

(19)



(11)

EP 3 230 509 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
12.01.2022 Bulletin 2022/02

(51) Int Cl.:
D04B 21/16 (2006.01) E02D 17/20 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15816813.8**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2015/053077

(22) Date de dépôt: **16.11.2015**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2016/092167 (16.06.2016 Gazette 2016/24)

(54) **GÉOSYNTHÉTIQUE DE RENFORCEMENT DE SOL À COMPORTEMENT MULTI-MODULE**

ERDVERSTÄRKENDES MULTIMODUL-GEOTEXTIL

MULTI-MODULUS EARTH REINFORCING GEOTEXTILE

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **DELMAS, Philippe**
78330 Fontenay le Fleury (FR)
- **TANKERE, Jacques**
01800 Meximieux (FR)
- **DUCOL, Jean-Paul**
69170 Les Sauvages (FR)

(30) Priorité: **11.12.2014 FR 1462214**

(43) Date de publication de la demande:
18.10.2017 Bulletin 2017/42

(74) Mandataire: **Cabinet Laurent & Charras**
Le Contemporain
50 Chemin de la Bruyère
69574 Dardilly Cedex (FR)

(73) Titulaires:

- **Texinov**
38110 Saint Didier de la Tour (FR)
- **Deltaval**
69006 Lyon (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 0 791 673 DE-B3-102006 023 588
FR-A1- 2 420 588 US-A- 3 855 678

(72) Inventeurs:

- **AURAY, Germain**
69400 Villefranche Sur Saone (FR)

EP 3 230 509 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention est relative à un géosynthétique, soit géotextile, géogrille ou encore géotextile géocomposite appliqué dans le domaine du génie civil, et plus particulièrement, dans le domaine de renforcement des sols lors de la réalisation d'ouvrages de type voies routières ou ferroviaires. On peut également trouver ce type de situation sous des bassins de rétention ou de traitement d'eau ou encore dans le cadre d'autres types d'ouvrages, comme les ouvrages hydrauliques ou les installations de stockage de déchets.

[0002] Ce géosynthétique est réalisé de telle sorte qu'il apporte un renforcement des sols dans un ouvrage de génie civil pour lui assurer une performance de résistance élevée, notamment dans le cas de cavités ou failles entraînant un risque d'affaissement ou d'effondrement, ou un renforcement des plateformes de transfert de charges sur des inclusions rigides de type pieux.

[0003] Le géosynthétique objet de l'invention se différencie des matériaux connus de l'art antérieur par son comportement sous effort de traction. Ainsi, il présente un très faible module (c'est-à-dire la pente de la courbe donnant l'effort de traction en ordonnées en fonction de l'allongement en abscisses) au premier niveau d'allongement permettant une déformation initiale rapide résultant d'un effondrement ou d'un affaissement local ou sur inclusions rigides de type pieux. Puis lors d'un allongement ultérieur, un module plus élevé permet de développer des propriétés de renforcement nettement plus importantes qui limitent le tassement de l'ouvrage et en assure la sécurité.

ART ANTERIEUR

[0004] Les géotextiles ou géosynthétiques de renforcement sont couramment utilisés dans les ouvrages de génie civil comme armatures de structures soumises à sollicitation.

[0005] Ils se présentent sous la forme de nappes, dont les conditions d'utilisation sont définies et appliquées en respect des règles et codes de la construction. Ils doivent assurer la longévité des ouvrages et apporter la sécurité et la pérennité de ceux-ci en relation avec leur utilisation.

[0006] Ils agissent, jusqu'à présent, toujours en armature à réaction immédiate, c'est-à-dire en s'opposant au mouvement de sol, l'objectif étant de rester le plus proche possible de l'état initial.

[0007] Pour cela tous les géotextiles ou géosynthétiques proposés à ce jour sont réalisés avec des fibres de haut module de traction et avec le minimum d'embuvage (rapport entre la longueur des fils et la dimension du tissu dans la même direction) de façon à s'opposer aux efforts, même en cas de déformation limitée.

[0008] De façon à perfectionner ces matériaux en apportant des solutions économiques, on a proposé, par

exemple dans les documents FR 2 767 344 ou FR 2 932 820, de mettre en œuvre des fibres de nature différente afin de conférer auxdits matériaux un comportement différent, et plus particulièrement en introduisant des fibres de module plus élevé pour les conditions de service usuelles. Les courbes de traction de ces géosynthétiques montrent une capacité de réaction en deux temps agissant avec décalage lors de leur sollicitation.

[0009] Plus précisément, on induit une réaction immédiate du géosynthétique, tendant à s'opposer à la déformation dudit géosynthétique en utilisant en particulier les caractéristiques de l'une des fibres présentant le plus haut module de déformation au départ, suivie d'une réaction différée obtenue par une seconde fibre à plus fort allongement, permettant un effet de type « parachute de sécurité », c'est-à-dire évitant une rupture dudit géosynthétique, et partant, les conséquences d'une telle rupture de type chute d'une voiture ou d'un train en suite de la survenance d'une faille ou autre..

[0010] Or, dans le cas particulier des sols susceptibles de présenter des déformations locales de type cavité ou fontis, on souhaite pouvoir être alerté de la survenance de l'effondrement ou de l'affaissement consécutif à l'apparition d'un tel phénomène, tout en limitant les conséquences dudit phénomène sur l'ouvrage. De même dans le cas des plateformes de transfert de charge à la base des remblais sur inclusions rigides ou sur pieux, on souhaite dans un premier temps laisser le transfert de charge se mettre en place au-dessus des inclusions, avant de limiter les déformations. C'est l'objet de la présente invention.

[0011] De fait, dans le cas de tels ouvrages, l'état antérieur de la technique consiste à procéder au dimensionnement du géosynthétique de la façon suivante :

- détermination de la flèche maximale admissible pour le géosynthétique afin de garantir un niveau de tassement maximum en surface du remblai recouvrant ledit géosynthétique; cette flèche maximale admissible du géosynthétique correspond à une déformation maximale (ϵ_{\max}) de celui-ci ; il s'en suit la définition d'un module minimum du géotextile correspondant à cette déformation (ϵ_{\max}), garantissant la flèche maximale du géosynthétique et donc le tassement maximum en surface ;
- détermination de la traction admissible minimum pour reprendre les efforts transmis par le remblai situé au-dessus de la cavité ou de la faille ; de fait, il s'infère des éléments des figures 3A et 3B que plus la flèche admissible du géotextile est importante, moins l'effort de traction nécessaire, et donc admissible, du géosynthétique est élevé.

[0012] Un raisonnement analogue peut être tenu pour le calcul de géosynthétique de renforcement dans les matelas de répartition de charge sur inclusions.

[0013] Par « tassement », on désigne la déformation de l'ouvrage visible en surface.

[0014] Par « flèche », on désigne la différence entre la cote initiale du géosynthétique lorsque la nappe est positionnée à l'horizontale, et la cote atteinte par ladite nappe au point le plus bas de la déformée.

[0015] La déformation du géosynthétique désigne l'allongement local de celui-ci (exprimé en %) sous l'effet de la sollicitation en traction.

[0016] Le module d'un géosynthétique pour une déformation ε donnée est le quotient de la force de traction sur la déformation.

OBJET DE L'INVENTION

[0017] La présente invention est relative à un géosynthétique de renforcement de sols, notamment dans de telles situations de cavités, de failles ou de plateformes de transfert de charge, présentant un comportement en deux étapes :

- une première étape autorisant une déformation visible ou en tout cas mesurable par un capteur de l'effondrement ou de l'affaissement, et donc dans laquelle le géosynthétique est susceptible de se déformer de manière relativement importante ;
- une seconde étape stoppant cette déformation, bloquant et à tout le moins limitant fortement l'allongement dudit géosynthétique.

[0018] A cet effet, l'invention propose un géosynthétique de renforcement présentant au moins deux zones d'allongement différentes sous tension selon au moins une direction, respectivement :

- une première zone d'allongement important pour une déformation du géosynthétique comprise entre 0% et une limite comprise entre 0,5 et 6 % de déformation selon au moins une direction pour des tensions comprises entre 0 et 10 à 400 kN/m correspondant à cette déformation limite;
- une deuxième zone d'allongement, au-delà de ladite première zone d'allongement, caractérisée par une déformation maximale comprise entre 2 et 20 % de déformation selon au moins une direction pour des tensions comprises entre 100 et 3000 kN/m correspondant à cette déformation maximale.

[0019] Le différentiel des capacités d'allongement résulte de la nature des fils constitutifs du géosynthétique et/ou de la structure dudit géotextile par exemple par la création d'un embuvage des fibres.

[0020] Le géosynthétique de l'invention permet d'obtenir un matériau avec une courbe de traction à au moins double pente. Le produit présente notamment dans la première zone d'allongement un module très faible (voire quasi nul), puis dans la deuxième zone d'allongement un haut module différé (valeur 500 à 3000 kN/m au moins, voire beaucoup plus).

[0021] L'invention peut prévoir en outre une troisième

zone d'allongement, avec soit un module intermédiaire (création d'un effet « parachute » de sécurité - Cf. ci-dessus), soit un module plus élevé apportant une sécurité ultime en cas de risque d'agrandissement de la cavité à de très grandes dimensions (de 5 à 15 ou 30 mètres de diamètre ou de largeur).

[0022] L'objectif est de renforcer un sol à risque, c'est-à-dire susceptible de voir apparaître des cavités ou des failles, en intégrant dans ce dernier une fonction d'avertisseur assurée par la déformation initiale du géotextile, rendant détectable, notamment visuellement, un tassement limité de l'ouvrage.

[0023] Cette détection sera perceptible soit à la surface de l'ouvrage et sera alors visuelle ou instrumentée, soit par mesure au niveau du géosynthétique positionné sous le remblai. Une telle instrumentation est par exemple constituée de fibres optiques associées à un réseau de Bragg ou de type Brillouin, d'extensomètres collés ou rapportés sur le géosynthétique, ou de tout autre moyen apte à détecter une modification d'une grandeur physique, telle qu'une longueur. Ces systèmes de détection instrumentée sont intégrés dans la construction textile ou rapportés dans une étape ultérieure par collage ou tout autre moyen de fixation.

