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/168273 A1

SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, 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).

Publiée :

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

L'invention concerne l'amélioration de l'endurance des bourrelets d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil, en diminuant la fissuration initiée, initiée au niveau de la surface de contact entre un premier matériau polymérique de remplissage (23a) le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle (22) et un deuxième matériau polymérique de remplissage (23b) radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage. Selon l'invention, un élément de transition (24), constitué d'un matériau polymérique de transition, est en contact, par sa face radialement intérieure (24a), avec le premier matériau polymérique de remplissage (23a) et en contact, par sa face radialement extérieure (24b), avec le deuxième matériau polymérique de remplissage (23b) et le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition est intermédiaire entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage.

BOURRELET DE PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE TYPE GENIE CIVIL

[0001] La présente invention concerne un pneumatique radial destiné à équiper un véhicule lourd de type génie civil.

5 **[0002]** Bien que non limitée à ce type d'application, l'invention sera plus particulièrement décrite en référence à un pneumatique radial destiné à être monté sur un dumper, véhicule de transport de matériaux extraits de carrières ou de mines de surface. Le diamètre nominal de la jante d'un tel pneumatique, au sens de la norme European Tyre and Rim Technical Organisation ou ETRTO, est égal au
10 minimum à 25''.

[0003] Dans ce qui suit, on désigne par:

- « Plan méridien »: un plan contenant l'axe de rotation du pneumatique.
- « Plan équatorial »: le plan passant par le milieu de la surface de roulement du pneumatique et perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique.
- 15 -« Direction radiale »: une direction perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique.
- « Direction axiale »: une direction parallèle à l'axe de rotation du pneumatique.
- « Direction circonférentielle »: une direction perpendiculaire à un plan méridien.
- « Distance radiale »: une distance mesurée perpendiculairement à l'axe de rotation
20 du pneumatique et à partir de l'axe de rotation du pneumatique.
- « Distance axiale »: une distance mesurée parallèlement à l'axe de rotation du pneumatique et à partir du plan équatorial.
- « Radialement » : selon une direction radiale.
- « Axialement » : selon une direction axiale.
- 25 -« Radialement intérieur, respectivement radialement extérieur »: dont la distance radiale est inférieure, respectivement supérieure.
- « Axialement intérieur, respectivement axialement extérieur»: dont la distance axiale est inférieure, respectivement supérieure.

[0004] Un pneumatique comprend deux bourrelets, assurant la liaison
30 mécanique entre le pneumatique et la jante sur laquelle il est monté, les bourrelets

- 2 -

étant réunis respectivement par l'intermédiaire de deux flancs à une bande de roulement, destinée à venir en contact avec le sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement.

5 [0005] Un pneumatique radial comprend plus particulièrement une armature de renforcement, comprenant une armature de sommet, radialement intérieure à la bande de roulement, et une armature de carcasse, radialement intérieure à l'armature de sommet.

10 [0006] L'armature de carcasse d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil comprend habituellement au moins une couche d'armature de carcasse constituée d'éléments de renforcement métalliques enrobés d'un matériau polymérique d'enrobage. Les éléments de renforcement métalliques sont sensiblement parallèles entre eux et font, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 85° et 95°. La couche d'armature de carcasse comprend une partie principale, reliant les deux bourrelets entre eux et s'enroulant, dans chaque
15 bourrelet, autour d'une tringle. La tringle comprend un élément de renforcement circonférentiel le plus souvent métallique entouré d'au moins un matériau, de manière non exhaustive, polymérique ou textile. L'enroulement de la couche d'armature de carcasse autour de la tringle va de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique pour former un retournement, comprenant une extrémité. Le
20 retournement, dans chaque bourrelet, permet l'ancrage de la couche d'armature de carcasse à la tringle du bourrelet.

[0007] Chaque bourrelet comprend un élément de remplissage prolongeant radialement vers l'extérieur la tringle. L'élément de remplissage est constitué d'au moins un matériau polymérique de remplissage. L'élément de remplissage est
25 généralement constitué d'un empilage dans le sens radial d'au moins deux matériaux polymériques de remplissage en contact suivant une surface de contact coupant tout plan méridien selon une trace méridienne. L'élément de remplissage sépare axialement la partie principale et le retournement.

[0008] Un matériau polymérique, après cuisson, est caractérisé mécaniquement
30 par des caractéristiques de contrainte-déformation en traction, déterminées par des

- 3 -

essais de traction. Ces essais de traction sont effectués par l'homme du métier, sur une éprouvette, selon une méthode connue, par exemple conformément à la norme internationale ISO 37, et dans les conditions normales de température (23 + ou - 2°C) et d'hygrométrie (50 + ou -5% d'humidité relative), définies par la norme internationale ISO 471. On appelle module d'élasticité à 10% d'allongement d'un mélange polymérique, exprimé en méga pascals (MPa), la contrainte de traction mesurée pour un allongement de 10% de l'éprouvette.

[0009] Un matériau polymérique, après cuisson, est également caractérisé mécaniquement par sa dureté. La dureté est notamment définie par la dureté Shore A déterminée conformément à la norme ASTM D 2240-86.

[0010] Au cours du roulage du véhicule, le pneumatique, monté sur sa jante, gonflé et écrasé sous la charge du véhicule, est soumis à des cycles de flexion, en particulier au niveau de ses bourrelets et de ses flancs.

[0011] Considérant qu'un bourrelet se comporte mécaniquement comme une poutre en flexion dont les fibres respectivement extérieure et intérieure sont la partie principale et le retournement, le retournement, soumis aux cycles de flexion, subit des déformations de compression, susceptibles d'entraîner sa rupture par fatigue, et donc une diminution de l'endurance du bourrelet et de la durée de vie du pneumatique.

