



EP 2 466 036 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
20.06.2012 Bulletin 2012/25

(51) Int Cl.:
E04G 23/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11193508.6**

(22) Date de dépôt: **14.12.2011**

(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

Etats d'extension désignés:

BA ME

(30) Priorité: **15.12.2010 FR 1060548**

(71) Demandeur: **Soletanche Freyssinet
92500 Rueil Malmaison (FR)**

(72) Inventeur: **Stubler, Jérôme
75016 Paris (FR)**

(74) Mandataire: **Cabinet Plasseraud
52, rue de la Victoire
75440 Paris Cedex 09 (FR)**

(54) Procédé de renforcement d'un ouvrage de construction à l'aide de bandes de renfort

(57) Le procédé comprend les étapes suivantes pour chacune des bandes de renfort : a) ancrage d'une première zone (2a, 3a, 4a) de la bande de renfort sur l'ouvrage de construction et constitution d'une partie libre de la bande de renfort ; b) mise en tension de la bande de renfort (2, 3, 4) par traction sur une seconde zone de la bande de renfort située dans la partie libre, la traction provoquant un allongement (d2, d3, d4) et un effort de

réaction (R2, R3, R4) de la bande de renfort, la partie libre de la bande de renfort étant libre de glisser sur l'ouvrage de construction du fait de son allongement ; et c) solidarisation mécanique de la bande de renfort avec elle-même et/ou avec l'ouvrage de construction, de manière à reprendre l'effort de réaction de la bande de renfort dans une zone de l'ouvrage de construction pouvant supporter l'effort de réaction de la bande de renfort.

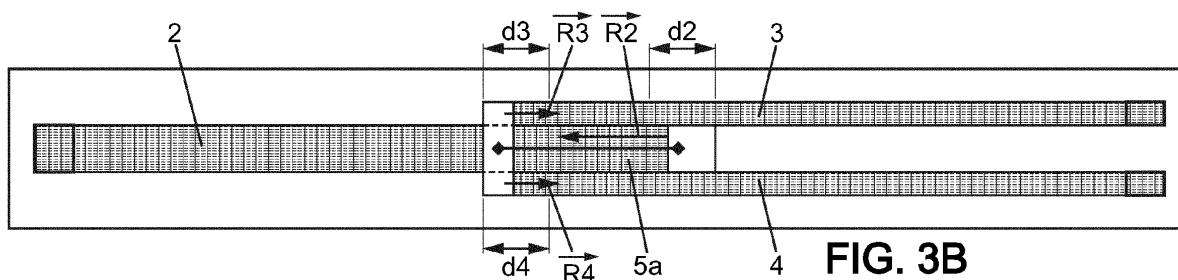


FIG. 3B

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de renforcement d'un ouvrage de construction mettant en oeuvre des bandes de renfort et un ouvrage de construction obtenu par ce procédé de renforcement.

[0002] Il est connu de renforcer des ouvrages par pré-contrainte additionnelle externe, à base d'éléments composites carbone/résine, tels que des lamelles ou des jons. Ces éléments, préfabriqués en usine par pultrusion (extrusion et tirage), sont disposés sur la structure à renforcer et fixés à l'aide de pièces d'ancrage. Les éléments composites sont ensuite tendus par vérinage et les efforts sont repris par frottement dans les ancrages. Le système fonctionne alors comme de la précontrainte extérieure usuelle. Il peut s'avérer difficile à mettre en oeuvre en cas d'encombrement autour de l'ouvrage à renforcer.

[0003] Le tissu de fibres de carbone est parfois employé comme armature pour renforcer des structures en béton armé. Il est directement appliqué et collé contre la structure. Pour que le composite puisse contribuer à la résistance de la structure, il faut que le support sur lequel le tissu est collé se mette en traction, ce qui implique un certain niveau de fissuration dans le support. Ceci constitue un problème lorsqu'une étanchéité parfaite est nécessaire, par exemple dans un environnement agressif.

[0004] La présente invention a pour but de remédier à tout ou partie des inconvénients mentionnés ci-dessus, c'est-à-dire en particulier de fournir un procédé peu encombrant de renforcement d'un ouvrage de construction, le procédé contribuant à la résistance de l'ouvrage même quand celui-ci n'est pas en traction et ne créant pas de désordres locaux de résistance mécanique de l'ouvrage.

RESUME DE L'INVENTION

[0005] La solution de l'invention porte sur un procédé de renforcement d'un ouvrage de construction, mettant en oeuvre des bandes de renfort. Ce procédé comprend, pour chacune des bandes de renfort, les étapes suivantes :

a) ancrage d'une première zone de la bande de renfort sur l'ouvrage de construction et constitution d'une partie libre de la bande de renfort ;

b) mise en tension de la bande de renfort par traction sur une seconde zone de la bande de renfort située dans la partie libre, la traction provoquant un allongement et un effort de réaction de la bande de renfort, la partie libre de la bande de renfort étant libre de glisser sur l'ouvrage de construction du fait de son allongement; et

c) solidarisation mécanique de la bande de renfort avec l'ouvrage de construction, de manière à reprendre l'effort de réaction de la bande de renfort dans

une zone de l'ouvrage de construction pouvant supporter l'effort de réaction de la bande de renfort.

[0006] L'ouvrage de construction peut être de toute nature. De manière particulière, il peut s'agir d'un ouvrage en béton. Il peut être par ailleurs précontraint, ou non, par des moyens classiques.

[0007] Par « bande », on entend un élément susceptible de s'étendre dans une direction longitudinale sur une longueur significativement supérieure à sa largeur selon une première direction perpendiculaire à la direction longitudinale, l'élément présentant par ailleurs une épaisseur significativement inférieure à sa largeur. La largeur et l'épaisseur de la bande peuvent varier selon l'endroit considéré dans la direction longitudinale. La bande peut être incurvée, par exemple pour épouser la forme de l'ouvrage de construction.

[0008] Les bandes de renfort peuvent être plus ou moins élastiques. La mise en tension se fait par traction, par exemple sur une extrémité libre de la bande de renfort. La traction provoque un allongement de la bande de renfort et un effort de réaction de sa part. Il est important que la partie de la bande de renfort qui s'allonge soit libre de glisser sur l'ouvrage pendant la mise en tension. En effet, il a été remarqué que, si la bande est adhérente à ce moment-là, elle ne s'allonge pas autant. En outre, dans ce cas, des efforts de cisaillement sont transmis à l'ouvrage pendant la mise en tension et après. Ces efforts sont fréquemment la cause de phénomènes de délamination (arrachage de matière) de l'ouvrage le long de la partie en tension de la bande de renfort.

[0009] La non-adhérence améliore donc à la fois le comportement de la bande de renfort et réduit le risque d'endommagement de l'ouvrage de construction, notamment par délamination.

[0010] La bande de renfort peut être imprégnée ou enduite de résine. La non-adhérence de la bande de renfort durant la mise en tension peut-être obtenue par différents moyens. Par exemple, la bande n'est pas, ou pas encore, enduite de résine, ou bien cette résine n'a pas encore pris.

[0011] La bande de renfort ayant été mise en tension, on solidarise mécaniquement la bande de renfort avec l'ouvrage. Par « solidariser mécaniquement », on entend immobiliser au moins une partie de la bande de renfort par une liaison mécanique directe (ancrage) ou indirecte (via d'autres éléments) à l'ouvrage et/ou à la bande de renfort elle-même. Cette liaison reprend l'effort de réaction de la bande de renfort due à la mise en tension. La liaison mécanique peut transmettre l'effort de réaction à une zone de l'ouvrage prévue pour cela, par exemple un ancrage permettant de diffuser des efforts de cisaillement dans ou sur la structure de l'ouvrage. La bande peut aussi être placée de telle manière que la transmission de l'effort de réaction à l'ouvrage se traduise par un effort de compression appliquée à l'ouvrage. La bande peut aussi exercer une pression sur l'ouvrage, par exemple si elle entoure totalement ou partiellement une partie

ou la totalité de l'ouvrage de construction. En général, on solidarise la bande de renfort à l'ouvrage par la zone sur laquelle on a tiré, mais on peut aussi solidariser la bande par une autre zone de la bande de renfort.