[0024] Par ailleurs, on démontre que dans le cas de formation de cavités ou encore dans le cadre de la réalisation de matelas de répartition de charge sur inclusions rigides, ou sur des pieux régulièrement espacés, le fait d'accepter une certaine déformation initiale permet de limiter la résistance nécessaire du géosynthétique.

[0025] En effet, le géosynthétique doit être dimensionné en fonction de la taille maximale attendue de la cavité ou de la faille sur le site considéré. Pour le tassement maximum en surface, cela fige la flèche maximale dudit géosynthétique, et donc le module minimum à la déformation maximale du géosynthétique (ε_{\max}).

[0026] Dans le cas d'un géotextile usuel mono-matière, donc assimilé par simplification pour le raisonnement à un mono-module (module unique pour toutes les déformations inférieures à ($\varepsilon_{f\max}$), lors de l'ouverture initiale de la cavité ou de la faille, par exemple pour le quart (ou la moitié) du diamètre de la cavité ou de la largeur de la faille, la flèche du géosynthétique et sa déformation (ε_{int}) pour cette phase intermédiaire sont très réduites. Cette flèche pourra être de l'ordre de 10 (3 à 15) fois plus faible que la valeur tolérée pour le dimensionnement.

[0027] Il s'en suit que les déplacements de surface du remblai ne sont pas observables, et que, même pour le géosynthétique, les déformations sont souvent trop faibles pour être mesurables par instrumentation directe (fibre optique ou extenso mètre).

[0028] Il est évident que le géotextile est largement surdimensionné pour la phase initiale d'ouverture de cavités c'est-à-dire lorsque celle-ci est plus petite que la taille maximale prévue au cahier des charges, principalement pour deux raisons :

1. le géotextile est conçu pour une cavité plus gran-

de.

2. le géotextile est conçu pour résister dans le temps avec un matériau (polymère) qui flue, c'est-à-dire dont l'allongement, lorsqu'il est soumis effectivement à une sollicitation, augmente avec le temps. Le géotextile est donc surdimensionné pour que sa résistance soit encore suffisante après 2, 10, 25 ou 100 ans selon le cahier des charges.

[0029] L'invention propose un géosynthétique apte à se déformer lors de la phase d'ouverture de la cavité, ou de la faille, tout en garantissant les spécifications, tant en terme de tassement qu'en terme de résistance, pour la configuration finale du cahier des charges

[0030] Pendant la phase d'ouverture, par exemple pour le quart (voire la moitié) du diamètre de la cavité ou de la largeur de la faille, le géosynthétique de l'invention laisse se produire le tassement tout en assurant la stabilité de l'ouvrage et en garantissant le respect du cahier des charges, et le tassement admissible du remblai en surface. Il permet ainsi d'obtenir des déformations intermédiaires (ϵ_{int}) très supérieures à celles obtenues avec un mono module (de l'ordre de 2 à 3 fois). Ceci permet alors d'atteindre des niveaux de déformation facilement mesurables dès le début du phénomène de formation de la cavité ou de la faille, et ainsi d'étudier ou surveiller l'évolution de la situation pour intervenir si nécessaire avant risque de rupture ou simplement planifier la remise en état de l'ouvrage.

[0031] Ensuite lors de la progression de l'ouverture résultant de la cavité ou de la faille jusqu'à la configuration finale, le module plus élevé permet au géosynthétique de s'opposer aux déplacements importants du sol, garantissant la stabilité de l'ouvrage suivant les spécifications.

[0032] Il peut être rencontré dans le cadre d'ouvrages à réaliser des risques de formation de très grandes cavités, dont le diamètre est de plus de 5 m, pouvant aller jusqu'à 10 ou 30 mètres.

[0033] Dans ce cas, les solutions alternatives aux géosynthétiques sont très coûteuses. Les solutions mettant en œuvre les géotextiles classiques sont elles-mêmes limitées par le niveau de résistance ultime requis, typiquement de 2000 à 6000 ou 8000 kN/m, éventuellement en plusieurs couches.

[0034] Ces solutions peuvent nécessiter de la très haute résistance avec des polymères à très haut module de type aramide.

[0035] L'invention permet de proposer une solution au moins au niveau de la sécurisation, en acceptant une déformation apparente significative, mais en faisant travailler le polymère une fois l'effet membrane, c'est-à-dire la répartition des efforts dans les différentes directions de sollicitation, déjà bien en place.

[0036] On peut même travailler en trois modules progressifs, ce qui permet de n'utiliser le polymère le plus résistant et le plus cher qu'en cas ultime de très grande ouverture, mais au maximum de son efficacité pendant

une durée limitée avant réparation dans la mesure où il n'aura pas subi de fluage préalable, n'ayant pas été sollicité.

[0037] De manière analogue, le produit multi module de l'invention, présentant un module élevé décalé par rapport à l'origine, présente des avantages dans d'autres applications de type inclusions rigides. Le géosynthétique est alors installé à la base ou jusqu'à mi-hauteur (éventuellement en plusieurs nappes) de la couche de transfert de charge au-dessus des inclusions rigides. Une déformation initiale, avant sollicitation du géosynthétique dans la zone à module élevé, permet une déformation qui réduit la résistance maximale nécessaire dudit géosynthétique, ou améliore le report de charge sur les inclusions. Ce géosynthétique permet une première répartition du transfert des charges sur les inclusions rigides avant de s'opposer aux déformations ultérieures et à long terme grâce au module plus élevé.

[0038] Dans une telle application, la mise en place du remblai s'effectue en deux temps : une première étape de dépôt d'une partie du remblai, suivie d'un compactage induisant la déformation du géosynthétique pour sa mise en place et sa mise en tension. On observe des ondulations de la couche de remblai mise en place, que l'on vient combler lors d'une deuxième étape par rajout de remblai, qui ne se déforme presque plus au compactage, le géosynthétique travaillant alors dans la zone de module élevé.

[0039] Selon une première forme de réalisation de l'invention, le géosynthétique est une structure tricotée réalisée par technologie à maille jetée, intégrant en chaîne (sens production) une première série de fils rectilignes, et une seconde série de fils liés à d'éventuels fils de trame (disposés en sens travers), ou à un éventuel matériau support (cas d'un géocomposite, et par exemple constitué par un tissé, un non-tissé, une structure tricotée, un film, une membrane, voire plusieurs couches de ces matériaux.) par des fils de liage aptes à leur conférer une ondulation d'amplitude choisie en fonction de l'embovage souhaité et corollairement, de la loi de comportement, et en particulier les limites des zones de déformation dudit géosynthétique.

[0040] Selon une seconde forme de réalisation de l'invention, le géosynthétique est une structure tissée, constituée par une base à armure toile ou taffetas, avec des fils sous forme flottée en chaîne ou en trame, c'est-à-dire passant sur plusieurs fils de chaîne ou de trame, la quantité de fils de chaîne ou de trame passés conditionnant la loi de comportement, et en particulier les limites des zones de déformation dudit géosynthétique sous l'effet de traction immédiate. Les flottés, étant moins ondulés, se mettent immédiatement en tension lors de la sollicitation en traction du géosynthétique, ce qui correspond à la première zone de la courbe effort/déformation.

[0041] Selon l'invention, les fils constitutifs de la structure ainsi qu'éventuellement les fils de liage sont réalisés à partir de fibres à haute résistance à la traction, et de préférence choisies dans le groupe comprenant le PET

(polytéréphtalate d'éthylène), le polyamide, le polypropylène, le polyéthylène, le polyvinyl acétate, les polyester aromatiques (par exemple le Vectran®), l'aramide, le carbone, l'acier, l'acier inoxydable, les fibres biosourcées (acide polylactique, le polybutylène succinate (PBS)), voire des fibres naturelles (coton, chanvre ou lin).

[0042] Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le géosynthétique peut être associé à un autre géosynthétique susceptible d'assurer de manière supplémentaire les fonctions de drainage, de filtration, de protection, voire d'étanchéité totale ou partielle, d'anti-contaminant, de vecteur de miscibilité, de traitement anti-pollution, etc.

[0043] En résumé le géosynthétique multi-module de l'invention offre des avantages significatifs en termes de performances et de gains économiques. Dans les différentes variantes il permet :

- de proposer une fonction alerte en cas de survenance de failles ou cavités ;
- une meilleure efficacité de report de charges en cas d'inclusions rigides ;
- une conception plus économique du géosynthétique qui travaille avec des flèches plus importantes, nécessitant donc pour une même efficacité des résistances plus limitées, et donc la mise en œuvre de fibres moins onéreuses ;
- dans le cas des inclusions rigides, une diminution du prix du chantier inhérente à une densité plus faible du maillage nécessaire et à une simplification des têtes d'inclusion ;
- d'offrir une solution inédite de sécurisation pour les cas de risque de très grandes cavités de plus de 5 mètres qui nécessitent des très grandes résistances.

[0044] Par ailleurs, le géosynthétique de l'invention peut présenter au moins trois zones d'allongement différentes sous tension selon au moins une direction, respectivement :

- une première zone d'allongement important pour une déformation du géosynthétique comprise entre 0,5 et 6 % selon au moins une direction pour des tensions comprises entre 0 et 400 kN/m correspondant à cette déformation limite;
- une deuxième zone d'allongement, au-delà de ladite première zone d'allongement, caractérisée par une déformation maximale comprise entre 2 et 20 % selon au moins une direction pour des tensions comprises entre 100 et 3000 kN/m au moins, correspondant à cette déformation maximale,
- une troisième zone d'allongement, au-delà de ladite deuxième zone d'allongement, dans laquelle le module des fibres qui le constituent est plus élevé ou plus faible que celui des fibres constituant lesdites première et seconde zones d'allongement.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0045] La manière dont l'invention peut être réalisée, et les avantages qui en découlent, ressortiront mieux des exemples de réalisation qui suivent, données à titre indicatif et non limitatif à l'appui des figures annexées.

La figure 1 est une représentation schématique en section d'un ouvrage positionné au-dessus d'une faille ou cavité, mettant en œuvre un géosynthétique. Les figures 2A et 2B illustrent schématiquement deux configurations d'ouvrage sur des inclusions rigides, sans (figure 2A) et avec (figure 2B) plateforme de transfert de charges .