[0012] Le document EP 2 216 189 décrit un bourrelet de pneumatique dont l'endurance est améliorée par une réduction des déformations de compression dans le retournement, lors de la flexion du bourrelet sur la jante, en utilisation. Cet objectif est atteint grâce à un retournement tel que la distance entre le retournement et la partie principale décroît continûment, radialement vers l'extérieur, à partir de la tringle, jusqu'à une distance minimale, puis augmente continûment jusqu'à une distance maximale. Le retournement s'étend radialement à l'extérieur du point du retournement correspondant à la distance maximale entre le retournement et la partie principale.

- 4 -

[0013] Les cycles de flexion entraînent également des contraintes et déformations principalement de cisaillement et de compression, dans les matériaux polymériques de remplissage, en raison de la flexion du bourrelet sur le rebord de jante.

5 [0014] En particulier, au niveau de la surface de contact entre deux matériaux polymériques de remplissage, les cycles de flexion initient des fissures qui se propagent dans le matériau polymérique de remplissage le plus radialement extérieur, et sont susceptibles d'entraîner, dans la durée, une dégradation du pneumatique nécessitant son remplacement.

10 [0015] Selon les inventeurs, l'initiation des fissures résulte du gradient de rigidités entre le matériau polymérique de remplissage le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle, et le matériau polymérique de remplissage qui lui est radialement extérieur et adjacent le long d'une surface de contact. Les défauts de cohésion entre les deux matériaux polymériques de remplissage, le long de leur
15 surface de contact, est un facteur déclenchant la fissuration.

[0016] La vitesse de propagation des fissures dépend d'une part de l'amplitude et de la fréquence des cycles de contraintes et de déformations, d'autre part des rigidités respectives des matériaux polymériques de remplissage. A titre d'exemple, le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de remplissage le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle peut être égal
20 à 3 fois le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de remplissage qui lui est radialement extérieur et adjacent.

[0017] Les inventeurs se sont donnés pour objectif d'améliorer l'endurance des bourrelets d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil, en
25 diminuant la fissuration initiée au niveau de la surface de contact entre un premier matériau polymérique de remplissage le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle et un deuxième matériau polymérique de remplissage radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage.

- 5 -

[0018] Cet objectif a été atteint, selon l'invention, par :

-un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil comprenant deux bourrelets destinés à entrer en contact avec une jante, une armature de carcasse comprenant au moins une couche d'armature de carcasse constituée d'éléments de renforcement métalliques,

-la couche d'armature de carcasse comprenant une partie principale s'enroulant dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique, autour d'une tringle pour former un retournement,

-la distance entre le retournement et la partie principale décroissant, radialement vers l'extérieur, à partir de la tringle, jusqu'à une distance minimale, puis augmentant continûment jusqu'à une distance maximale,

-chaque bourrelet comprenant un élément de remplissage prolongeant radialement vers l'extérieur la tringle,

-l'élément de remplissage étant formé d'au moins deux matériaux polymériques de remplissage,

-un premier matériau polymérique de remplissage étant le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle,

-un deuxième matériau polymérique de remplissage étant radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage et ayant un module d'élasticité à 10% d'allongement inférieur au module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de remplissage,

-un élément de transition, constitué d'un matériau polymérique de transition, étant en contact, par sa face radialement intérieure, avec le premier matériau polymérique de remplissage et en contact, par sa face radialement extérieure, avec le deuxième matériau polymérique de remplissage

-et le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition étant intermédiaire entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage.

[0019] Selon l'invention, il est avantageux d'avoir un élément de transition, constitué d'un matériau polymérique de transition, en contact, par sa face radialement intérieure, avec le premier matériau polymérique de remplissage et en

contact, par sa face radialement extérieure, avec le deuxième matériau polymérique de remplissage.

5 [0020] Un élément de transition est un élément intercalé entre un premier matériau polymérique de remplissage et un deuxième matériau polymérique de remplissage.

10 [0021] L'élément de transition est constitué le plus souvent d'un seul matériau polymérique de transition. Il peut toutefois être constitué d'un empilement dans le sens radial de matériaux polymériques de transition, dont les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs sont intermédiaires entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage et décroissent lorsque la distance radiale des matériaux polymériques de transition augmente.

15 [0022] On appelle épaisseur de l'élément de transition, l'épaisseur de l'élément de transition mesurée en dehors des zones de contact respectivement avec la partie principale d'armature de carcasse et le retournement d'armature de carcasse, dans lesquelles l'élément de transition présentent des effilements jusqu'aux extrémités respectivement radialement extérieure et radialement intérieure de l'élément de transition. L'épaisseur de l'élément de transition est souvent sensiblement constante, mais peut également être variable. Dans le cas d'un élément de transition constitués d'un empilement dans le sens radial de matériaux polymériques de transition, l'épaisseur de l'élément de transition est l'épaisseur totale de l'empilement dans le sens radial de matériaux polymériques de transition.

25 [0023] L'élément de transition est dit en contact, par sa face radialement intérieure, avec un premier matériau polymérique de remplissage, lorsque la face radialement intérieure de l'élément de transition est géométriquement confondue avec la face radialement extérieure du premier matériau polymérique de remplissage, sauf dans la partie axialement intérieure de la face radialement intérieure de l'élément de transition en contact avec la partie principale.

- 7 -

[0024] L'élément de transition est dit en contact, par sa face radialement extérieure, avec un deuxième matériau polymérique de remplissage, lorsque la face radialement extérieure de l'élément de transition est géométriquement confondue avec la face radialement intérieure du deuxième matériau polymérique de remplissage, sauf dans la partie axialement extérieure de la face radialement extérieure de l'élément de transition en contact avec le retournement.