[0012] Les éventuels ancrages de la bande de renfort ou sa solidarisation mécanique peuvent se faire par collage.

[0013] A l'issue des étapes précitées, on dispose donc d'une bande de renfort prétendue, qui renforce l'ouvrage de construction sans lui transmettre d'efforts de cisaillement le long de la partie de la bande mise en tension.

[0014] Le procédé comprenant, pour deux bandes de renfort, les étapes suivantes :

- mettent en oeuvre au moins deux bandes de renfort subissant chacune les étapes précitées ;
- la mise en tension des bandes de renfort réalisée se fait par rapprochement de la seconde zone d'une première bande de renfort avec une seconde zone d'une seconde bande de renfort, le rapprochement étant obtenu à l'aide de moyens de mise en tension capables de se contracter ; et,
- les moyens de mise en tension sont maintenus dans une position contractée et solidarisent mécaniquement la partie libre de chaque bande de renfort avec l'ouvrage de construction par l'intermédiaire des moyens de mise en tension et par l'intermédiaire de l'autre bande de renfort.

[0015] À l'issue de l'étape b) de mise en tension, les bandes de renfort sont comprises dans une zone de renfort sensiblement rectangulaire et allongée selon une direction donnée. La zone de renfort comporte une première zone extrême et une seconde zone extrême situées à l'opposé l'une de l'autre dans la direction donnée. A l'étape a), un premier ensemble de bandes de renfort sont ancrées par leurs premières zones sur la première zone extrême de l'ouvrage de construction et un second ensemble de bandes de renfort sont ancrées par leurs premières zones sur la seconde zone extrême de l'ouvrage de construction. A l'étape b), on réalise une mise en tension d'un troisième ensemble de bandes de renfort comportant au moins une bande de renfort du premier ensemble et au moins une bande de renfort du second ensemble. La mise en tension du troisième ensemble est obtenue grâce à un écarteur exerçant des efforts de traction simultanément sur les secondes zones des bandes de renforts du troisième ensemble. Les efforts de traction exercés par l'écarteur éloignent la ou les secondes zones des bandes de renfort du premier ensemble de la ou des secondes zones des bandes de renforts du second ensemble.

[0016] Les bandes de renfort prétendues ainsi obtenues permettent d'appliquer une précontrainte à l'ouvrage de construction moyennant un encombrement réduit. Le procédé est donc particulièrement indiqué dans des

zones de l'ouvrage où l'encombrement rend d'autres solutions de précontrainte délicates à mettre en oeuvre.

[0017] Selon des modes de réalisation particuliers, l'invention peut mettre en oeuvre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- la bande de renfort est enduite de résine préalablement à sa mise en tension, la mise en tension étant réalisée avant que la résine ne sèche.
- un élément fin et glissant est inséré sous la partie libre de la bande de renfort préalablement à la mise en tension de l'étape b).
- à l'étape b), on réalise une mise en tension d'un quatrième ensemble de bandes de renfort comportant au moins une bande de renfort du premier ensemble et au moins une bande de renfort du second ensemble, la mise en tension étant obtenue grâce à un écarteur exerçant des efforts de traction simultanément sur les secondes zones des bandes de renfort du quatrième ensemble, les efforts de traction exercés par l'écarteur éloignant la ou les secondes zones des bandes de renfort du premier ensemble de la ou des secondes zones des bandes de renfort du second ensemble ; et, à l'étape c), on solidarise mécaniquement la partie libre de chaque bande de renfort du quatrième ensemble avec la partie libre d'une bande de renfort du troisième ensemble et on solidarise mécaniquement partie libre de chaque bande de renfort du troisième ensemble avec la partie libre d'une bande de renfort du quatrième ensemble.
- à l'issue de la mise en tension du troisième ensemble de bandes de renfort et antérieurement à la mise en tension du quatrième ensemble de bandes de renfort, on solidarise mécaniquement les parties libres des bandes de renfort du troisième ensemble directement avec l'ouvrage de construction.
- à l'issue de leur mise en tension réalisée à l'étape b), les bandes de renfort sont sensiblement parallèles entre elles et à la direction donnée.
- à l'issue de la mise en tension réalisée à l'étape b), les parties libres des bandes de renfort du troisième ensemble sont chacune dans le prolongement de la partie libre d'une bande de renfort différente du quatrième ensemble.
- le troisième ensemble de bandes de renfort comporte une seule bande de renfort du premier ensemble et exactement deux bandes de renfort du second ensemble ; et le quatrième ensemble de bandes de renfort comporte exactement deux bandes de renfort du premier ensemble et une seule bande de renfort du second ensemble.

- les efforts de traction exercés par l'écarteur mis en oeuvre à l'étape b) de mise en tension sont équilibrés vectoriellement et en couple.
- la ou les bandes de renfort comprennent un tissu de fibres de carbone (TFC).

[0018] Pour une bande de renfort, à l'étape a), on fixe une première zone de la bande à l'ouvrage par un ancrage qui permet de répartir les efforts que la bande de renfort va appliquer à l'ouvrage. Cette fixation définit au moins une partie libre de la bande de renfort. En fait, si cette première zone est située à une extrémité de la bande de renfort, tout le reste de la bande de renfort devient une partie libre. Si la première zone se trouve à une certaine distance, deux parties libres sont créées, qui sont les deux portions de la bande de renfort de part et d'autre de l'ancrage.

[0019] A l'étape b), on met en tension la partie libre considérée de la bande de renfort. Les bandes de renfort sont relativement élastiques. La mise en tension se fait par traction sur une seconde zone de la bande de renfort, par exemple une extrémité libre de la partie libre. La seconde zone peut aussi ne pas être une extrémité de la bande de renfort. La traction provoque un allongement de la bande de renfort et un effort de réaction de sa part. Il est important que la partie de la bande de renfort qui s'allonge soit libre de glisser sur l'ouvrage pendant la mise en tension. En effet, il a été remarqué que, si la bande est adhérente à ce moment-là, elle ne s'allonge pas autant. En outre, dans ce cas, des efforts de cisaillement sont transmis à l'ouvrage pendant la mise en tension et après. Ces efforts sont fréquemment la cause de phénomènes de délamination (arrachage de matière) de l'ouvrage le long de la partie en tension de la bande de renfort.

[0020] A l'étape c), la bande de renfort ayant été mise en tension, on solidarise mécaniquement la partie libre de la bande de renfort avec l'ouvrage. Solidariser mécaniquement revient à immobiliser la bande de renfort par une liaison mécanique directe (ancrage) ou indirecte (via d'autres éléments) à l'ouvrage. Cette liaison reprend l'effort de réaction de la bande de renfort due à la mise en tension. La liaison transmet l'effort de réaction à une zone de l'ouvrage prévue pour cela, par exemple un ancrage permettant de diffuser des efforts de cisaillement dans ou sur la structure de l'ouvrage. La bande peut aussi être placée de telle manière que la transmission de l'effort de réaction à l'ouvrage ne se traduise par un effort de compression appliqué à l'ouvrage.

[0021] En général, on solidarise la bande de renfort à l'ouvrage par la seconde zone (sur laquelle on a tiré), mais on peut aussi solidariser la bande par une autre zone de la partie libre qui ne soit pas la première zone.

[0022] A l'issue des étapes ci-dessus, on dispose donc de bandes de renfort prétendues, qui renforcent l'ouvrage de construction sans lui transmettre d'efforts de cisaillement sur sa longueur. Les efforts appliqués par les

bandes de renfort à l'ouvrage se situent d'une part, au niveau des ancrages des premières zones et d'autre part, sur la zone de l'ouvrage à laquelle la solidarisation mécanique de la bande transmet l'effort de réaction consécutif à la mise en tension.