Les figures 3A et 3B illustrent, respectivement selon l'art antérieur et selon l'invention le principe mis en œuvre, et notamment l'effet « membrane ».

Les figures 4A et 4B sont des vues analogues aux vues 3A et 3B, tendant à illustrer le principe mis en œuvre par l'invention sur des inclusions rigides.

La figure 5 est une représentation de la variation du module du géosynthétique de l'invention, avec en abscisse, la déformation, et en ordonnée la tension appliquée. La première zone d'allongement selon l'invention correspond à la partie A sur l'axe des déformations, les zones suivantes aux parties B puis B' (etc)

Les figures 6A et 6B sont des courbes analogues à la figure 5 de variantes de l'invention.

Les figures 7A, 7B et 7C sont des représentations schématiques de différentes variantes du géosynthétique de l'invention, ce dernier étant alors une structure tricotée.

Les figures 8A, 8B et 8C sont d'autres variantes du géosynthétique de l'invention, toujours en mode tricoté.

Les figures 9A et 9B illustrent un autre mode de réalisation du géosynthétique de l'invention, ce dernier étant en mode tissé.

Les figures 10A et 10B sont des vues analogues aux figures 8A et 8B d'une variante d'exécution.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0046] On a représenté en relation avec la figure 1, l'une des applications privilégiées de l'invention. En l'espèce, le géosynthétique **1** est destiné à supporter le remblai **4**, posé sur le sol **2**, susceptible de présenter des risques d'effondrement localisés en raison de l'ouverture de cavités ou failles **3**. Dans la figure 1, la faille est représentée, mais il est bien évident que lors de la phase de construction, la faille n'existe pas encore.

[0047] Comme on peut l'observer, lors de la survenance de la faille **3**, le géotextile de l'invention surmonté du remblai **4** s'affaisse localement à l'aplomb de ladite faille, cet affaissement étant destiné à être visible ou en tout cas détectable par instrumentation au niveau du géotextile.

[0048] Dans le cas de structures mises en place à l'aide d'inclusions rigides, c'est-à-dire en général sur des sols mous, il est préalablement planté à intervalles réguliers des pieux **5**, sur lesquels va tout d'abord être positionné le géosynthétique **1**. Une première couche de remblai **6**, appelée également plateforme de transfert de charges, est déposée sur ledit géosynthétique. Le poids et le compactage de cette couche induisent une déformation de l'ensemble en « cuvette » entre deux pieux consécutifs. Ces cuvettes sont comblées lors d'une seconde étape par le dépôt d'une seconde couche de remblai **7**.

[0049] Comme on l'aura bien compris, on veut pouvoir visualiser le tassement de l'ouvrage lorsque celui-ci intervient, par exemple en suite de l'ouverture d'une cavité. Il s'infère des figures 3A et 3B l'influence de la conception du géosynthétique sur ce tassement, observable sur la figure 3A et non sur la figure 3B. L'invention permet de conférer une certaine déformation au géosynthétique, limitée cependant à une flèche maximum, qui détermine de fait les caractéristiques dudit géosynthétique.

[0050] Une simple décomposition vectorielle permet de démontrer que la force F1 (art antérieur) de traction sur le géosynthétique résultant de la reprise de la charge P (constituée par le remblai + la surcharge de fonctionnement de l'ouvrage) est plus importante que la force F2 (invention) : c'est tout l'intérêt de la première zone à faible module : ainsi la sollicitation en traction F2 est plus faible selon l'invention, ce qui limite le coût de la solution.

[0051] La flèche du géosynthétique dans la première zone d'allongement va induire, lorsque la déformation ε_{AB} est atteinte, la mise en œuvre des caractéristiques dudit géosynthétique dans la zone B (figures 5, 6A et 6B) avec la deuxième série de fibres qui se seront mises en tension,

[0052] Afin de permettre de telles applications, le géotextile de l'invention présente un comportement particulier, illustré notamment en relation avec la courbe de la figure 5.

[0053] Ainsi, selon une première partie A, la courbe qui se situe à un certain niveau de résistance R1 calculée pour la mise en place et selon les impératifs du cahier des charges de l'ouvrage, autorise une déformation relativement conséquente du géosynthétique, qui peut aller d'une faible valeur, par exemple 0,5 à 3 % jusqu'à des valeurs plus élevées (2 à 5, voire 6% si nécessaire). On souhaite en effet accepter une déformation du géosynthétique, et corollairement du remblai qui le recouvre, afin d'être détectable, afin de jouer le rôle d'avertisseur en cas de survenance d'un effondrement ou d'un affaissement consécutif à la formation d'une cavité ou d'une faille. Cette déformation est également souhaitée afin de permettre la mise en tension du géotextile dans le cas d'un ouvrage à réaliser mettant en œuvre des inclusions rigides.

[0054] Ensuite, la courbe se redresse très fortement en B pour réagir et s'opposer à la déformation du géosynthétique, et corollairement au déplacement du sol ou à l'affaissement ou effondrement lors de la formation

d'une cavité ou pour initier la mise en tension du géosynthétique sur les inclusions rigides.

[0055] On relève ainsi que la pente de la seconde partie de la courbe est très nettement plus élevée que celle de la première partie.

[0056] On comprend alors qu'il s'agit d'une approche radicalement différente des conceptions de renforcement connues de l'art antérieur.

[0057] On démontre en effet (Cf. supra), que pour reprendre la charge correspondant au remblai additionnée de la surcharge de fonctionnement de l'ouvrage, la résistance nécessaire du géosynthétique est plus faible en cas de flèche plus importante du géosynthétique que la résistance nécessaire en cas de faible déformation initiale.

[0058] On rappelle que l'effet de foisonnement du sol et l'effet de voûte risquent de rendre invisible la déformation en surface, ce qui n'est pas satisfaisant si le maître d'ouvrage souhaite intervenir ou au moins planifier une intervention dès le début de formation de la cavité ou de la faille pour réparation, afin de sécuriser son ouvrage et ne pas prendre le risque d'un sinistre important ultérieur, lorsque la cavité dépasserait éventuellement en diamètre les valeurs prévues par les géologues.

[0059] De même, dans le cas d'inclusions rigides, par similitude, pour un même report de charge, la résistance nécessaire dans le cas de la figure 4A est plus faible que dans le cas de la figure 4B. Et surtout en corollaire avec un niveau de résistance équivalente, la charge reprise est plus élevée dans le cas de la figure 4A que dans celui de la figure 4B. Au sein de ces figures, P représente le poids du remblai, R la réaction du sol mou sur le géosynthétique, et Tv la composante verticale de la tension appliquée sur ledit géosynthétique.

[0060] De plus, la méthode de mise en place du géotextile de l'invention en deux étapes, la première pour assurer la mise en tension du géotextile, et la seconde pour finaliser le remblai, assure un report de charge plus important sur les inclusions rigides, permettant une conception plus économique des inclusions : ainsi, en augmentant l'espacement autorisé entre les inclusions (maillage), il est possible d'en diminuer la quantité globale.

[0061] On a représenté en relation avec les figures 6A et 6B des courbes analogues à celle de la figure 5. Le démarrage de ces courbes est sensiblement identique à celle de la figure 5, c'est-à-dire une faible pente, suivie d'une pente nettement plus importante, ce dans le but d'aboutir au résultat précité.

[0062] S'agissant de la figure 6A, la pente s'infléchit (zone C) de façon à rendre visible un tassement de surface de l'ouvrage : dans ce cas, qui peut se produire par exemple en cas d'ouverture de la cavité en plusieurs phases, le géosynthétique joue à nouveau son rôle d'avertisseur et la déformée visible en surface indique la nécessité d'une réparation de l'ouvrage. Néanmoins, le géosynthétique, même déformé, permet une sécurité anti-chute puisqu'il empêche l'effondrement qui serait nor-

malement consécutif à l'ouverture de la cavité.

[0063] Typiquement, dans cette configuration, les fibres mises en œuvre peuvent être les suivantes :

- PET ou polypropylène à fort allongement, pour conférer les propriétés à la zone A ;
- Aramide ou PVA (polyvinyle acétate) pour conférer les propriétés à la zone B ;
- et PET haute résistance (PET HT) pour la zone C.

[0064] S'agissant de la figure 6B, la pente augmente encore (zone C') par rapport à la zone B' : ce cas correspond également à l'éventualité d'une ouverture de la cavité en plusieurs phases, mais en supposant cette fois que le cahier des charges n'autorise qu'un tassement supplémentaire très faible : on comprend que dans ce cas, le module du géosynthétique dans cette troisième partie doit être encore plus élevé afin de reprendre des efforts importants en limitant la déformation.(zone D').

[0065] Dans ce cas, les fibres mises en œuvre peuvent être les suivantes :

- PET ou polypropylène à fort allongement, pour conférer les propriétés à la zone A ;
- PET haute résistance (PET HT) pour la zone B' ;
- Aramide ou PVA (polyvinyle acétate) pour conférer les propriétés à la zone C'.

[0066] On a représenté en relation avec les figures 7A à 7C un premier mode de réalisation du géosynthétique de l'invention, celui-ci présentant une structure tricotée. Cette structure tricotée est obtenue selon la technologie à maille jetée.

[0067] La figure 7A illustre ainsi un premier exemple de construction d'un géosynthétique monodirectionnel (sans trames) répondant à l'application recherchée. Il s'agit d'une représentation schématique dans laquelle une première série de fils **71** est disposée de manière rectiligne dans le sens production (chaîne). Une seconde série de fils **72** est introduite selon une structure imposant auxdits fils une ondulation déterminée.

[0068] Ces ondulations sont obtenues en faisant travailler lesdits fils **72** autour d'une structure de liage, constituée par des fils de liage **73** et **74**, par exemple avec deux simples tricots en opposition ou simplement en les « sur » alimentant, ce qui est réalisable avec un double dispositif de contrôle positif de débit illustré sur la figure 8C sur métiers de type spécifique, c'est à dire avec délivrance positive des fils en sens production Rachel. spécifique

[0069] Ces ondulations des fils **72** génèrent donc un embuvage, dont l'amplitude peut être modulée en fonction de l'importance souhaitée de la zone A des courbes des figures 5 et 6.