[0025] Le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition est avantageusement intermédiaire entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage, le deuxième matériau polymérique de remplissage ayant un module d'élasticité à 10% d'allongement inférieur au module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de remplissage. La décroissance progressive des modules d'élasticité à 10% d'allongement quand on passe du premier matériau polymérique de remplissage au matériau polymérique de transition, puis au deuxième matériau polymérique de remplissage permet un gradient décroissant et progressif de rigidités, qui permet de diminuer localement les contraintes et déformations dans la zone de transition entre les premier et deuxième matériaux de remplissage et, par conséquent, de ralentir la propagation des fissures.

[0026] Un module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition intermédiaire apporte un avantage d'autant plus significatif que l'écart entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage est important. A titre d'exemple, dans un pneumatique selon l'invention, le module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de bourrage est égal à environ 2.9 fois le module d'élasticité à 10% d'allongement du deuxième matériau polymérique de remplissage.

[0027] L'épaisseur de l'élément de transition est avantageusement au moins égale à 0.1 fois la distance entre l'extrémité du retournement et la partie principale.

5 [0028] La distance entre l'extrémité du retournement et la partie principale est la distance mesurée, selon la droite passant par l'extrémité du retournement et perpendiculaire à la partie principale, entre la génératrice axialement intérieure des éléments de renforcement du retournement et la génératrice axialement extérieure des éléments de renforcement de la partie principale.

[0029] Cette épaisseur minimale de l'élément de transition permet d'établir un gradient de rigidités minimum, permettant de diminuer la vitesse de propagation des fissures.

10 [0030] L'épaisseur de l'élément de transition est également avantageusement au plus égale à 0.5 fois la distance entre l'extrémité du retournement et la partie principale.

15 [0031] En effet, la dissipation thermique du matériau polymérique de transition est supérieure à celle du deuxième matériau polymérique de remplissage, du fait de son module d'élasticité à 10% d'allongement plus élevé. Par conséquent, au-delà d'une épaisseur maximale de l'élément de transition, lorsque l'élément de transition se substitue à une partie du deuxième matériau polymérique de remplissage par rapport au pneumatique de référence, le volume de matériau polymérique de transition trop élevé entraîne une élévation de température du bourrelet dommageable à sa durée de vie, d'où la nécessité de limiter l'épaisseur de l'élément
20 de transition à une valeur maximale.

[0032] Par ailleurs, les inventeurs ont choisi de limiter l'épaisseur de l'élément de transition pour agir localement sur la fissuration tout en limitant l'impact de l'élément de transition sur la rigidité en flexion du bourrelet. L'objectif de l'élément de transition n'est pas de permettre une variation de la rigidité de flexion
25 du bourrelet, mais d'agir sur la vitesse de propagation des fissures entre les premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage. En d'autres termes, la flexion globale du bourrelet sur le rebord de jante est du même niveau, avec ou sans élément de transition.

- 9 -

[0033] Il est encore avantageux d'avoir le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition est au moins égal à 0.9 fois et au plus égal à 1.1 fois la moyenne arithmétique des modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage. Cet intervalle de valeurs pour le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition garantit un gradient de rigidités minimum, quand on passe successivement du premier matériau polymérique de remplissage, au matériau polymérique de transition puis au deuxième matériau polymérique de remplissage, donc une diminution significative de la vitesse de propagation des fissures.

[0034] La face radialement intérieure de l'élément de transition est avantageusement en contact continu avec la partie principale entre un premier point de contact et un dernier point de contact qui est le point radialement le plus extérieur de l'élément de transition. Cette surface de contact continue entre la partie principale et l'élément de transition permet de diminuer la vitesse de propagation de fissures, initiées, dans cette zone de contact, sur la face axialement extérieure de la partie principale, et se propageant axialement vers l'extérieur à travers le deuxième matériau polymérique de remplissage.

[0035] Il est également avantageux d'avoir la distance entre le premier point de contact et le dernier point de contact de la face radialement intérieure de l'élément de transition, avec la partie principale, au moins égale à la distance et au plus égale à 3 fois la distance entre l'extrémité du retournement et la partie principale.

[0036] Cette distance est la distance entre les deux droites perpendiculaires à la partie principale et passant respectivement par les premier et dernier points de contact de la face radialement intérieure de l'élément de transition avec la partie principale.

[0037] Cette distance garantit une zone de contact entre l'élément de transition et la partie principale, dans une zone de courbure maximale de la partie principale dont la face axialement extérieure est une zone préférentielle d'initiation de fissures. L'intervalle de valeurs de cette distance, définie en fonction de la distance

entre l'extrémité du retournement et la partie principale, garantit la présence de l'élément de transition dans toute la zone potentielle d'initiation de fissures, sur la face axialement extérieure de la partie principale.

5 [0038] Avantageusement, la distance maximale entre le retournement et la partie principale est au moins égale à 1.1 fois la distance minimale entre le retournement et la partie principale. Il en résulte que l'élément de remplissage, axialement compris entre le retournement et la partie principale, comprend un rétrécissement entraînant une proximité entre le retournement et la partie principale permettant au retournement de ne pas être mis en compression, lors du roulage du pneumatique.