[0023] Selon un mode particulier de réalisation, on enroule la bande de renfort de résine préalablement à sa mise en tension et on réalise la mise en tension avant que la résine ne sèche. Ainsi, il est possible de mettre en tension sans adhérence de la bande et donc sans création d'efforts de cisaillement locaux transmis à l'ouvrage le long de la partie mise en tension. Une fois la résine sèche, la bande adhère à l'ouvrage et contribue à l'étanchéité.

[0024] De façon à faciliter le glissement de la bande de renfort sur l'ouvrage pendant la mise en tension, un élément fin et glissant peut être inséré préalablement à la mise en tension sous la partie libre de la bande. Cet élément permet de créer une zone de rupture d'adhérence dont on peut ajuster la longueur. Cette longueur peut aller jusqu'à celle de la partie libre de la bande de renfort.

[0025] Chacune des bandes subit les étapes a) à c) précitées. Chacune est ancrée à l'ouvrage par une première zone (étape a). Chacune est mise en tension dans sa partie libre par traction sur une seconde zone (étape b). Enfin chacune est solidarisée à l'ouvrage (étape c). Par « solidariser mécaniquement la partie libre », on entend qu'un point ou une zone est ancrée directement ou indirectement à l'ouvrage de construction. De préférence, la solidarisation est faite au niveau de la seconde zone.

[0026] La mise en tension peut se faire par des moyens capables de se contracter, comprenant par exemple un vérin, qui rapprochent les secondes zones des deux bandes. Par l'effet de l'élasticité, et du fait qu'elles peuvent glisser, les parties libres des deux bandes s'alignent pour devenir coaxiales. Les moyens de mise en tension servent aussi pour la solidarisation mécanique de chaque bande à l'ouvrage. Chaque bande est donc solidarisée via les moyens de mise en tension en position contractée et via l'autre bande de renfort. L'effort de réaction d'une bande est transmis à l'ouvrage via l'ancrage de la première zone de l'autre bande de renfort. La mise en tension et la solidarisation mécanique sont donc réalisées de manière simple et pratique. Les efforts de réaction des deux bandes de renfort s'annulent l'un l'autre. Aucun effort de cisaillement n'est transmis à l'ouvrage le long des bandes mises en tension.

[0027] Selon un premier mode de réalisation, le procédé met en oeuvre des bandes de renfort venant renforcer l'ouvrage sur une zone de renfort (ou zone à renforcer) sensiblement rectangulaire et allongée. Chacune des bandes subit les étapes a) à c) précitées. Chacune est ancrée à l'ouvrage par une première zone (étape a). Chacune est mise en tension par traction sur une seconde zone (étape b). Enfin chacune est solidarisée à l'ouvrage (étape c).

[0028] Certaines bandes définissant un premier ensemble sont ancrées sur une première zone extrême de la zone de renfort. Les autres bandes définissant un second ensemble sont ancrées sur une deuxième zone extrême de la zone de renfort, située à l'opposé de la première.

[0029] Pour la mise en tension (étape b), plusieurs bandes définissant un troisième ensemble sont mises en tension simultanément en utilisant un écarteur. Le troisième ensemble comporte au moins une bande du premier ensemble, de préférence une seule, et au moins deux bandes du second ensemble, de préférence exactement deux. Ainsi, le troisième ensemble comporte des bandes ancrées de part et d'autre de la zone de renfort.

[0030] Il est à noter que deux bandes de renfort jointives (superposées ou juxtaposées), de largeur $l/2$, sont équivalentes du point de vue de la mise en tension à une seule bande de largeur l , toutes choses égales par ailleurs.

[0031] La mise en tension des bandes du troisième ensemble est réalisée à l'aide d'un écarteur. Celui-ci permet de saisir les bandes par leurs secondes zones et d'éloigner les secondes zones des bandes du premier ensemble de celles des bandes du second ensemble. Les bandes du troisième ensemble sont ensuite solidarisées mécaniquement à l'ouvrage comme décrit ci-dessus pour une bande individuelle.

[0032] On peut aussi solidariser mécaniquement le troisième ensemble comme décrit ci-dessus pour deux bandes, c'est-à-dire en maintenant l'écarteur en place dans une position écartée. On peut aussi lui substituer une pièce de solidarisation du troisième ensemble destinée à rester en place.

[0033] En procédant à une mise en tension simultanée des bandes de renfort du troisième ensemble, on réalise un gain de temps. La mise en oeuvre de l'écarteur est aisée dans la mesure où celui-ci prend appui sur les bandes de renfort elles-mêmes. Les autres avantages déjà mentionnés subsistent (notamment un meilleur comportement des bandes, pas d'efforts de cisaillement locaux le long des bandes).

[0034] Selon un mode de réalisation particulier, plusieurs bandes définissant un quatrième ensemble sont mises en tension simultanément en utilisant à nouveau un écarteur. Les bandes de renfort du quatrième ensemble sont en général distinctes de celles du troisième ensemble. Le quatrième ensemble comporte au moins deux bandes du premier ensemble, de préférence exactement deux, et au moins une bande du second ensemble, de préférence une seule. Ainsi, le quatrième ensemble comporte aussi des bandes ancrées avant ou après la mise en tension des bandes du troisième ensemble de part et d'autre de la zone de renfort. L'écarteur permet de saisir les bandes par leurs secondes zones et d'éloigner les secondes zones des bandes du premier ensemble de celles des bandes du second ensemble.

[0035] On solidarise mécaniquement la partie libre de chaque bande de renfort du quatrième ensemble avec

la partie libre d'une bande de renfort du troisième ensemble et réciproquement. Ainsi les efforts de réaction de chaque bande du troisième ensemble sont repris par une bande du quatrième ensemble et transmis à l'ouvrage via cette bande. Les efforts de réaction de deux bandes de renfort ainsi liées s'annulent l'un l'autre. Aucun effort de cisaillement n'est transmis à l'ouvrage le long de ces bandes mises en tension.

[0036] Cette solidarisation d'une partie libre d'une bande sur une autre (c'est-à-dire sur l'ouvrage via une autre bande) se fait de préférence au niveau des secondes zones de chaque bande, qui sont de préférence situées à l'extrémité libre des bandes.

[0037] Il est possible, après la mise en tension du troisième ensemble de bandes de renfort et antérieurement à la mise en tension du quatrième ensemble de bandes de renfort, de solidariser mécaniquement les parties libres des bandes de renfort du troisième ensemble directement avec l'ouvrage de construction.

[0038] Ceci permet de stabiliser les bandes du troisième ensemble avant de mettre en tension le quatrième ensemble. Il s'ensuit, mais seulement temporairement, une transmission d'efforts de cisaillement localement là où les bandes du troisième ensemble sont solidarisées directement avec l'ouvrage. L'intérêt de cette opération est de pouvoir dégager facilement l'écarteur ayant servi à la mise en tension du troisième ensemble. La solidarisation mécanique des bandes du quatrième ensemble avec celles du troisième en est facilitée. Après cette solidarisation, les efforts de cisaillement transmis localement par les bandes du troisième ensemble sont diminués, voire annulés.

[0039] En choisissant convenablement la géométrie, l'agencement et les propriétés mécaniques des bandes de renfort des troisième et quatrième ensembles, on peut obtenir que les écarteurs soient soumis à des efforts de réaction de la part des bandes d'un même ensemble (troisième ou quatrième) qui soient équilibrés vectoriellement, c'est-à-dire dont la résultante soit nulle. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'ancrer les écarteurs, qui restent en équilibre pendant les mises en tension des bandes de renfort.

[0040] En outre, toujours en disposant les bandes de manière adéquate, on peut obtenir que les efforts de réaction des bandes d'un même ensemble (troisième ou quatrième) ne créent pas de moment sur l'écarteur susceptible de le faire tourner. Ainsi il n'est pas nécessaire d'appliquer un moment opposé sur l'écarteur pour empêcher sa rotation pendant la mise en tension.