[0070] On comprend alors que lorsque s'exercent les efforts de traction sur le géosynthétique, les fils **71** sont immédiatement sollicités (zone A), et n'intervient la réaction des fils **72** que lorsque l'allongement des premiers

fils **71** arrive à rupture ou dépasse le pourcentage d'ondulation des fils **72**. Leur intervention résulte alors de la rupture des fils de liaison **73** et **74**, induisant de facto leur « désondulation », c'est-à-dire l'allongement du textile lorsque l'embuvage des fils se résorbe lors de la mise sous tension.

[0071] Autrement dit, la « désondulation » des fils **72** intervient alors que s'exerce un allongement du géosynthétique autorisé par déformation de la structure de liaison, laquelle est constituée de fils **73** et **74** eux-mêmes à fort allongement, et éventuellement jusqu'à la rupture.

[0072] Si l'ondulation est programmée pour x % d'allongement, et par exemple 0,5 à 3%, les fils **72** ne commenceront à intervenir qu'à partir de cette valeur. Au-delà de cette dernière, il y a addition des résistances des fils **71** et **72**, et une courbe résultante (zone B ou B'), dont la pente ou le module seront définis par les caractéristiques des fils utilisés.

[0073] Plusieurs types de structure ou de chemins de fils **72** sont possibles.

[0074] Par exemple, les fils **72** peuvent n'être reliés que toutes les « n » rangées de mailles de façon à n'introduire qu'un très faible décalage. Ainsi dans la figure 7B, le liage des fils **72b** peut être modifié avec une liaison sur le fil maillant seulement toutes les quatre rangées permettant un embuvage plus faible lorsque cela est recherché.

[0075] La figure 7C illustre également une variante de structure de fond différente pour le liage. D'autres types de liage et d'armures peuvent être envisagés, le point commun étant toujours un embuvage contrôlé des fibres assurant le deuxième niveau de résistance et de déformation

[0076] Dans ces trois exemples de géosynthétique monodirectionnel, on n'a pas introduit de trame. Il peut alors être nécessaire de travailler avec quatre jeux de fils, donc avec quatre barres de guidage de fils différentes.

[0077] Les figures 8A et 8B représentent d'autres constructions, dans lesquelles les fils **82a** et **82b** évoluent avec une plus grande amplitude sur des liages adaptés, par exemple sous forme de trames sectionnelles sous deux aiguilles avec des liages chaînette, double tricot ou autre, autorisant avec précision cette évolution d'une part, et permettant une certaine latitude de déplacement des fils ondulés **82a** et **82b**, lors de leur sollicitation en traction d'autre part.

[0078] On comprend alors que le chemin parcouru par ces fils **82a** et **82b** est plus long que celui des fils rectilignes **81a** et **81b** et qu'ils réagissent à retardement par rapport à ces derniers.

[0079] La courbe résultante (zone A) à relativement faible pente, peut alors présenter une première partie plus longue.

[0080] Dans l'exemple de la figure 8B, on a introduit des trames transversales illustrées en traits discontinus, offrant la possibilité de n'utiliser que trois barres de guidage de fils car il est possible dans un tel cas de n'avoir

qu'un seul jeu de fils de liages **83b**. Ainsi, il est possible de réaliser un géosynthétique sous forme de grille, ou d'obtenir une résistance accrue en sens trame. En outre, cette construction s'avère plus économique.

[0081] Dans l'exemple de la figure 8A, des variantes des fils de liage **83a** et **84a** sont illustrées.

[0082] Par ailleurs, il peut être envisagé de conférer une fonction supplémentaire au géosynthétique, notamment de séparation et/ou de filtration du sol. A cet effet, on peut rajouter directement lors de l'étape de fabrication, un non-tissé, un tissé ou un voile **86**.

[0083] La figure 8C est un autre exemple de construction du géosynthétique de l'invention, dans lequel tous les fils ou câblés sont disposés sur une même ligne de guidage (désignée barre de guide fils), mais avec une double alimentation positive à débit différent. Cette solution est possible lorsque l'écart ou le déphasage recherché entre la première partie de la courbe (zone A) et la seconde partie de la courbe (zone B) est relativement faible.

[0084] L'enfilage des fils ou câblés est alors réalisé avec, par exemple, la répétition de un fil de type **81b**, puis un fil de de type **82b**.

[0085] Pour parvenir aux performances recherchées, le choix de la nature des fils composant le géosynthétique en question est très précisément adapté aux conditions spécifiques de l'ouvrage et du chantier.

[0086] Pour les fils rectilignes **71**, **81a**, **81b** qui interviennent immédiatement dans la réaction du matériau, on peut opter pour des fils de haute résistance mais présentant une courbe d'allongement longue, c'est-à-dire avec un allongement élevé à la rupture, par exemple de l'ordre de 5 à 20 %.

[0087] Ce peut être du polyester standard ou type rétracté avec courbe à allongement élevé), du polyamide, du polypropylène ou du polyéthylène haute résistance mais d'allongement à la rupture de l'ordre de 20%.

[0088] D'autres fibres peuvent être utilisées encore, qu'elles soient synthétiques, chimiques voire naturelles, en fonction des impératifs de l'ouvrage.

[0089] Pour les fils de haut module **72**, **72b**, **82a**, **82b** disposés avec suralimentation ou ondulation, il s'agit d'utiliser des fils de haute résistance ou de haut module comme le polyester HT (haute ténacité), les fibres d'aramide, de PVA (polyvinylacétate), le verre, le carbone, le basalte, le polyéthylène HT (haute ténacité), ou encore les fibres telles que le Vectran® (polyester aromatique), etc...

[0090] Le choix de ces combinaisons de matières pour les deux types de fils est déterminé par les impératifs calculés de renforcement de l'ouvrage en termes de résistance à court et long terme. Il est également tenu compte de la compatibilité chimique, notamment en fonction du milieu d'application.

[0091] Par exemple, on peut combiner du polypropylène en position des fils **71**, **81a** ou **81b** et une fibre haut module insensible en milieu alcalin comme le PVA pour les fils **72**, **72b**, **82a** ou **82b**.

[0092] Les fils de liage peuvent quant à eux être standard, et typiquement en polyester ou en polyéthylène. En effet, leur faible résistance permet un effet fusible en phase 1 (zone A) pour permettre le passage en phase 2 (zone B, B').

[0093] Le géotextile de l'invention peut également présenter une structure tissée, et non plus tricotée.

[0094] De par l'ondulation obligatoire autour des trames, lesquelles sont indispensables à la construction même d'un tissé, on dispose de l'effet de retardement attendu lors de la mise en traction dudit géosynthétique.

[0095] Les figures 9 et 10 représentent deux exemples de réalisation mettant en œuvre une telle structure tissée.

[0096] Il s'agit d'armures de type « Cannelé » dans lesquelles il y a plusieurs jeux de fils avec des flottés en chaîne plus ou moins longs.

[0097] Beaucoup d'armures répondent à ces possibilités de jeux de fils avec des ondulations, engendrant une différenciation en terme de comportement ; on peut notamment citer les satins,

[0098] Dans ces armures, on a généralement un fond régulier avec un « taffetas » ou armure toile **90** avec toujours un passage une fois sur la trame et une fois sous la trame ; c'est le cas des fils **91** et **101**.

[0099] Dans l'exemple des figures 9, on introduit ensuite des fils **92** qui passent sur plusieurs trames selon un programme prédéfini et qui donc, demeurent rectilignes sur une certaine distance sous forme de « flottés ».

[0100] Lors de la mise en traction du géosynthétique, on comprend que les fils **92**, qui ont un faible embuvage, sont immédiatement sollicités, alors que les fils **91** doivent être « désondulés » avant de réagir. Cette « désondulation » intervient après rupture des fils **92** ou allongement très important de ces fils **92**.

[0101] On a bien, en jouant d'une part sur cette armure et d'autre part sur le type de fil utilisé (nature et comportement mécanique), une courbe de traction résultante à double pente du type de celle de la figure 3.

[0102] Les figures 10 illustrent une autre armure, dans laquelle on retrouve exactement le même principe mais avec deux jeux de fils différents en plus du taffetas de base **100**, **101**.

[0103] Les fils **101** de la toile de base n'interviennent que lorsqu'ils sont « désondulés » ; ils sont à base de la matière la plus performante en terme de propriétés mécaniques et agissent sur la seconde partie (zone B) de la courbe de traction du géosynthétique.

[0104] Les fils **102** et **102'** sont sollicités immédiatement lorsque le géosynthétique est soumis à la traction, c'est-à-dire correspondant à la zone A de la courbe de la figure 5.

[0105] Si, comme représenté sur la figure 10A, les fils **102** et **102'** ont des flottés de longueurs différentes, et donc des embuvages différents, en plus du type différent de matières les constituant, on obtient des pentes différentes de courbes de traction de départ. Plus spécifiquement, on obtient une courbe de traction à trois pentes successives, ainsi qu'illustrée sur les figures 6A et 6B.

[0106] Les figures 9B et 10B sont des représentations schématiques des armures, pour les programmer sur les métiers à tisser.

Revendications

1. Géosynthétique de renforcement de sols présentant une courbe de déformation dont la pente représente le module du géosynthétique, avec en abscisse la déformation et en ordonnée la tension appliquée, avec

au moins deux zones d'allongement différentes sous tension selon au moins une direction, respectivement :

- une première zone (A) d'allongement important pour une déformation du géosynthétique comprise entre 0% et une limite comprise entre 0,5 et 6 % selon au moins une direction pour des tensions comprises entre 0 et 10 à 400 kN/m correspondant à cette déformation limite;
- une deuxième zone (B) d'allongement, au-delà de ladite première zone d'allongement (A), avec une déformation maximale comprise entre 2 et 20 % selon au moins une direction pour des tensions comprises entre 100 et 3000 kN/m au moins, correspondant à cette déformation maximale, **caractérisée par** une pente de la courbe plus élevée que celle de la première zone d'allongement (A),

le différentiel des zones d'allongement résultant de la nature des fils constitutifs du géosynthétique et/ou de la structure dudit géosynthétique.