10 [0039] Il est enfin avantageux que la distance du point du retournement, positionné à la distance minimale axialement à l'extérieur de la partie principale, à la ligne de référence de la jante soit au moins égale à 1.25 fois et au plus égale à 2.5 fois la distance du point le plus radialement extérieur de la jante à la ligne de référence de la jante, et que la distance du point du retournement, positionné à la
15 distance maximale axialement à l'extérieur de la partie principale, à la ligne de référence de la jante soit au moins égale à 2 fois et au plus égale à 4 fois la distance du point le plus radialement extérieur de la jante à la ligne de référence de la jante. La ligne de référence de la jante correspond usuellement, pour l'homme du métier, au diamètre au seat. La distance du point le plus radialement extérieur de la jante à
20 la ligne de référence de la jante définit la hauteur du crochet de jante. Ces intervalles de positionnement radial des points du retournement respectivement le plus proche et le plus éloigné de la partie principale garantissent une optimisation des tensions et une absence de compression dans le retournement.

[0040] Les caractéristiques de l'invention seront mieux comprises à l'aide de la
25 description des figures annexées 1 et 2 :

-la figure 1 présente une vue en coupe dans un plan méridien du bourrelet d'un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil de l'état de la technique.

-la figure 2 présente une vue en coupe dans un plan méridien du bourrelet d'un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil, selon l'invention.

- 11 -

[0041] Les figures 1 et 2 ne sont pas représentées à l'échelle pour en faciliter la compréhension.

[0042] Sur la figure 1, est représenté un bourrelet de pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil de l'état de la technique, comprenant :

- 5 - une armature de carcasse comprenant au moins une couche d'armature de carcasse 1 constituée d'éléments de renforcement métalliques,
- la couche d'armature de carcasse comprenant une partie principale 1a s'enroulant dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique, autour d'une tringle 2 pour former un retournement 1b,
- 10 - la distance d entre le retournement 1b et la partie principale 1a décroissant continûment, radialement vers l'extérieur, à partir de la tringle 2, jusqu'à une distance minimale d_1 , puis augmentant continûment jusqu'à une distance maximale d_2 ,
- chaque bourrelet comprenant un élément de remplissage 3 prolongeant
- 15 radialement vers l'extérieur la tringle 2,
- l'élément de remplissage étant formé de deux matériaux polymériques de remplissage (3a, 3b),
- un premier matériau polymérique de remplissage 3a étant le plus radialement intérieur et en contact avec le noyau tringle 2,
- 20 - un deuxième matériau polymérique de remplissage 3b étant radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage 3a et ayant un module d'élasticité à 10% d'allongement inférieur au module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de remplissage 3a.

[0043] La figure 2 présente un bourrelet de pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil, selon l'invention, comprenant :

- 25 - une armature de carcasse comprenant une couche d'armature de carcasse 21 constituée d'éléments de renforcement métalliques,
- la couche d'armature de carcasse comprenant une partie principale 21a s'enroulant dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique,
- 30 autour d'une tringle 22 pour former un retournement 21b,
- la distance d entre le retournement 21b et la partie principale 21a décroissant

- 12 -

continûment, radialement vers l'extérieur, à partir de la tringle 22, jusqu'à une distance minimale d_1 , puis augmentant continûment jusqu'à une distance maximale d_2 ,

- le bourrelet comprenant un élément de remplissage 23 prolongeant radialement vers l'extérieur la tringle 22,

- l'élément de remplissage étant formé de deux matériaux polymériques de remplissage (23a, 23b),

- un premier matériau polymérique de remplissage 23a étant le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle 22,

- un deuxième matériau polymérique de remplissage 23b étant radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage 23a et ayant un module d'élasticité à 10% d'allongement inférieur au module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de remplissage 23a,

- un élément de transition 24, constitué d'un matériau polymérique de transition, d'épaisseur e , étant en contact, par sa face radialement intérieure 24a, avec le premier matériau polymérique de remplissage 23a et en contact, par sa face radialement extérieure 24b, avec le deuxième matériau polymérique de remplissage 23b,

- et le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition 24 étant intermédiaire entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage.

[0044] La géométrie du retournement 21b est caractérisée par le point A du retournement 21b, positionné à la distance minimale d_1 , axialement à l'extérieur de la partie principale 21a, et à une distance H_A , radialement à l'extérieur d'une ligne de référence S de la jante 22, et par le point B du retournement 21b, positionné à la distance maximale d_2 , axialement à l'extérieur de la partie principale 21a, et à une distance H_B , radialement à l'extérieur d'une ligne de référence S de la jante 22. Les positions respectives des points A et B sont définies par rapport au point F le plus radialement extérieur de la jante 22, positionné à une distance H_F , radialement à l'extérieur d'une ligne de référence S de la jante 22.

- 13 -

[0045] L'élément de transition 24 a une épaisseur e généralement mais pas obligatoirement constante, en dehors des zones de contact respectivement avec la partie principale et le retournement, dans lesquelles l'élément de transition présentent des effilements jusqu'aux extrémités respectivement radialement
5 extérieure E'_{24} et radialement intérieure I_{24} de l'élément de transition, où se rejoignent les faces radialement intérieure 24a et radialement extérieure 24 b de l'élément de transition 24.

[0046] La face radialement intérieure 24a de l'élément de transition 24 est délimitée respectivement par son point radialement le plus intérieur I_{24} en contact
10 avec le retournement 23b et par son point radialement le plus extérieur E'_{24} en contact avec la partie principale 21a.

[0047] La face radialement extérieure 24b de l'élément de transition 24 est délimitée respectivement par son point radialement le plus intérieur I_{24} en contact avec le retournement 23b et par son point radialement le plus extérieur E'_{24} en
15 contact avec la partie principale 21a.

[0048] La zone de contact continu entre l'élément de transition 24 et la partie principale 21a est réalisée le long de la face radialement intérieure 24a de l'élément de transition 24 et est radialement délimitée par le premier point de contact E_{24} ,
20 radialement le plus intérieur, et le dernier point de contact E'_{24} , radialement le plus extérieur, qui est également l'extrémité radialement extérieure de l'élément de transition.