[0041] Dans l'invention, quel que soit le nombre de bandes de renfort mis en oeuvre, les bandes peuvent comprendre un matériau composite. Ce matériau peut être un tissage de fibres. Il peut aussi être un faisceau de fibres. Il peut aussi se présenter sous la forme de lamelles. En plus des fibres et/ou des lamelles, les bandes de renfort comprennent de la résine.

[0042] Les fibres peuvent comprendre du carbone (fibre de carbone). Elles peuvent comprendre du verre. El-

les peuvent également comprendre de l'aramide.

[0043] On peut combiner les matériaux composites (carbone, verre, aramide...) ainsi que leur mode de mise en oeuvre (lamelles, tissu, faisceau...).

[0044] Le tissu de fibres de carbone est communément appelé « TFC ».

[0045] L'invention concerne en outre un ouvrage de construction comprenant des bandes de renfort prétenues. Les bandes de renfort prétenues sont obtenues en mettant en oeuvre le procédé tel que décrit ci-dessus.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0046] D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1A et 1B représentent schématiquement différentes phases d'une technique de renforcement utilisant deux bandes de renfort solidarisées l'une avec l'autre ;
- les figures 2A, 2B et 2C représentent des détails des moyens de mise en tension simultanée de deux bandes de renfort ;
- les figures 3A, 3B et 3C représentent différentes phases d'un procédé selon l'invention mettant en oeuvre des bandes de renfort mises en tension simultanément ;
- les figures 4A, 4B et 4C représentent des phases qui peuvent venir en complément de celles illustrées par les figures 3A, 3B et 3C dans un autre procédé selon l'invention; et
- la figure 5 représente une bande de renfort solidarisée mécaniquement avec elle-même.

DESCRIPTION DE MODES DE REALISATION

[0047] Pour des raisons de clarté, les dimensions des différents éléments représentés sur ces figures ne sont pas nécessairement en proportion avec leurs dimensions réelles. Sur les figures, des références identiques correspondent à des éléments identiques, mais pas nécessairement mis en oeuvre de manière identique.

[0048] Sur la figure 1A, on a représenté une bande de renfort 2, par exemple en TFC (tissu de fibres de carbone). Elle est ancrée dans ou sur un ouvrage de construction 1. L'ancrage se fait au niveau d'une première zone 1a de la bande 2, par exemple par collage sur l'ouvrage 1. Cet ancrage définit une partie libre 2b, c'est-à-dire la partie de la bande 2 qui n'est pas ancrée sur la structure.

[0049] Sur la figure 1B, on a représenté la mise en tension de la bande 2 à l'aide de moyens 5. Pour ce faire, on applique un effort de traction R2' sur une seconde

zone 2c de la bande 2. Les moyens 5 agissent par contraction obtenue à l'aide d'un système de vérin 5a, 5d compris dans les moyens 5. La traction R2' sur la bande 2 provoque un allongement d2 et un effort de réaction R2 de la bande 2 sur les moyens de mise en tension 5.

[0050] La bande 2 est ensuite solidarisée mécaniquement à l'ouvrage 1. Sur les figures 1A et 1B, cela se fait par l'intermédiaire d'une autre bande de renfort 3. L'effort de réaction R2 est transmis à l'ouvrage dans une zone pouvant supporter cet effort. Ici, cette zone est une zone 3a d'ancrage de la bande 3.

[0051] Sur la figure 2A, on voit que l'effort R2 peut être transmis par une mèche de fibres 2d provenant du tissage de la bande 2 ou collée sur lui. La jonction entre la mèche 2d et la bande 2 se fait par une ou plusieurs stratifications en fouet. La mèche 2d est raccordée par l'intermédiaire d'une tête à chas 5c à une tige filetée 5d engagée dans un ridoir 5a.

[0052] La figure 2B montre un agrandissement de la tête à chas 5c qui présente d'un côté un chas et de l'autre un filetage pour l'engagement de la tige filetée 5d.

[0053] La figure 2C montre comment la mèche 2d peut être engagée dans la tête à chas 5c. La mèche 2d est ici une boucle présentant deux stratifications en fouet au niveau de la jonction avec la seconde zone 2c de la bande 2.

[0054] La bande 2 peut être enduite sur sa partie 2b de résine à prise lente. On réalise la mise en tension de la bande 2 avant que la résine ne sèche, de sorte que la bande de renfort 2 soit plus libre de glisser sur l'ouvrage 1 au cours de son allongement d2.

[0055] Pour faciliter le glissement, on peut insérer un élément fin et glissant (non-représenté) sous la partie libre 2b de la bande de renfort 2 préalablement à la mise en tension. Par exemple, on peut obtenir une rupture d'adhérence temporaire à l'aide d'une membrane adéquate, telle que du polyane ou de la peinture anti-adhesive.

[0056] Toutes les caractéristiques de la bande 2 mentionnées ci-dessus peuvent se retrouver dans d'autres bandes de renfort éventuellement mises en oeuvre par le procédé selon l'invention.

[0057] Les figures 1A et 1B illustrent aussi le cas d'une mise en tension d'une bande de renfort 3 en TFC faite en même temps que celle de la bande 2. La bande 3 est ancrée par une seconde zone 3a. Les moyens 5 de mise en tension rapprochent les secondes zones 2c et 3c l'une de l'autre, provoquant l'allongement et la mise en tension simultanée des deux bandes 2 et 3. Les moyens 5 se contractent grâce au vérin constitué par les éléments 5a, 5d et un analogue de 5d situé de l'autre côté du ridoir 5a, du côté de la bande 3.

[0058] La bande 3 s'allonge de d3 et applique sur les moyens 5 un effort de réaction R3. Les efforts R2 et R3 sont équilibrés vectoriellement (résultante nulle). Le moment résultant est également nul. Les moyens 5 de mises en tension sont donc en équilibre et il n'est pas nécessaire de les empêcher de tourner.

[0059] Les moyens 5 restent ensuite dans une position contractée, assurant la solidarisation mécanique de la bande 3 à l'ouvrage 1 par l'intermédiaire de l'autre bande 2, et réciproquement.

[0060] Les figures 3A à 4C représentent des modes de réalisation mettant en oeuvre des bandes de renfort selon un procédé conforme à l'invention.

[0061] Les figures 3A à 3C concernent trois bandes 2, 3, 4 destinées à renforcer une zone 10 allongée de l'ouvrage 1. Un premier ensemble de bandes, en fait la bande 2, est ancré par la première zone 2a à une zone extrême 10a de la zone 10. Un second ensemble de bandes, en fait les bandes 3 et 4, est ancré par les premières zones 3a et 4a à une seconde zone extrême 10b, située à l'opposée de la zone 10a dans la zone à renforcer 10.

[0062] Les extrémités libres des bandes 2 à 4, qui sont ici leurs secondes zones, se situent dans une zone médiane 10c de la zone 10 à renforcer. Les secondes zones 2c, 3c, 4c, sont engagées dans un écarteur 5, 5a. La partie 5 est par exemple dotée de mâchoires capables de se fixer sur les secondes zones 2c, 3c, 4c des bandes. De manière alternative, on pourrait envisager d'utiliser un écarteur qui enroule les bandes.

[0063] Les bandes forment un troisième ensemble de bandes qui comprend donc le premier ensemble (ancré passivement d'un côté de la zone à renforcer) et un second ensemble (ancré passivement de l'autre côté de la zone à renforcer). On met ce troisième ensemble en tension en déformant l'écarteur par exemple à l'aide d'un vérin 5a. L'écarteur 5 éloigne les secondes zones 2c des bandes du premier ensemble des secondes zones 3c et 4c des bandes du second ensemble.

[0064] Lorsqu'on a atteint le degré de tension voulu, on solidarise chacune des trois bandes avec l'ouvrage 1, en maintenant l'écarteur 5 dans une position écartée. On peut aussi solidariser les bandes directement avec l'ouvrage si sa structure s'y prête. On peut aussi substituer à l'écarteur une pièce de blocage destinée à rester en place.