2. Géosynthétique de renforcement de sols selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est constitué d'une structure tricotée réalisée par technologie à maille jetée, intégrant en chaîne une première série de fils rectilignes (71, 81), et une ou plusieurs séries de fils de chaîne (72, 82) liés aux éventuels fils de trame ou à un éventuel matériau support par des fils de liage aptes à leur conférer une ondulation d'amplitude choisie en fonction de l'embuvage souhaité et corollairement, de l'importance de la loi de comportement, et en particulier les limites des zones de déformation que l'on souhaite conférer audit géosynthétique.
3. Géosynthétique de renforcement de sols selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le matériau support est constitué par un tissé, un non-tissé, une structure tricotée, un film, une membrane, voire plusieurs couches de ces matériaux.

4. Géosynthétique de renforcement de sols selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est constitué d'une structure tissée, constituée par une base à armure toile ou taffetas, de type satin ou cannelé avec insertion de fils sous forme flottée en chaîne ou en trame, c'est-à-dire passant sur plusieurs fils de chaîne et ou de trame, la quantité de fils de chaîne ou de trame passés déterminant le comportement du géosynthétique sous l'effet de traction immédiate.

5. Géosynthétique de renforcement selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les fils constitutifs de la structure sont réalisés à partir de fibres à haute résistance à la traction, et de préférence choisies dans le groupe comprenant le PET, i.e. le polytéréphtalate d'éthylène, le polyamide, le polypropylène, le polyéthylène, le polyvinyl acétate, les polyester aromatiques, l'aramide, le carbone, l'acier, l'acier inoxydable, les fibres biosourcées telles que l'acide polylactique, le polybutylène succinate (PBS), voire des fibres naturelles telles que le coton, chanvre ou lin par exemple.

6. Géosynthétique de renforcement de sols selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** est associé à un ou plusieurs couches de matériaux de type tissé, un non tissé, ou un tricot susceptible d'assurer de manière supplémentaire les fonctions de drainage, de filtration, d'anti-contaminant, de vecteur de miscibilité, d'étanchéité totale ou partielle, de traitement anti-pollution.

7. Géosynthétique de renforcement de sols selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'il** intègre dans la construction textile ou rapporté dans une étape ultérieure par collage ou tout autre moyen de fixation, un procédé de mesure de déformation de type fibre optique à réseau de Braggs ou et type Brillouin ou équivalent ou des extensomètres.

8. Géosynthétique de renforcement de sols selon la revendication 1, dont la courbe de déformation comprend une troisième zone (C) d'allongement, au-delà de ladite deuxième zone (B) d'allongement, dans laquelle le module du géosynthétique est plus élevé ou plus faible que celui desdites première et seconde zones d'allongement.

Patentansprüche

1. Erdverstärkendes Geotextil mit einer Verformungskurve, deren Steigung das Geotextilmodul darstellt, mit der Verformung in der x-Achse und der aufgebrachtten Spannung in der y-Achse, mit mindestens zwei getrennten Dehnungszonen unter Spannung in mindestens einer Richtung, und zwar jeweils:

- eine erste Zone (A) mit starker Dehnung für die Verformung des Geokunststoffs zwischen 0 % und einem Grenzwert zwischen 0,5 % und 6 % in mindestens einer Richtung für Zugspannungen von 0 und 10 bis 400 kN/m, die diesem Verformungsgrenzwert entspricht;
- eine zweite Dehnungszone (B) über die erste Dehnungszone (A) hinaus, mit einer maximalen Verformung von 2 % bis 20 % in mindestens einer Richtung, für Spannungen zwischen 100 und 3000 kN/m mindestens, die dieser maximalen Verformung entsprechen, **gekennzeichnet durch** eine Kurvensteigung, die höher ist als die der ersten Dehnungszone (A),

der Unterschied der Dehnungszonen ist auf die Natur der Fäden zurückzuführen, aus denen das Geotextil besteht, und/ oder auf die Struktur des Geotextils.

2. Erdverstärkendes Geotextil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es aus einer gewirkten Struktur besteht, ausgeführt durch Kettenwerktechnik, die in der Kette eine Reihe rechtwinkliger Fäden (71, 81), enthält und eine oder mehrere Reihen Kettfäden (72, 82), verbunden mit den eventuellen Schussfäden oder einem eventuellen Trägermaterial über Bindungsfäden, durch die sie eine Amplitudenwelligkeit erhalten können, die gewählt wird entsprechend der gewünschten Welligkeit und gleichzeitig der Bedeutung des Verhaltensgesetzes und insbesondere die Grenzwerte der Verformungszonen, die diese Geotextil erhalten soll.
3. Erdverstärkendes Geotextil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägermaterial aus einem Gewebe, einem Vlies, einem Gestrick, einer Folie, einer Membran oder sogar mehreren Materialschichten besteht.
4. Erdverstärkendes Geotextil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es aus einem Gewebe besteht, bestehend aus einer Basis mit Leinwandbindung oder Taftbindung, vom Typ Atlas oder Rippen, unter Einlage von Fäden in flottierender Form in Kette oder Schuss, das heißt, die über mehrere Kett- und/ oder Schussfäden hinwegführen, die Menge der übersprungenen Kett- oder Schussfäden bestimmt das Verhalten des Geotextils der Wirkung der sofortigen Zugdehnung.
5. Erdverstärkendes Geotextil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fäden, aus denen die Struktur besteht, aus Fasern mit hoher Zugfestigkeit bestehen, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe mit PET, d.h. Polyethylenterephthalat, Polyamid, Polypropylen, Polyethylen, Polyvinylacetat, aromatische Polyester, Aramid,

Kohlenstoff, Stahl, Edelstahl, biobasierte Faser, wie Polymilchsäure, Polybutylensuccinat (PBS), sogar natürliche Fasern, wie zum Beispiel Baumwolle, Hanf oder Leinen.

- 5
6. Erdverstärkendes Geotextil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es kombiniert ist mit einer oder mehreren Materialschichten, vom Typ Gewebe, Vlies oder einem Gewirk, das zusätzlich die Funktionen Drainage, Filtration, Schadstoffrückhaltung, Mischungsvektor, vollständige oder teilweise Abdichtung, Umweltschutzbehandlung erfüllt.
- 10
7. Erdverstärkendes Geotextil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Textilstruktur integriert oder in einem späteren Schritt durch Kleben oder irgendeine andere Befestigungsart hinzugefügt, ein Verfahren zur Messung der Verformung enthalten ist, vom Typ optische Faser mit Bragg-Gitter oder vom Typ Brillouin-Streuung oder ähnliches oder Dehnungsmessstreifen.
- 15
8. Erdverstärkendes Geotextil nach Anspruch 1, dessen Verformungskurve eine dritten Dehnungszone (C) enthält, jenseits der erwähnten zweiten Dehnungszone, in der das geosynthetische Modul höher oder niedriger, als dass der erwähnten ersten und zweiten Dehnungszone ist.
- 20
- 25
- 30

Claims

1. A soil reinforcement geosynthetic having a deformation curve, which slope gives the geosynthetic modulus, the elongation being in abscissas and the tensile effort being in ordinates, said curve having at least two different areas of tensile elongation in at least one direction, respectively:
 - a first major elongation area (A) for a deformation of the geosynthetic in the range from 0% to a limit between 0.5 and 6% in at least one direction for tensions in the range from 0 to 10 to 400 kN/m corresponding to this limit deformation;
 - a second elongation area (B), beyond said first elongation area (A), with a maximum deformation in the range from 2 to 20% in at least one direction for tensions in the range from at least 100 to 3,000 kN/m corresponding to this maximum deformation, **characterized by** a higher slope of the curve than that of the first elongation area (A),
 - 35
 - 40
 - 45
 - 50
 - 55
- the difference between the elongation areas resulting from the nature of the threads making up the geosynthetic and/or from the structure of said geosynthetic.

2. The soil reinforcement geosynthetic of claim 1, **characterized in that** it is made up of a knitted structure formed by warp knitting technology, integrating in the warp direction (production direction) a first series of rectilinear threads (71, 81), and one or a plurality of series of warp threads (72, 82) linked to the possible weft threads (cross direction) or to a possible support material by binding threads capable of giving them a crimp having an amplitude selected according to the desired shrinkage and as a corollary to the importance of the behavior law, and in particular the limits of the deformation areas which are desired to be given to said geosynthetic. 5 10
3. The soil reinforcement geosynthetic of claim 2, **characterized in that** the support material is made up of a woven, a nonwoven, a knitted structure, a film, a membrane, or even a plurality of layers of these materials. 15 20
4. The soil reinforcement geosynthetic of claim 1, **characterized in that** it is made up of a woven structure, formed by a base with a fabric or taffeta weave, of sateen or ribbed type with the insertion of threads in warp or weft float form, that is, passing over a plurality of warp or weft threads, the quantity of passed warp or weft threads determining the behavior of the geosynthetic under the immediate tensile effect. 25
5. The soil reinforcement geosynthetic of any of claims 1 to 4, **characterized in that** the threads making up the structure are formed from fibers having a high tensile resistance, and preferably selected from the group comprising PET, i.e. polyethylene terephthalate, polyamide, polypropylene, polyethylene, polyvinyl acetate, aromatic polyesters, aramid, carbon, steel, stainless steel, biosourced fibers such as polylactic acid, polybutylene succinate (PBS), or even natural fibers such as cotton, hemp, or flax for example. 30 35 40
6. The soil reinforcement geosynthetic of any of claims 1 to 5, **characterized in that** it is associated with one or a plurality of layers of materials of woven type, a nonwoven, or a knit capable of additionally ensuring the functions of drainage, of filtering, of anticontaminant, of miscibility vector, of total or partial tightness, of antipollution treatment. 45
7. The soil reinforcement geosynthetic of any of claims 1 to 6, **characterized in that** it integrates in the textile construction or placed in a subsequent step by gluing or any other attachment means, a method of deformation measurement of optical fiber type with a Bragg or/and Brillouin grating or the like or extensometers. 50 55
8. A soil reinforcement geosynthetic according to claim 1, which deformation curve comprises a third elongation area (C) beyond said second elongation area (B), where the geosynthetic is greater or smaller than that of the first and second elongation areas.