[0049] La zone de contact continu entre l'élément de transition 24 et le retournement 21b est réalisée le long de la face radialement extérieure 24b de l'élément de transition 24 et est radialement délimitée par le premier point de
25 contact I'_{24} , radialement le plus extérieur, et le dernier point de contact I_{24} , radialement le plus intérieur, qui est également l'extrémité radialement intérieure de l'élément de transition 24.

[0050] La distance d_3 entre l'extrémité E_{21} du retournement 21b et la partie principale 21a est la distance mesurée, selon la droite D passant par l'extrémité E_{21}

- 14 -

du retournement et perpendiculaire à la partie principale, entre la génératrice axialement intérieure des éléments de renforcement du retournement et la génératrice axialement extérieure des éléments de renforcement de la partie principale.

5 **[0051]** La distance a entre les premier et dernier points de contact respectifs de la face radialement intérieure 24a de l'élément de transition 24 avec la partie principale 21a est la distance mesurée entre les droites D' et D'' perpendiculaires à la partie principale 21a respectivement en E_{24} et E'_{24} .

10 **[0052]** L'invention a été plus particulièrement étudiée dans le cas d'un pneumatique pour véhicule lourd de type dumper de dimension 59/80R63. Selon la norme ETRTO, les conditions nominales d'utilisation d'un tel pneumatique sont une pression de gonflage égale à 6 bars, une charge statique égale à 99 tonnes et une distance parcourue en une heure comprise entre 16 et 32 km.

15 **[0053]** Le pneumatique 59/80R63 a été conçu conformément à l'invention, telle que représentée sur la figure 2.

20 **[0054]** Concernant la géométrie du retournement 21b, le point A du retournement 21b est positionné à la distance minimale d_1 égale à 18 mm, axialement à l'extérieur de la partie principale 21a, et à une distance H_A égale à 200 mm, radialement à l'extérieur d'une ligne de référence S de la jante 22. Le point B du retournement 21b est positionné à la distance maximale d_2 égale à 27 mm, axialement à l'extérieur de la partie principale 21a, et à une distance H_B égale à 390 mm, radialement à l'extérieur d'une ligne de référence S de la jante 22. Les positions respectives des points A et B sont définis par rapport au point F le plus radialement extérieur de la jante 22, positionné à une distance H_F égale à 127 mm, 25 radialement à l'extérieur d'une ligne de référence S de la jante 22.

[0055] L'épaisseur e de l'élément de transition 24 est constante et égale à 4.5 mm, soit 0.3 fois la distance d_3 entre l'extrémité E_{21} du retournement et la partie principale 21a égale à 15 mm.

[0056] Les modules d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de remplissage, du matériau polymérique de transition et du deuxième matériau polymérique de remplissage sont respectivement égaux à 10 MPa, 6.5 MPa et 3.5 MPa. Par conséquent, le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition est intermédiaire entre les modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage et est égal à 0.96 fois la moyenne arithmétique modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage.

[0057] La distance a entre le premier point de contact E_{24} et le dernier point de contact E'_{24} de la face radialement intérieure 24a de l'élément de transition 24, avec la partie principale 21a, est égale à 22.5 mm, soit 1.5 fois la distance d_3 entre l'extrémité E_{21} du retournement 21b et la partie principale 21a.

[0058] Des simulations de calculs par éléments finis ont été réalisées respectivement sur un pneumatique de référence, tel que représenté sur la figure 1, et un pneumatique selon l'invention, tel que représenté sur la figure 2. Pour le pneumatique de référence, l'allongement du deuxième matériau polymérique de remplissage 3b, au voisinage de sa face radialement intérieure, est égal à 2,5 fois l'allongement du premier matériau polymérique de remplissage 3a, au voisinage de sa face radialement extérieure. Pour le pneumatique selon l'invention, l'allongement du matériau polymérique de transition 24, au voisinage de sa face radialement intérieure 24a, est égal à 1.5 fois l'allongement du premier matériau polymérique de remplissage 23a, au voisinage de sa face radialement extérieure. De même, pour le pneumatique selon l'invention, l'allongement du deuxième matériau polymérique de remplissage 23b, au voisinage de sa face radialement intérieure 24a, est égal à 1.5 fois l'allongement du matériau polymérique de transition 24, au voisinage de sa face radialement extérieure.

[0059] Par conséquent, la vitesse de propagation d'une fissure du premier matériau polymérique de remplissage 23a vers le matériau polymérique de transition 24, puis du matériau polymérique de transition 24 vers le deuxième

- 16 -

matériau polymérique de remplissage 23b, dans le cas de l'invention, est plus faible que la vitesse de propagation d'une fissure du premier matériau polymérique de remplissage 3a vers le deuxième matériau polymérique de remplissage 3b, dans le cas du pneumatique de référence, car le ratio de l'allongement du matériau polymérique de transition 24 par rapport à l'allongement du premier matériau polymérique de remplissage 23a, ainsi que le ratio de l'allongement du deuxième matériau polymérique de remplissage 23b par rapport à l'allongement du matériau polymérique de transition 24, sont inférieurs au ratio de l'allongement du deuxième matériau polymérique de remplissage 3b par rapport à l'allongement du premier matériau polymérique de remplissage 3a.

[0060] L'invention ne doit pas être interprétée comme étant limitée à l'exemple illustré sur la figure 2 mais peut être étendue à d'autres variantes de réalisation, par exemple et de manière non exhaustive, relatives au nombre de matériaux polymériques de transition, constituant un empilement dans le sens radial compris entre les premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage, ou au nombre de matériaux de remplissage, supérieur à 2, constituant l'élément de remplissage.

