(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 964 837 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
**04.04.2018 Bulletin 2018/14**

(21) Numéro de dépôt: **14713196.5**

(22) Date de dépôt: **28.02.2014**

(51) Int Cl.:
***E02D 17/13*** *(2006.01)* ***E02D 5/18*** *(2006.01)*
***E02D 11/00*** *(2006.01)* ***E02D 17/20*** *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
**PCT/FR2014/050442**

(87) Numéro de publication internationale:
**WO 2014/135768 (12.09.2014 Gazette 2014/37)**

(54) **PAROI MOULEE PRECONTRAINTE ET PROCEDE DE REALISATION D'UNE TELLE PAROI**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER SCHLITZWAND UND NACH DIESEM VERFAHREN HERGESTELLTE SCHLITZWAND

METHOD OF MAKING A DIAPHRAGM WALL IN A SOIL AND WALL PRODUCED BY THIS METHOD

(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**

(30) Priorité: **05.03.2013 FR 1351939**

(43) Date de publication de la demande:
**13.01.2016 Bulletin 2016/02**

(73) Titulaire: **SOLETANCHE FREYSSINET**
**92500 Rueil Malmaison (FR)**

(72) Inventeurs:
- **MELLIER, Erik**
  **F-92500 Rueil-malmaison (FR)**
- **JEANMAIRE, Thierry**
  **F-92500 Rueil-malmaison (FR)**
- **LOYGUE, Memphis**
  **F-92500 Rueil-malmaison (FR)**

(74) Mandataire: **Calvo de Nó, Rodrigo et al**
**Cabinet Beau de Loménie**
**158, rue de l'Université**
**75340 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
**DE-A1- 2 357 709**

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).

EP 2 964 837 B1

## Description

### DOMAINE TECHNIQUE

**[0001]** La présente invention concerne le domaine des travaux spéciaux dans le sol.

**[0002]** Plus particulièrement, la présente invention concerne une paroi moulée et un procédé de réalisation d'une telle paroi.

**[0003]** Dans la présente demande, on entend par paroi moulée un ouvrage en béton, notamment un mur, généralement mais non nécessairement en béton armé, moulé directement dans le sol.

### ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

**[0004]** Les parois moulées sont bien connues depuis longtemps. Leur procédé de réalisation est toujours sensiblement identique : Une excavation de profil correspondant à celui de la paroi que l'on souhaite obtenir est formée dans le sol. La stabilité de l'excavation pendant l'opération de forage est obtenue en remplissant celle-ci d'un liquide appelé « boue », généralement à base de bentonite. Cette boue forme sur les parois de l'excavation un dépôt étanche qui lui permet de ne pas percoler dans le terrain et empêche l'éboulement des parois. Lorsque la profondeur de l'excavation a atteint le niveau désiré, l'excavation est progressivement remplie de béton, en commençant au-dessous de la boue, dans le bas de l'excavation.

**[0005]** Une paroi moulée est, en service, soumise à des charges et notamment des efforts de traction, pouvant entraîner sa fissuration, et, dans les cas les plus graves, la rupture du béton. L'ouvrage risque de se déformer, menaçant l'intégrité des structures mitoyennes.

**[0006]** Un moyen de limiter la fissuration consiste à augmenter la résistance de l'ouvrage, en augmentant ses dimensions. Mais cela entraîne un accroissement des ressources et de l'espace nécessaires à sa réalisation. Le document DE2028088A divulgue une paroi moulée précontrainte, qui constitue l'art antérieur le plus proche de l'objet de la présente invention.

### OBJET ET RESUME DE L'INVENTION

**[0007]** Un but de l'invention est donc de fournir une paroi moulée présentant, à dimensions égales, une résistance accrue à la fissuration. L'invention a également pour but de fournir un procédé de réalisation d'une telle paroi moulée.

**[0008]** Ce but est atteint avec un procédé de réalisation d'une paroi moulée précontrainte dans un sol, comprenant au moins les étapes suivantes :

- on réalise dans le sol une excavation de profil correspondant à celui souhaité pour la paroi moulée,
- on place, dans l'excavation, au moins un tube d'ancrage ouvert à son extrémité supérieure et fermé à son extrémité inférieure, de sorte que son extrémité inférieure est dirigée vers le fond de l'excavation,
- on coule du béton dans un volume de l'excavation extérieur audit tube d'ancrage, de façon à former un panneau de béton,
- on place un câble à l'intérieur du tube d'ancrage,
- on fixe une portion inférieure du câble à une portion inférieure du tube d'ancrage,
- après fixation, on exerce une traction sur le câble de manière à mettre le câble sous tension, et
- on bloque le câble sous tension par rapport au panneau de béton.

**[0009]** Dans le procédé selon l'invention, un câble de précontrainte est ancré, par sa portion inférieure, directement à l'intérieur du panneau de béton de la paroi moulée.