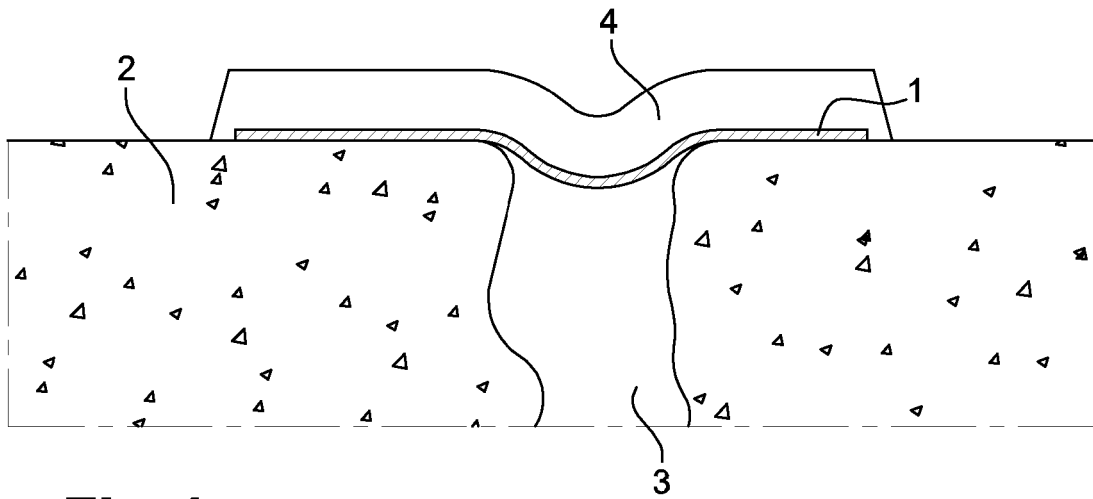


Fig. 1

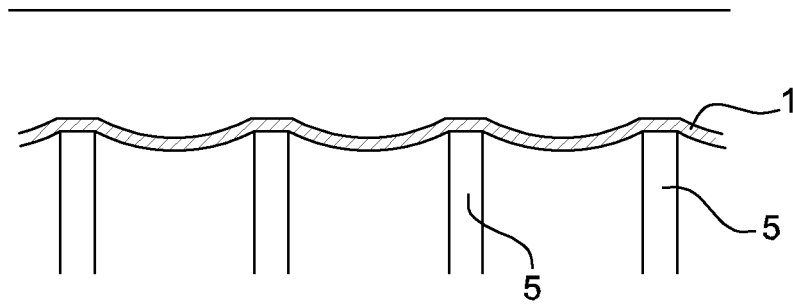


Fig. 2A

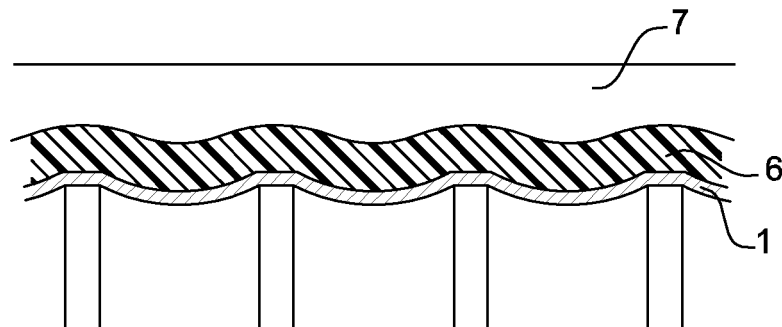


Fig. 2B

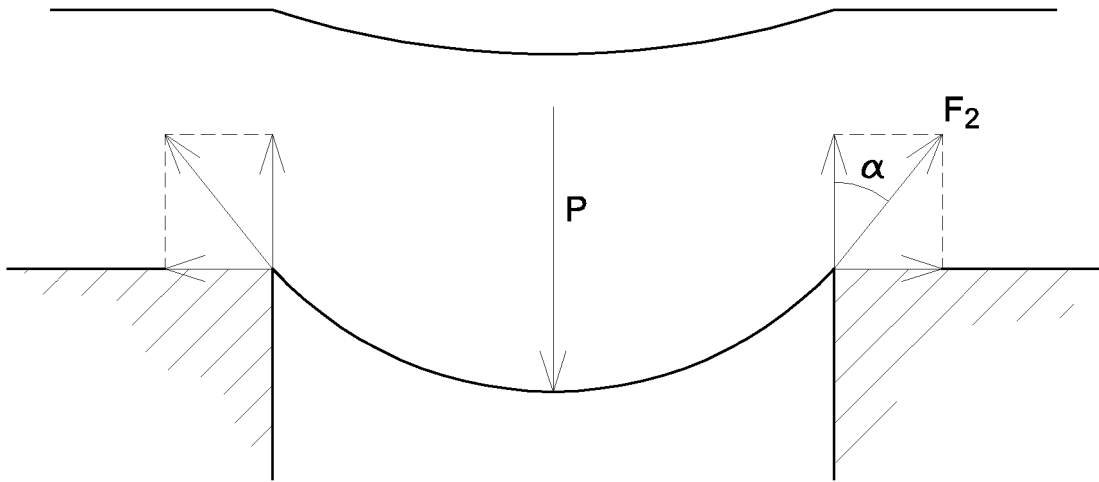


Fig. 3A

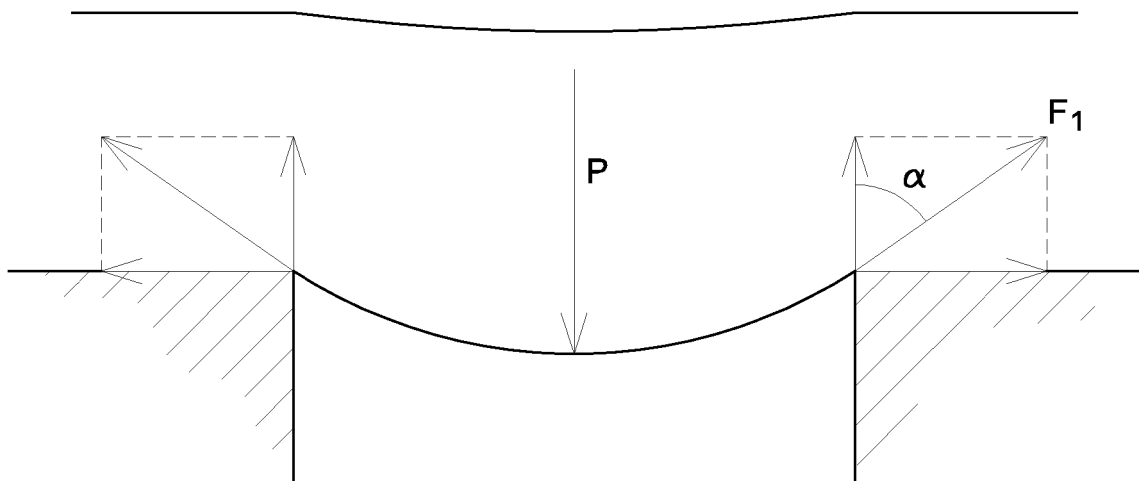


Fig. 3B

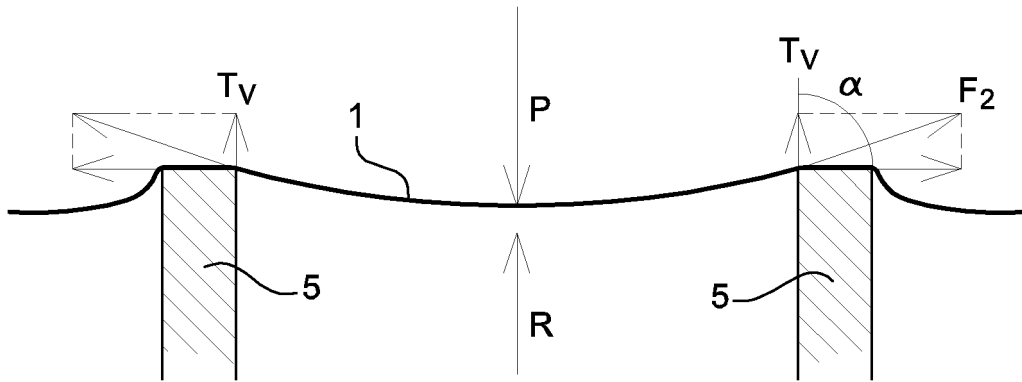
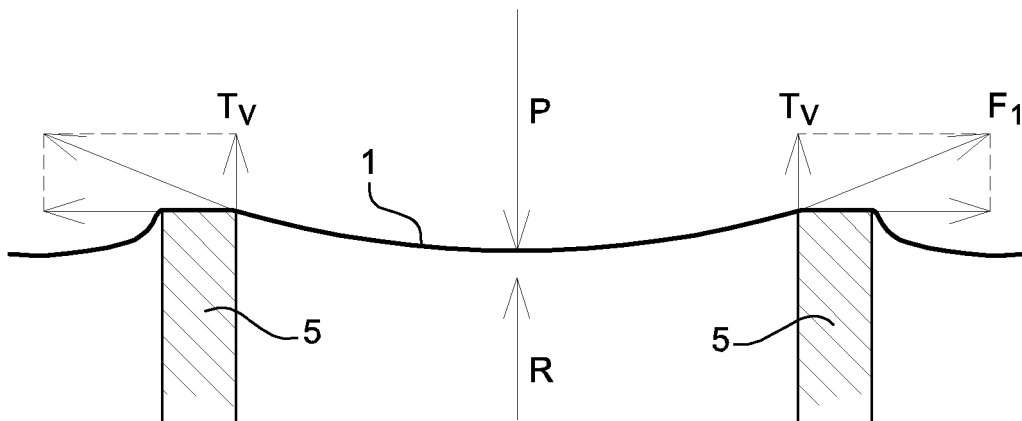