REVENDICATIONS

1 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil comprenant deux bourrelets destinés à entrer en contact avec une jante (5, 25), une armature de carcasse comprenant
5 au moins une couche d'armature de carcasse (1, 21) constituée d'éléments de renforcement métalliques, la couche d'armature de carcasse comprenant une partie principale (1a, 21a) s'enroulant dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique, autour d'une tringle (2, 22) pour former un retournement (1b, 21b), la distance (d) entre le retournement (1b, 21b) et la partie principale (1a, 21a) décroissant
10 continûment, radialement vers l'extérieur, à partir de la tringle (2, 22), jusqu'à une distance minimale (d_1), puis augmentant continûment jusqu'à une distance maximale (d_2), chaque bourrelet comprenant un élément de remplissage (3, 23) prolongeant radialement vers l'extérieur la tringle, l'élément de remplissage étant formé d'au moins deux matériaux polymériques de remplissage, un premier matériau polymérique de
15 remplissage (3a, 23a) étant le plus radialement intérieur et en contact avec la tringle, un deuxième matériau polymérique de remplissage (3b, 23b) étant radialement extérieur au premier matériau polymérique de remplissage et ayant un module d'élasticité à 10% d'allongement inférieur au module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau polymérique de remplissage, **caractérisé en qu'**un élément de transition (24),
20 constitué d'un matériau polymérique de transition, est en contact, par sa face radialement intérieure (24a), avec le premier matériau polymérique de remplissage (23a) et en contact, par sa face radialement extérieure (24b), avec le deuxième matériau polymérique de remplissage (23b) et **en ce que** le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition est intermédiaire entre les
25 modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage.

2 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'épaisseur (e) de l'élément de transition (24) est au moins égale à 0.1 fois la distance (d_3) entre l'extrémité (E_{21}) du retournement (21b) et la partie
30 principale (21a).

3 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'épaisseur (e) de l'élément de transition

(24) est au plus égale à 0.5 fois la distance (d_3) entre l'extrémité (E_{21}) du retournement (21b) et la partie principale (21a).

4 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau polymérique de transition (24) est au moins égal à 0.9 fois et au plus égal à 1.1 fois la moyenne arithmétique des modules d'élasticité à 10% d'allongement respectifs des premier et deuxième matériaux polymériques de remplissage (23a, 23b).

5 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la face radialement intérieure (24a) de l'élément de transition (24) est en contact continu avec la partie principale (21a) entre un premier point de contact (E_{24}) et un dernier point de contact (E'_{24}) qui est le point radialement le plus extérieur de l'élément de transition (24).

6 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la distance (a) entre le premier point de contact (E_{24}) et le dernier point de contact (E'_{24}) de la face radialement intérieure (24a) de l'élément de transition (24), avec la partie principale (21a), est au moins égale à la distance (d_3) entre l'extrémité (E_{21}) du retournement (21b) et la partie principale (21a).

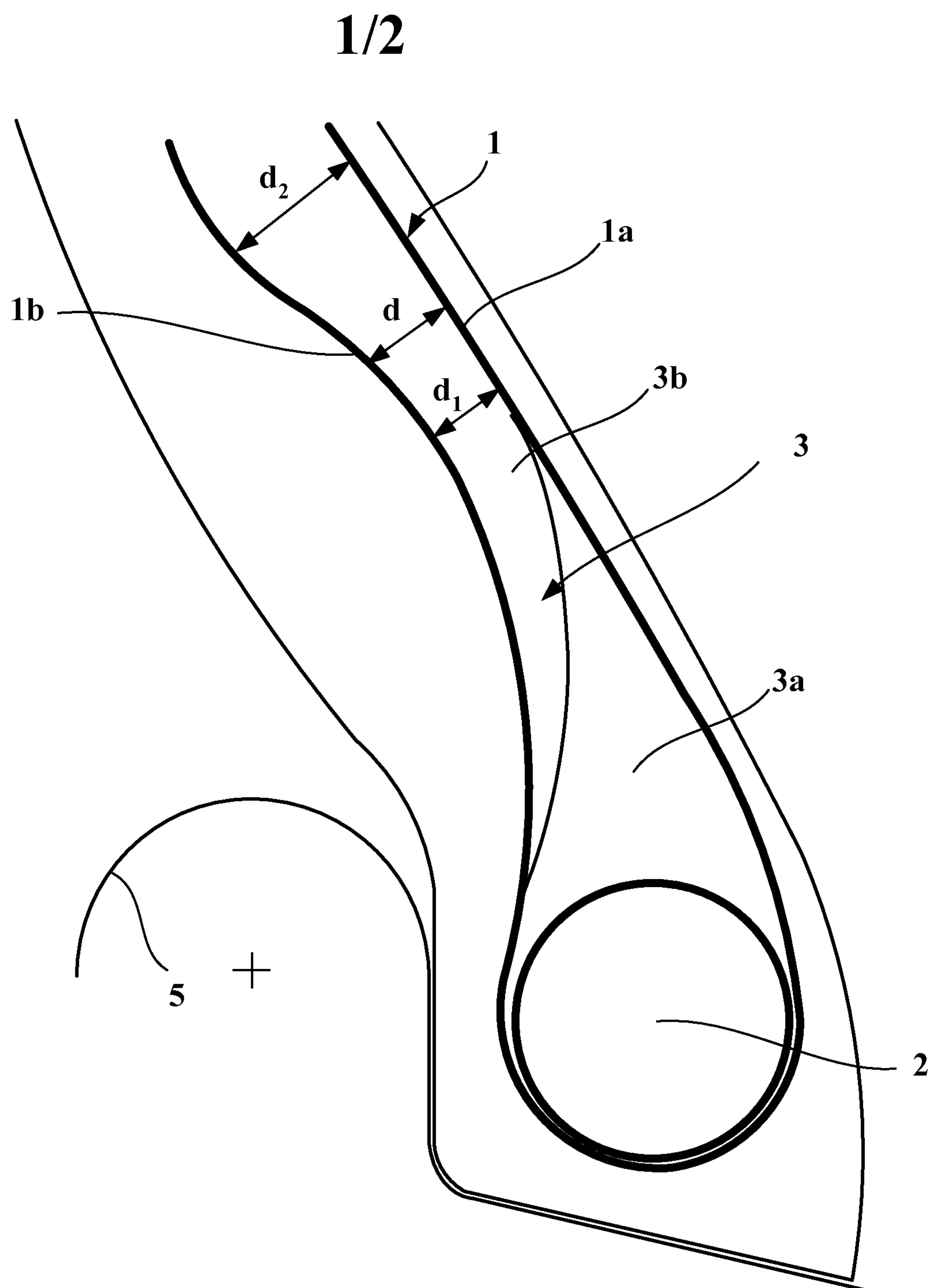
7 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la distance (a) entre le premier point de contact (E_{24}) et le dernier point de contact (E'_{24}) de la face radialement intérieure (24a) de l'élément de transition (24), avec la partie principale (21a), est au plus égale à 3 fois la distance (d_3) entre l'extrémité (E_{21}) du retournement (21b) et la partie principale (21a).