[0065] Selon un mode de réalisation, les bandes 2 et 4 sont deux fois plus larges que la bande 2 et les bandes sont toutes de même longueur. L'effort R2 est deux fois plus important que les efforts R3 et R4 et en sens contraire. Si les distances entre deux bandes consécutives sont identiques, les efforts sont équilibrés en moment (moment résultant nul). Ceci facilite la mise en oeuvre de l'écarteur.

[0066] Le procédé peut être complété par la mise en oeuvre d'un quatrième ensemble de bandes de renfort en TFC 6, 7 et 8. Sur la figure 4A, les bandes 7 et 8 appartiennent au premier ensemble (elles sont ancrées par leurs premières zones 7a et 8a dans la première zone extrême 10a, avant ou après la mise en tension de la bande 2 du troisième ensemble) et la bande 6 appartient au second ensemble (bande ancrée par sa première zone 6a dans la seconde zone extrême 10b, avant ou après la mise en tension des bandes 3 et 4 du troisième ensemble).

[0067] Les bandes 6, 7 et 8 du quatrième ensemble sont mises en tension de manière semblable à celle des bandes 2, 3 et 4 du troisième ensemble (voir figure 4B) à l'aide d'un écarteur 9.

[0068] Après la mise en tension, on solidarise mécaniquement (figure 4C) la seconde zone de chaque bande du troisième ensemble avec la seconde zone d'une bande correspondante du troisième ensemble. Puis on enlève l'écarteur 9. Sur la figure 4C, la bande 6 est collée sur la bande 2, le collage intervenant au niveau des secondes zones 6c et 2c qui sont à peu près superposées. La bande 7 est collée sur la bande 3, le collage intervenant au niveau des secondes zones 7c et 3c. Enfin, la bande 8 est collée sur la bande 4, le collage intervenant au niveau des secondes zones 8c et 4c. Ainsi, les efforts de réaction R6, R7, R8 des bandes du quatrième ensemble sont annulés deux à deux par les efforts R2, R3, R4 des bandes du troisième ensemble.

[0069] Selon un mode de réalisation particulier, les bandes 6, 7, 8 du quatrième ensemble ont la même longueur et la même largeur que les bandes homologues du troisième ensemble auxquelles elles sont solidarisées, de manière à former un dessin complémentaire à celui formé par le troisième ensemble. On peut alors disposer les bandes pour qu'elles occupent *in fine* trois rails (2, 6), (3, 7) et (4, 8) contigus, de manière à couvrir complètement la zone à renforcer 10.

[0070] La figure 5 représente une bande de renfort solidarisée mécaniquement avec elle-même. La bande de renfort 2 ceinture presque complètement l'ouvrage de construction 1. Elle le ceinture complètement si on inclut les moyens de mise en tension 5, 5a. La mise en tension se fait par traction sur la seconde zone 2c. On retient (par exemple par un ancrage) ou on tire également sur la zone 2c'. La bande de renfort est solidarisée mécaniquement avec elle-même via les moyens de mise en tension. La tension de la bande est transmise à l'ouvrage par la pression que la bande 2 exerce sur l'ouvrage 1. La bande 2 est ancrée à l'ouvrage, par un point situé sur sa longueur par exemple, par collage.

Revendications

- 45** 1. Procédé de renforcement d'un ouvrage de construction (1), mettant en oeuvre des bandes de renfort (2, 3, 4, 6, 7, 8),
le procédé comprenant les étapes suivantes pour chacune des bandes de renfort :
 - 50** a) ancrage d'une première zone (2a, 3a, 4a, 6a, 7a, 8a) de la bande de renfort sur l'ouvrage de construction et constitution d'une partie libre de la bande de renfort ;
 - 55** b) mise en tension de la bande de renfort (2, 3, 4, 6, 7, 8) par traction sur une seconde zone (2c, 3c, 4c, 6c, 7c, 8c) de la bande de renfort située dans la partie libre, la traction provoquant un

- allongement (d2, d3, d4, d6, d7, d8) et un effort de réaction (R2, R3, R4, R6, R7, R8) de la bande de renfort, la partie libre de la bande de renfort étant libre de glisser sur l'ouvrage de construction du fait de son allongement; et 5
 c) solidarisation mécanique de la bande de renfort avec l'ouvrage de construction, de manière à reprendre l'effort de réaction de la bande de renfort dans une zone de l'ouvrage de construction pouvant supporter l'effort de réaction de la bande de renfort, 10
- dans lequel, à l'issue de l'étape b) de mise en tension, les bandes de renfort sont comprises dans une zone de renfort (10) sensiblement rectangulaire et allongée selon une direction donnée, la zone de renfort comportant une première zone extrême (10a) et une seconde zone extrême (10b) situées à l'opposé l'une de l'autre dans la direction donnée, 15
 dans lequel, à l'étape a), un premier ensemble de bandes de renfort (2, 7, 8) sont ancrées par leurs premières zones (2a, 7a, 8a) sur la première zone extrême (10a) de l'ouvrage de construction et un second ensemble de bandes de renfort (3, 4, 6) sont ancrées par leurs premières zones (3a, 4a, 6a) sur la seconde zone extrême (10b) de l'ouvrage de construction, 20
 et dans lequel, à l'étape b), on réalise une mise en tension d'un troisième ensemble (2, 3, 4) de bandes de renfort comportant au moins une bande de renfort (2) du premier ensemble (2, 7, 8) et au moins une bande de renfort (3, 4) du second ensemble (3, 4, 6), la mise en tension du troisième ensemble étant obtenue grâce à un écarteur (5, 5a) exerçant des efforts de traction (R2, R3, R4) simultanément sur les secondes zones (2c, 3c, 4c) des bandes de renfort (2, 3, 4) du troisième ensemble, les efforts de traction (R2, R3, R4) exercés par l'écarteur (5, 5a) éloignant la ou les secondes zones (2c) des bandes de renfort (2) du premier ensemble de la ou des secondes zones (3c, 4c) des bandes de renfort (3, 4) du second ensemble. 25
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la bande de renfort (2, 3, 4, 6, 7, 8) est enduite de résine préalablement à sa mise en tension, la mise en tension étant réalisée avant que la résine ne sèche. 30
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel un élément fin et glissant est inséré sous la partie libre de la bande de renfort préalablement à la mise en tension de l'étape b). 35
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel : 40
- à l'étape b), on réalise une mise en tension d'un quatrième ensemble (6, 7, 8) de bandes de renfort comportant au moins une bande de renfort (6) du premier ensemble (2, 7, 8) et au moins une bande de renfort (7, 8) du second ensemble (6, 7, 8) et au moins une bande de renfort (6) du troisième ensemble (6, 7, 8) et au moins une bande de renfort (7, 8) du quatrième ensemble (6, 7, 8) ; et 45
 - à l'étape c), on solidarise mécaniquement la partie libre de chaque bande de renfort (6, 7, 8) du quatrième ensemble avec la partie libre d'une bande de renfort (2, 3, 4) du troisième ensemble et on solidarise mécaniquement la partie libre de chaque bande de renfort (2, 3, 4) du troisième ensemble avec la partie libre d'une bande de renfort (6, 7, 8) du quatrième ensemble.
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel, à l'issue de la mise en tension du troisième ensemble (2, 3, 4) de bandes de renfort et antérieurement à la mise en tension du quatrième ensemble (6, 7, 8) de bandes de renfort, on solidarise mécaniquement les parties libres des bandes de renfort (2, 3, 4) du troisième ensemble directement avec l'ouvrage de construction (1). 50
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, à l'issue de leur mise en tension réalisée à l'étape b), les bandes de renfort (2, 3, 4, 6, 7, 8) sont sensiblement parallèles entre elles et à la direction donnée. 55
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, dans lequel, à l'issue de la mise en tension réalisée à l'étape b), les parties libres des bandes de renfort (2, 3, 4) du troisième ensemble sont chacune dans le prolongement de la partie libre d'une bande de renfort (6, 7, 8) différente du quatrième ensemble.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4, 5 et 7, dans lequel :
- le troisième ensemble (2, 3, 4) de bandes de renfort comporte une seule bande de renfort (2) du premier ensemble (2, 7, 8) et exactement deux bandes de renfort (3, 4) du second ensemble (3, 4, 6) ; et
 - le quatrième ensemble (6, 7, 8) de bandes de renfort comporte exactement deux bandes de renfort (7, 8) du premier ensemble (2, 7, 8) et une seule bande de renfort (6) du second ensemble (6, 7, 8).

semble (3, 4, 6).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les efforts de traction (R2, R3, R4, R6, R7, R8) exercés par l'écarteur (5, 5a, 9, 5
9a) mis en oeuvre à l'étape b) de mise en tension sont équilibrés vectoriellement et en couple.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la ou les bandes de renfort 10
comprennent un tissu de fibres de carbone (TFC).
11. Ouvrage de construction comprenant au moins des bandes de renfort prétendues, réalisées en mettant en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des 15
revendications précédentes.