Fig. 4A



$$2 T_V = P - R$$

Fig. 4B

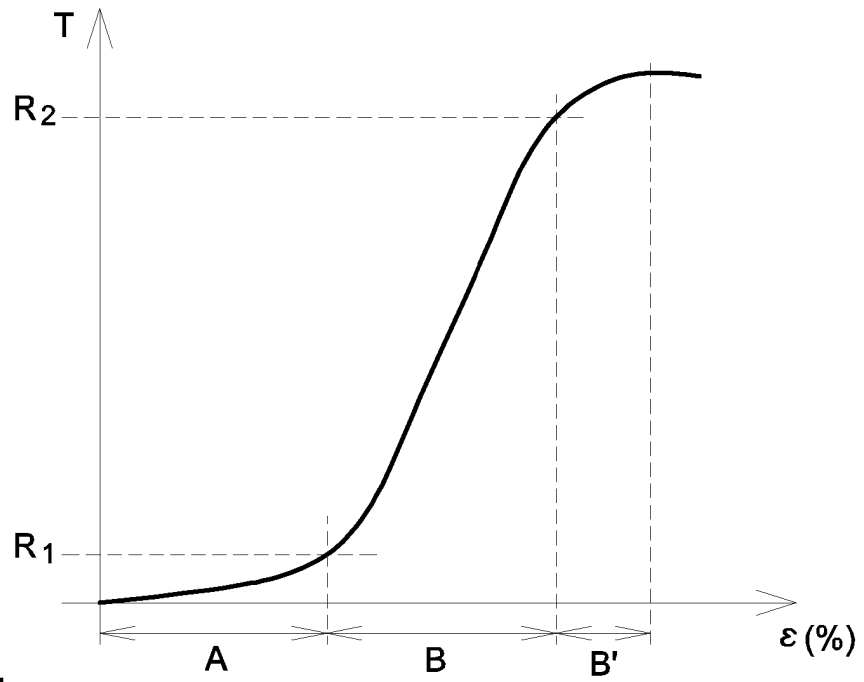


Fig. 5

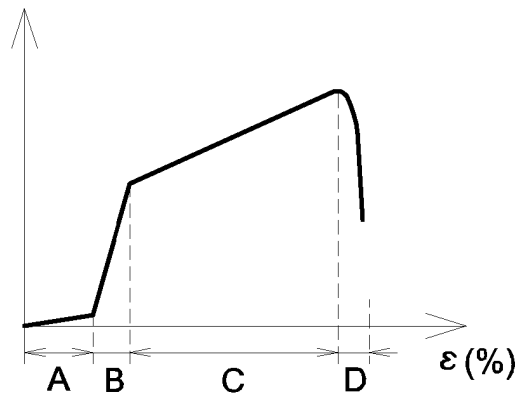


Fig. 6A

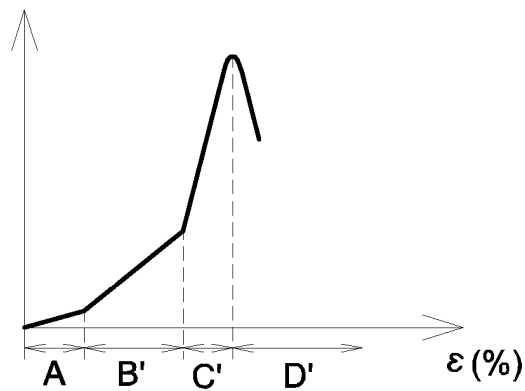


Fig. 6B

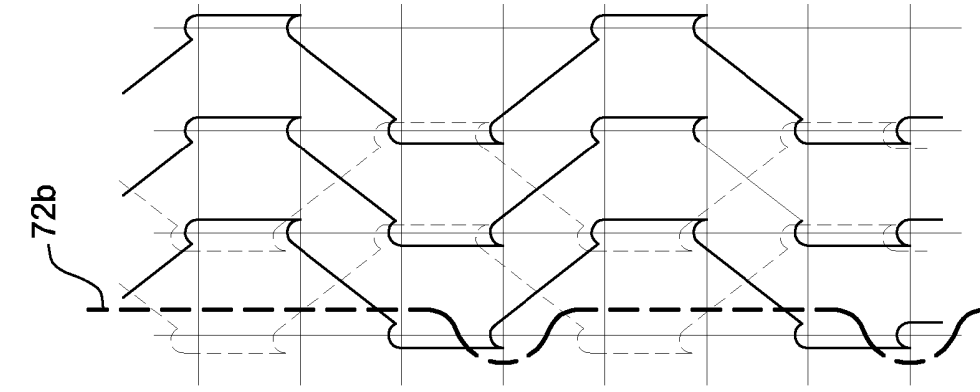


Fig. 7C

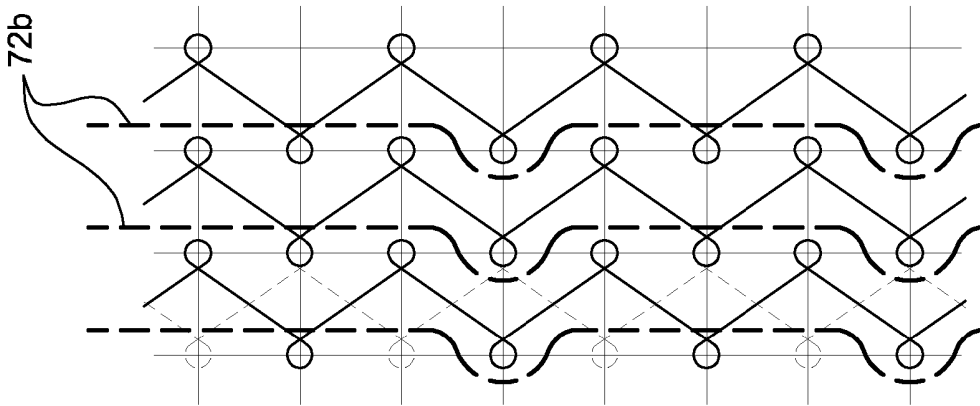


Fig. 7B

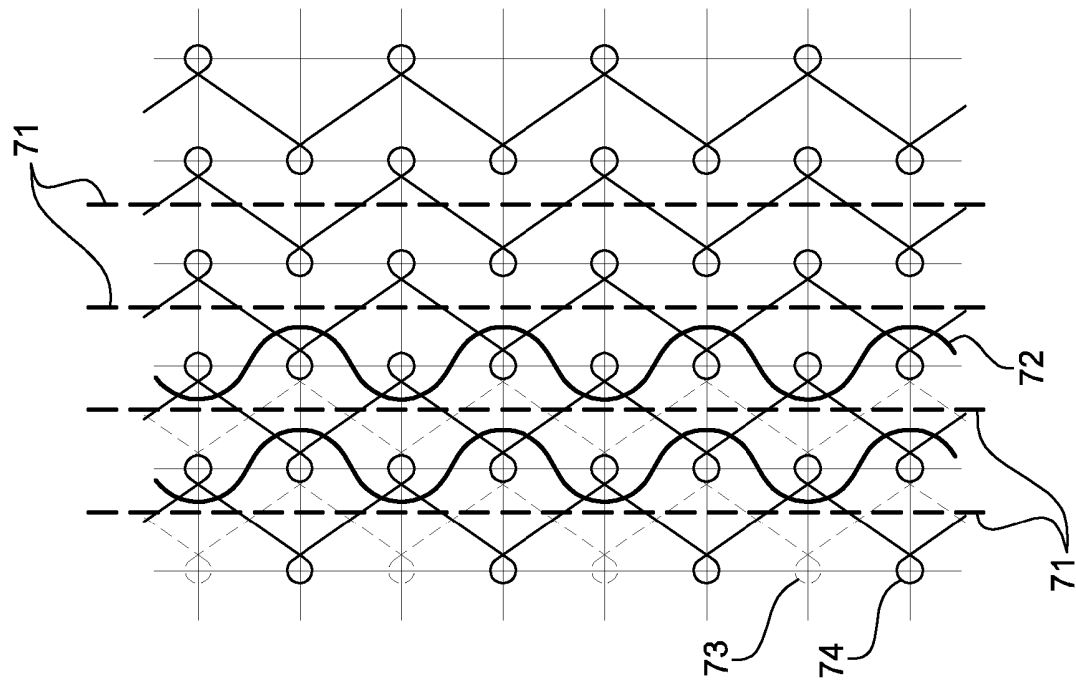


Fig. 7A

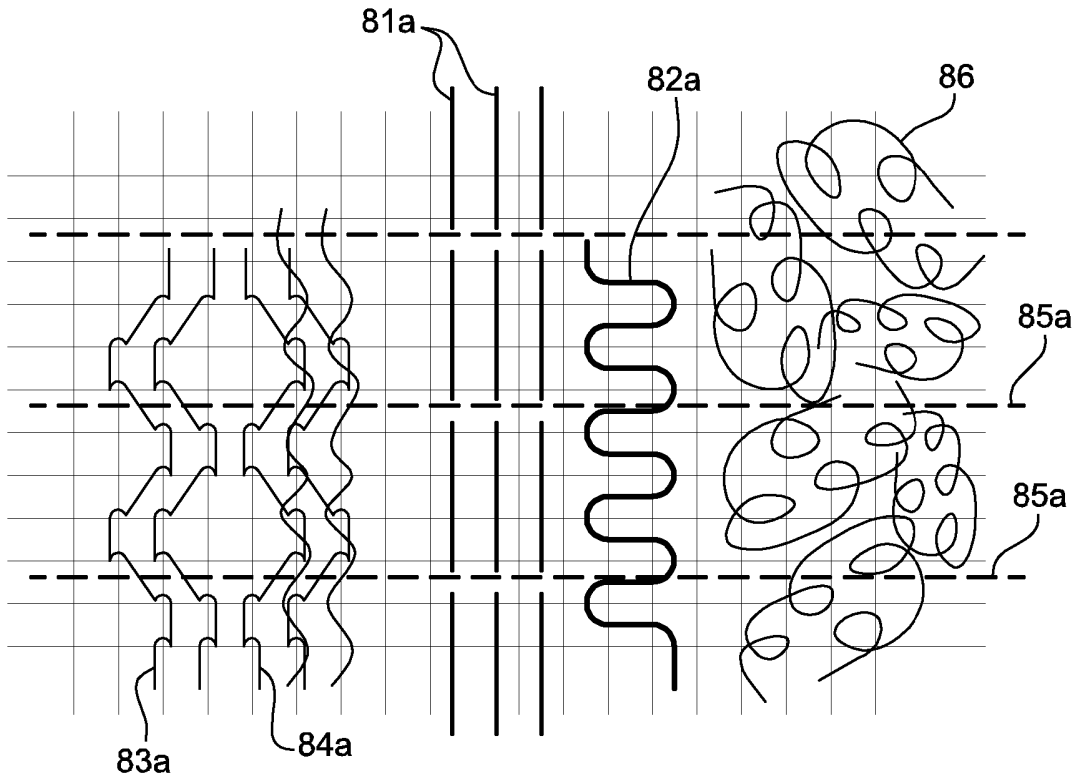