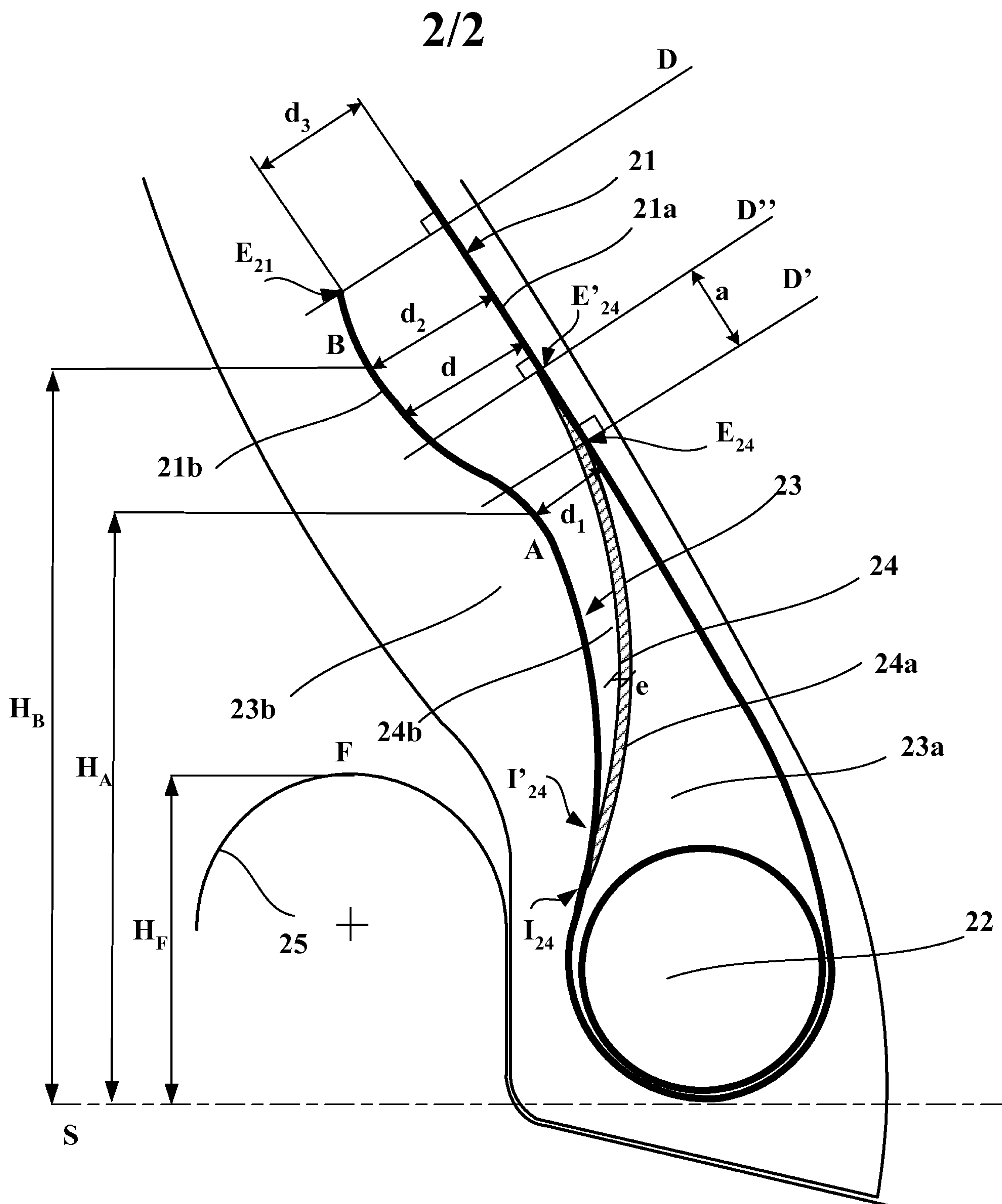
8 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la distance maximale (d_2) entre le retournement (21b) et la partie principale (21a) est au moins égale à 1.1 fois la distance minimale (d_1) entre le retournement (21b) et la partie principale (21a).