20

25

30

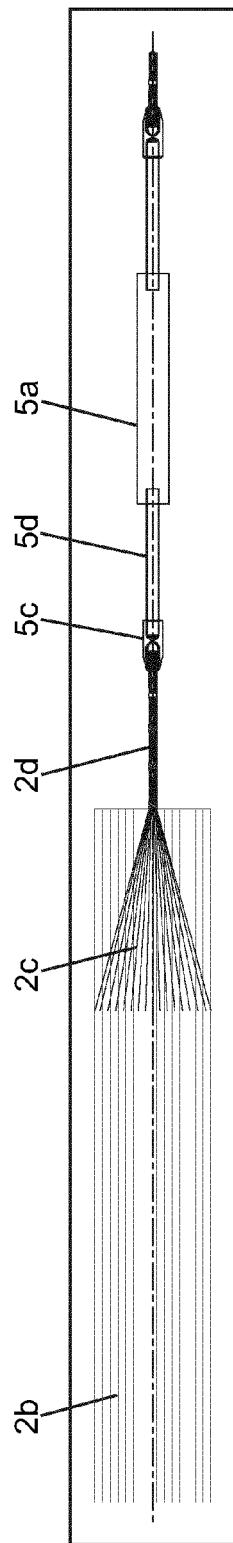
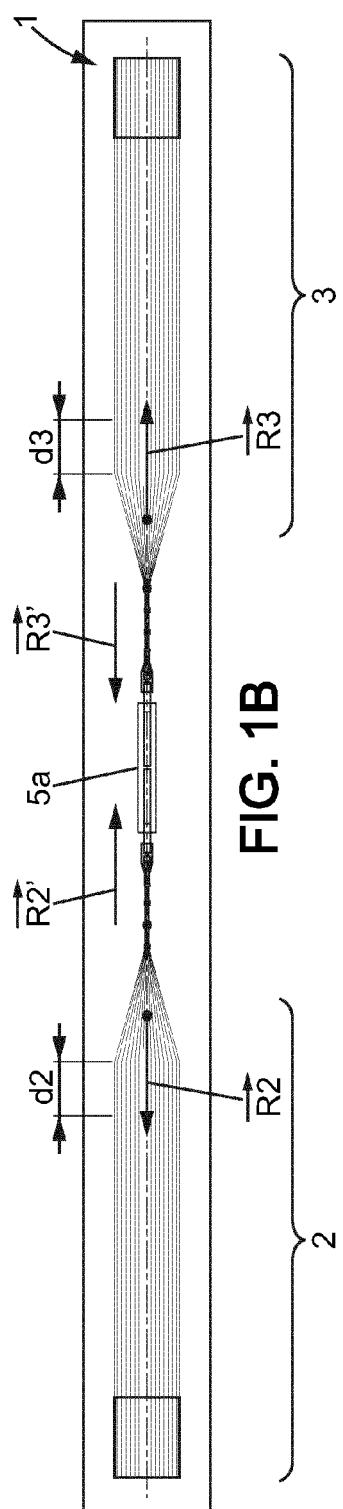
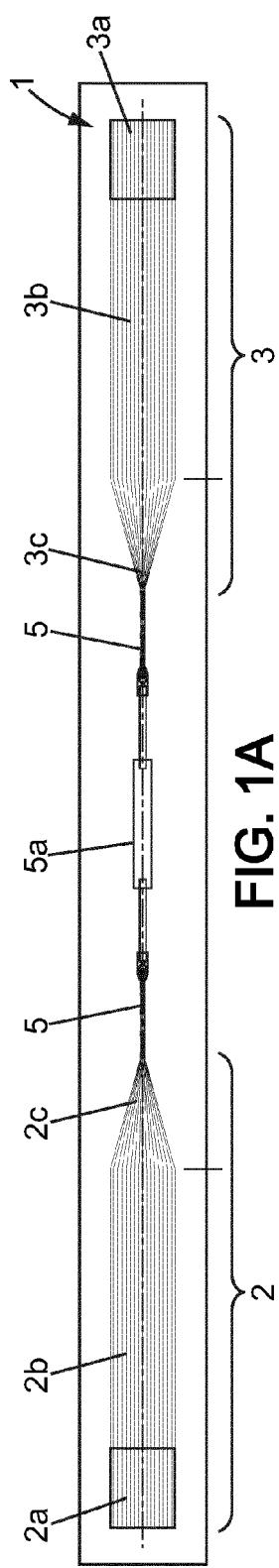
35