Fig. 8A

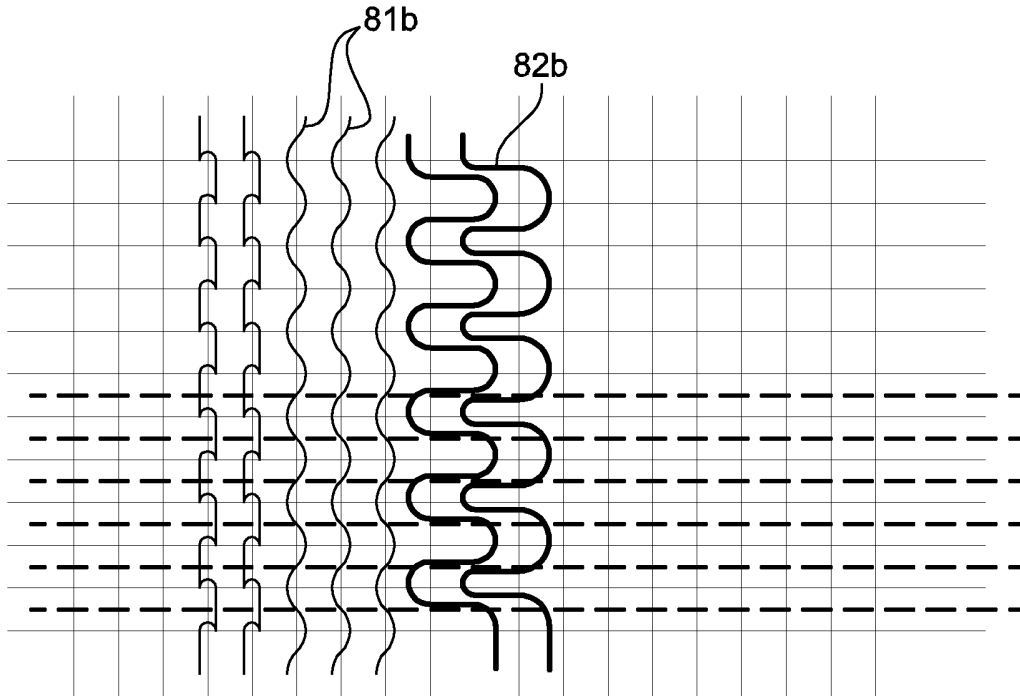


Fig. 8B

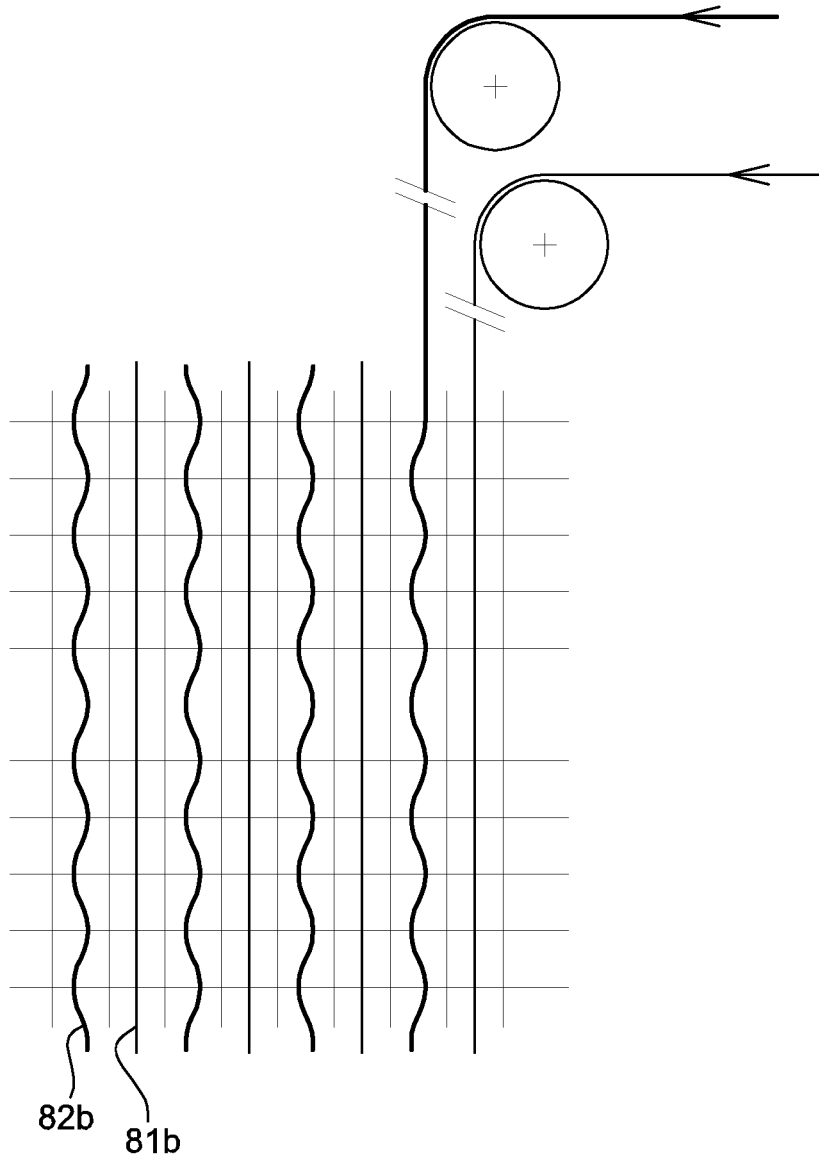
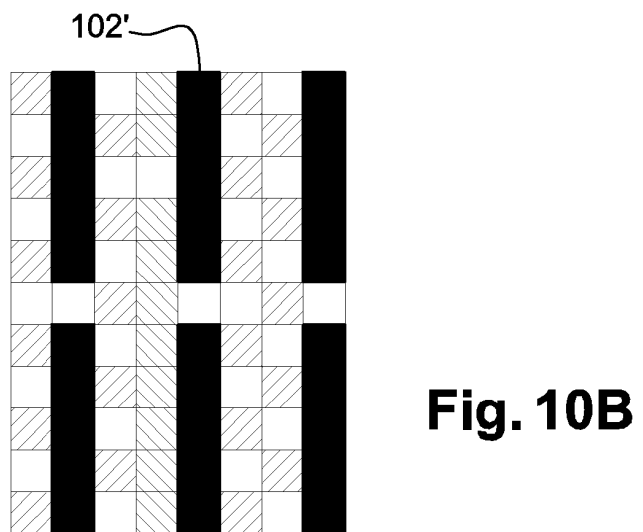
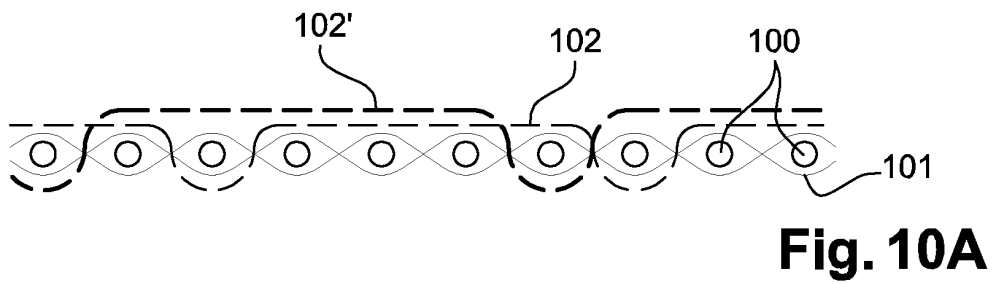
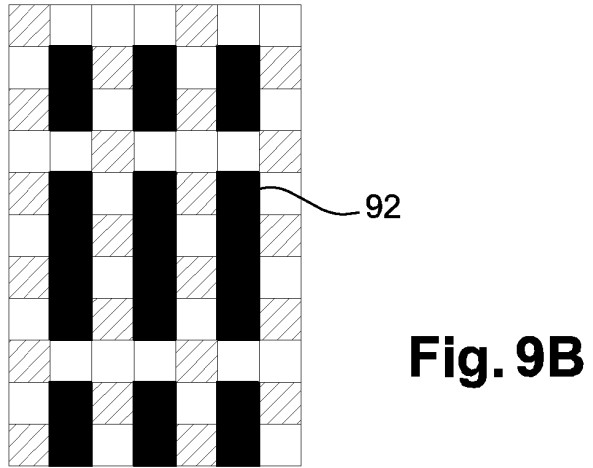
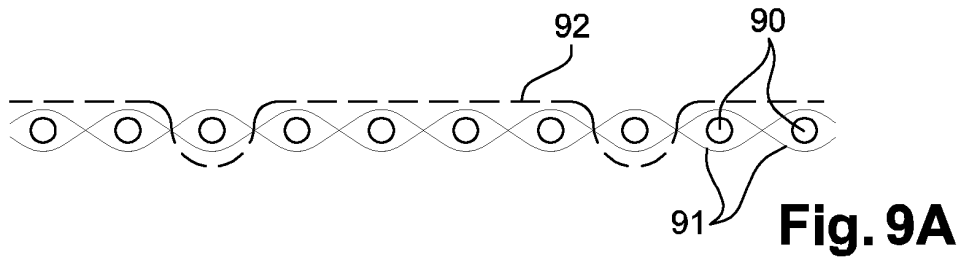


Fig. 8C



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2767344 [0008]
- FR 2932820 [0008]