9 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, monté sur la jante (25), et comprenant un point A du retournement (21b), positionné à la distance minimale (d_1), axialement à l'extérieur de la partie principale (21a), et à une distance (H_A), radialement à l'extérieur d'une ligne de référence (S) de la jante (25), le point F le plus radialement extérieur de la jante (25)

étant positionné à une distance (H_F), radialement à l'extérieur d'une ligne de référence (S) de la jante (25), **caractérisé en ce que** la distance (H_A) du point A du retournement (21b), positionné à la distance minimale (d_1) axialement à l'extérieur de la partie principale (21a), à la ligne de référence (S) de la jante (25) est au moins égale à 1.25
5 fois et au plus égale à 2.5 fois la distance (H_F) du point F le plus radialement extérieur de la jante (25) à la ligne de référence (S) de la jante (25).

10 — Pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, monté sur la jante (25), et comprenant un point B du retournement (21b), positionné à la distance maximale (d_2), axialement à l'extérieur de la partie
10 principale (21a), et à une distance (H_B), radialement à l'extérieur d'une ligne de référence (S) de la jante (25), le point F le plus radialement extérieur de la jante (25) étant positionné à une distance (H_F), radialement à l'extérieur d'une ligne de référence (S) de la jante (25), **caractérisé en ce que** la distance (H_B) du point B du retournement (21b), positionné à la distance minimale (d_2) axialement à l'extérieur de la partie
15 principale (21a), à la ligne de référence (S) de la jante (25) est au moins égale à 2 fois et au plus égale à 4 fois la distance (H_F) du point F le plus radialement extérieur de la jante (25) à la ligne de référence (S) de la jante (25).

**FIGURE 1**

**FIGURE 2**

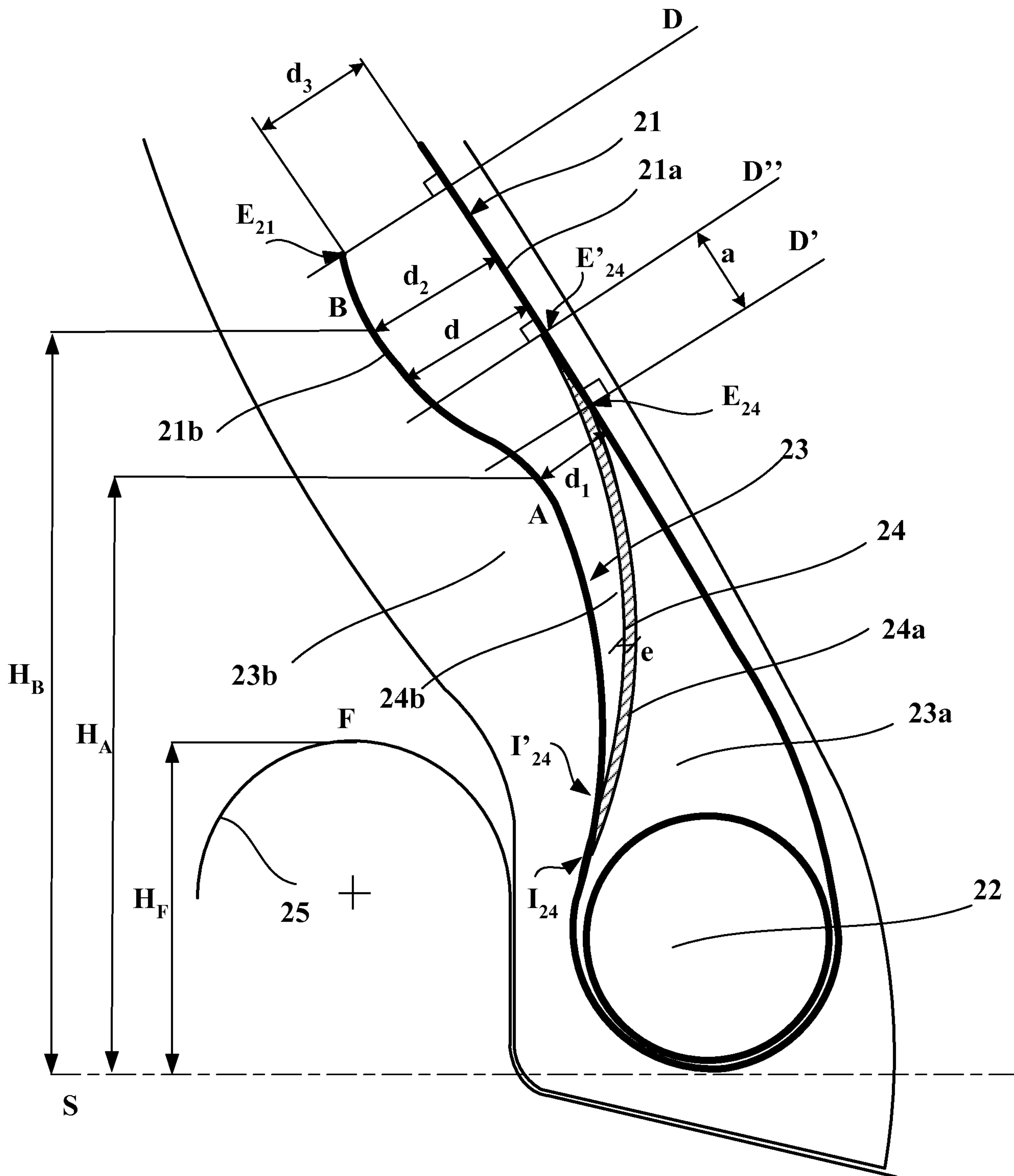


FIGURE 2