40

45

50

55



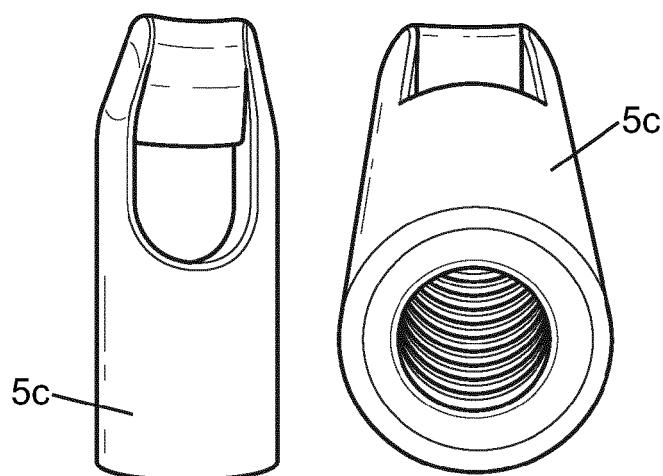


FIG. 2B

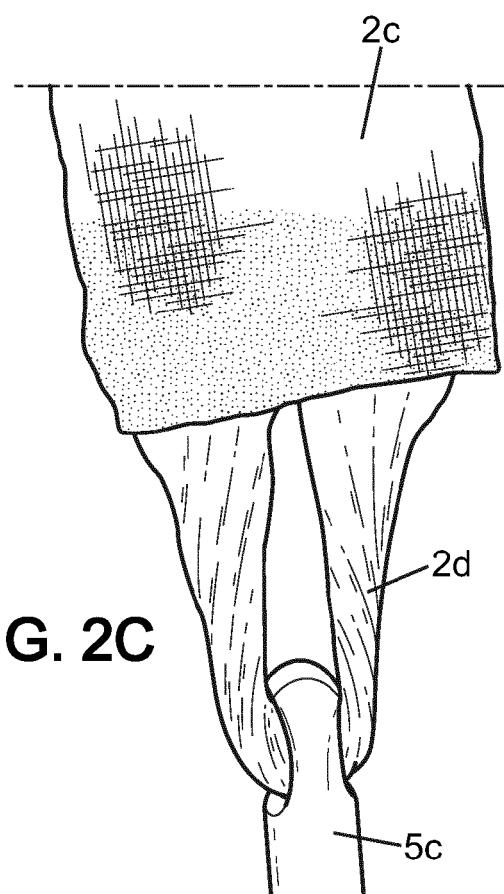
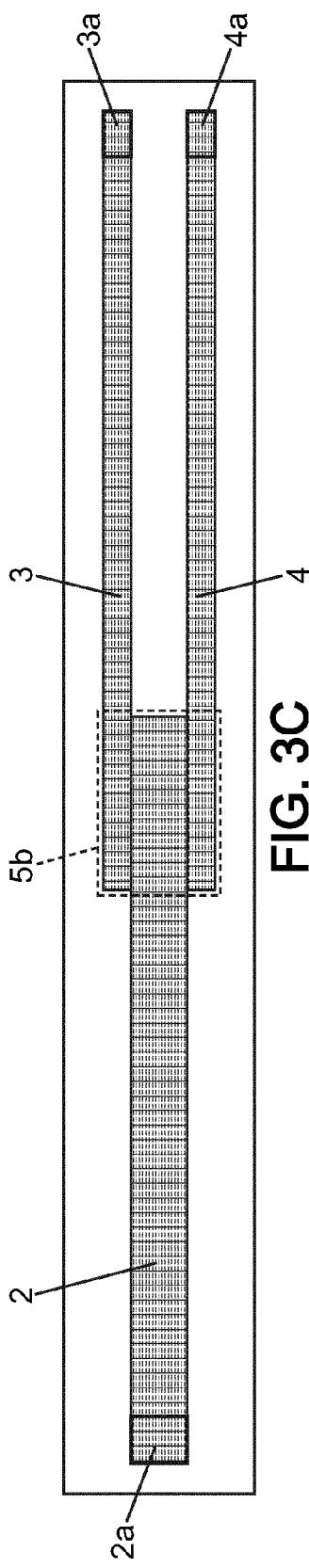
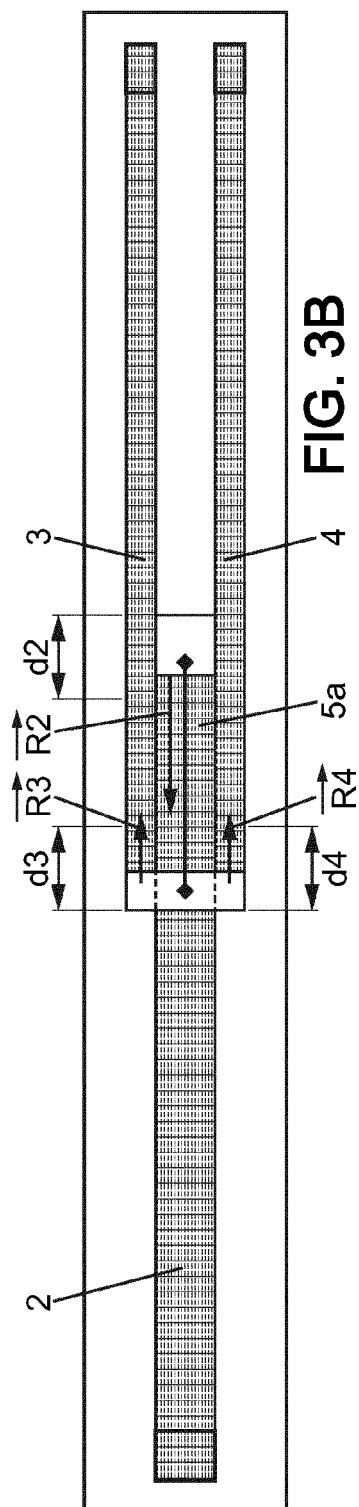
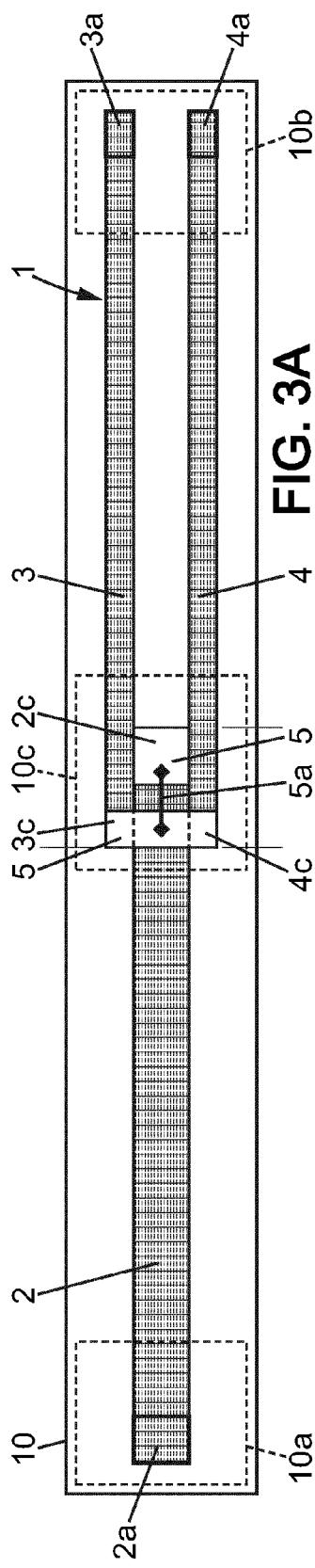
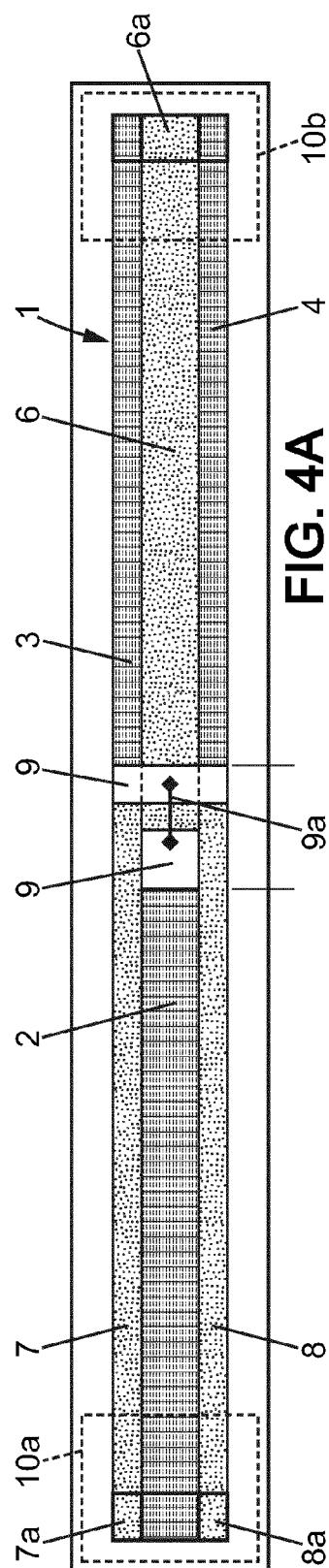
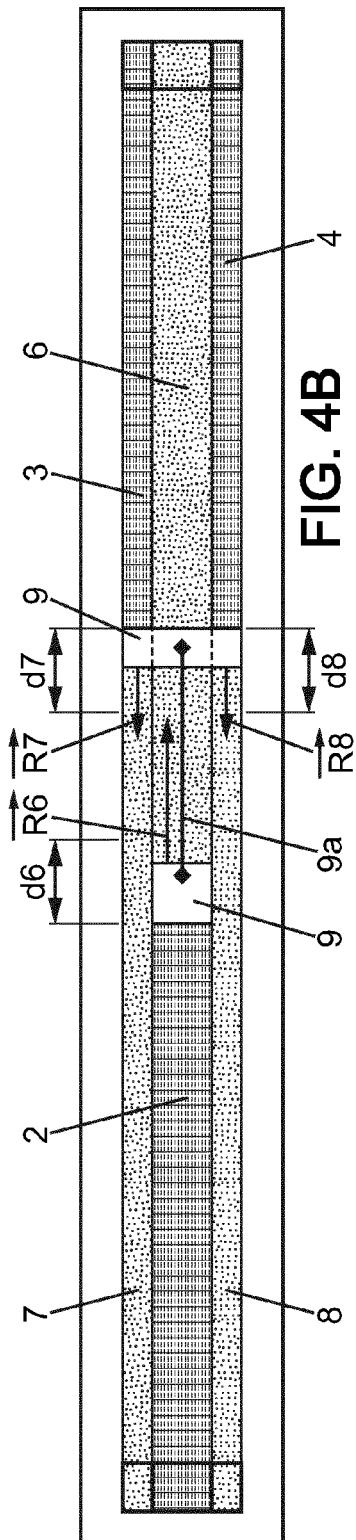


FIG. 2C

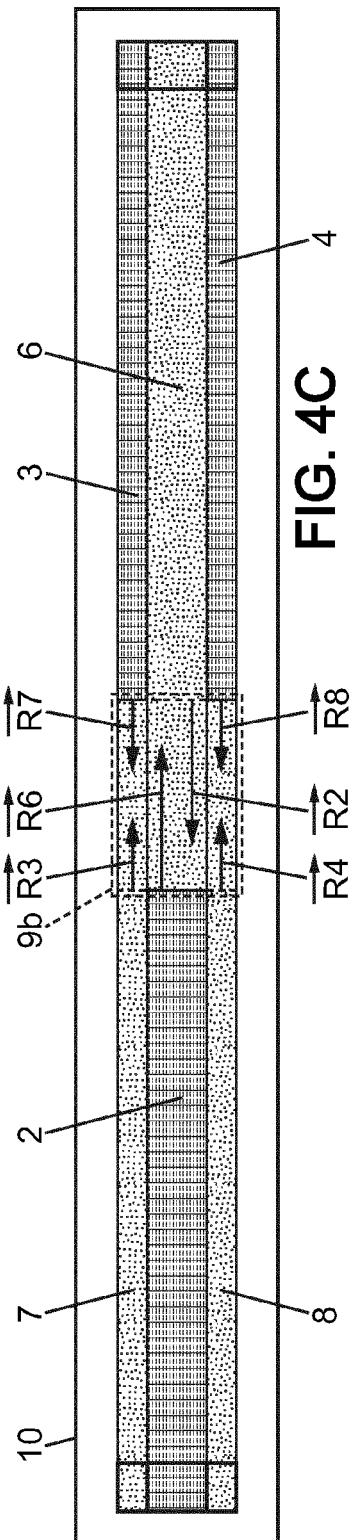




9a 10a 7a 8a 1 2 3 4 5 6 7 8 9 9a 10a 6a 10b



9 9a 10b 7 8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 9a 10b R6 R7 d6 d7 d8 R8



10c 9b 9 8 7 6 5 4 3 2 1 10c 9b 9 8 7 6 5 4 3 2 1 R4 R3 R6 R7 R2 R8

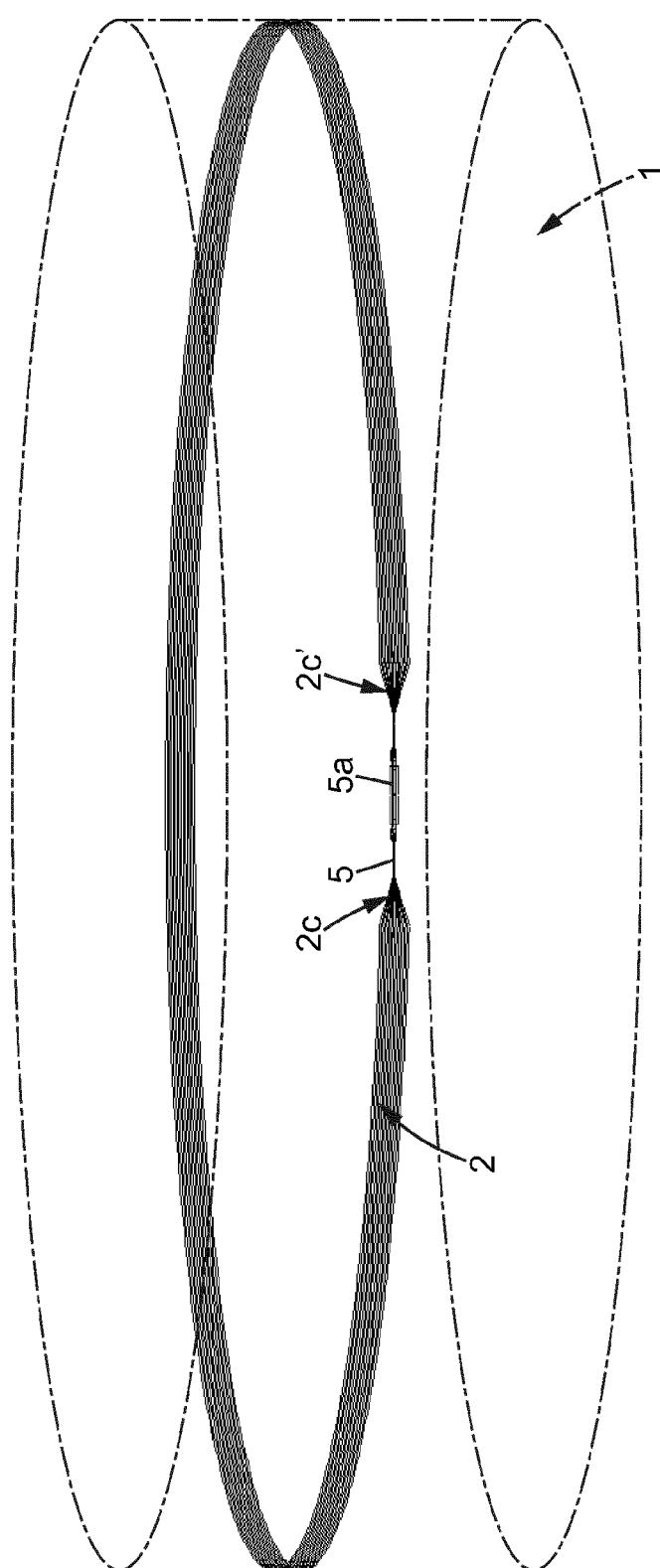


FIG. 5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 11 19 3508

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	US 2005/252116 A1 (MAIER MARKUS [DE] ET AL) 17 novembre 2005 (2005-11-17) * alinéas [0019] - [0026]; figures 1,21 * -----	1,10,11	INV. E04G23/02
A	US 2005/247016 A1 (ANDRA HANS-PETER [DE] ET AL) 10 novembre 2005 (2005-11-10) * alinéas [0014] - [0033] *	1,11	
A	JP 2002 206348 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 26 juillet 2002 (2002-07-26) * abrégé; figures 1,5,8 *	1,11	
A	JP 2001 262842 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 26 septembre 2001 (2001-09-26) * abrégé; figures 1,5 *	1,11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			E04G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
1	Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
	Munich	24 avril 2012	Sarettta, Guido
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 11 19 3508

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

24-04-2012

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005252116 A1	17-11-2005	AT 474981 T AU 2003253415 A1 DE 10249266 B3 DK 1554447 T3 EP 1554447 A1 JP 2006504005 A KR 20050032031 A US 2005252116 A1 WO 2004038128 A1	15-08-2010 13-05-2004 08-04-2004 04-10-2010 20-07-2005 02-02-2006 06-04-2005 17-11-2005 06-05-2004
US 2005247016 A1	10-11-2005	AT 428037 T AU 2003255452 A1 DE 10237968 B3 DK 1532331 T3 EP 1532331 A1 ES 2325580 T3 JP 4271146 B2 JP 2005535814 A KR 20050058424 A US 2005247016 A1 WO 2004018801 A1	15-04-2009 11-03-2004 05-02-2004 10-08-2009 25-05-2005 09-09-2009 03-06-2009 24-11-2005 16-06-2005 10-11-2005 04-03-2004
JP 2002206348 A	26-07-2002	AUCUN	
JP 2001262842 A	26-09-2001	JP 3497113 B2 JP 2001262842 A	16-02-2004 26-09-2001