**[0010]** Lorsque le câble est mis en tension puis bloqué dans cette position, généralement après durcissement du béton, le béton situé entre la portion inférieure du câble et la face supérieure de la paroi est comprimé. La paroi moulée est précontrainte par post-tension, le résultat étant que les fissures éventuelles du béton ont moins tendance à s'ouvrir, évitant la corrosion de l'acier et la dégradation du béton.

**[0011]** Grâce aux efforts de précontrainte, les déformations de la paroi moulée sont fortement limitées, préservant ainsi l'intégrité des structures mitoyennes. En particulier, en positionnant le tube et ainsi le câble de précontrainte en décalage par rapport au plan médian du panneau de béton (plan médian parallèle aux faces longitudinales du panneau), la précontrainte peut être excentrée, de façon à comprimer plus particulièrement la ou les faces de l'ouvrage soumise(s) à des efforts de traction.

**[0012]** Par ailleurs, l'ancrage du câble étant réalisé directement dans le panneau de béton, la nature du sol sous-jacent est sans influence sur la mise en oeuvre de la précontrainte.

**[0013]** Le tube mis en oeuvre dans la présente invention doit être entendu comme tout élément creux et allongé. Il n'est pas nécessairement cylindrique.

**[0014]** De façon avantageuse toutefois, il présentera une section sensiblement constante sur l'ensemble de sa longueur, généralement circulaire, caractérisée par un diamètre nominal.

**[0015]** Le diamètre nominal du tube peut correspondre, par exemple, à son diamètre externe minimal.

**[0016]** Généralement, le tube présente toute forme permettant une bonne circulation des fluides environnants, en particulier de la boue de forage lors de sa remontée vers l'ouverture de l'excavation et du béton lors de l'opération de bétonnage.

**[0017]** Le tube n'est pas nécessairement constitué d'un unique tronçon rectiligne. Dans certains cas de figure, il peut être constitué d'une pluralité de tronçons parallèles sensiblement rectilignes, reliés entre eux par des portions de coudes. Grâce à ces dispositions, il est

par exemple possible d'excentrer la précontrainte sur une hauteur limitée de la paroi.

**[0018]** Selon une disposition avantageuse de l'invention, le tube d'ancrage comprend une pluralité de bourrelets annulaires formés à sa périphérie.

**[0019]** Dans ce cas, le tube d'ancrage présente un diamètre nominal et, localement au niveau de ses bourrelets annulaires, un diamètre supérieur au dit diamètre nominal.

**[0020]** Avantageusement, le tube d'ancrage est composé d'une pluralité de segments cylindriques de diamètre sensiblement égal au diamètre nominal, entrecoupés de bourrelets annulaires de diamètre supérieur audit diamètre nominal.

**[0021]** De préférence, les bourrelets sont formés le long de la portion inférieure du tube d'ancrage, autrement dit sur la portion du tube sur laquelle est fixée la portion inférieure du câble.

**[0022]** Avantageusement, les bourrelets sont répartis sur une longueur limitée du tube d'ancrage, notamment sur une longueur n'excédant pas un tiers, de préférence un cinquième, de la longueur totale du tube d'ancrage.

**[0023]** De préférence, les bourrelets sont disposés les uns au-dessus des autres et présentent le même diamètre.

**[0024]** De préférence, pour améliorer encore la qualité de l'ancrage, la paroi intérieure de la portion inférieure du tube d'ancrage forme une pluralité de cavités annulaires disposées les unes au-dessus des autres.

**[0025]** Les bourrelets améliorent l'adhérence entre le tube et le béton. Lors de la mise en tension du câble, ils participent à la reprise des efforts de traction. Une fois le câble bloqué sous tension, ils participent à la répartition des efforts de compression dans le panneau de béton.

**[0026]** Avantageusement, pour que l'ancrage soit amélioré, le diamètre externe du tube au niveau des bourrelets est supérieur à 1.05 fois le diamètre nominal du tube.

**[0027]** De préférence, en outre, le diamètre externe du tube au niveau des bourrelets reste limité pour éviter la formation, entre deux bourrelets adjacents, de « zones mortes » où la boue de forage risquerait de rester emprisonnée lors de l'opération de bétonnage.

**[0028]** Avantageusement, le diamètre externe du tube au niveau des bourrelets n'excède pas 1.3 fois le diamètre nominal du tube. La hauteur radiale limitée des protubérances permet d'assurer une bonne circulation du béton lors du bétonnage. Le béton peut accéder facilement à toutes les zones de l'excavation pour y remplacer la boue de forage.

**[0029]** De préférence, le diamètre externe du tube au niveau des bourrelets est compris entre 1.1 et 1.3 fois, encore plus préférentiellement entre 1.15 et 1.25 fois, son diamètre nominal.

**[0030]** Plus généralement, les bourrelets présentent toute forme et toutes dimensions adaptées à assurer la bonne circulation de la boue et du béton lors de l'opération de bétonnage.

**[0031]** Avantageusement, dans un plan axial du tube, l'angle formé à chaque point d'extrémité inférieure ou supérieure d'un bourrelet, entre la surface externe du tube adjacente à ladite extrémité et la tangente au bourrelet au point d'extrémité, est supérieur à 90°, de préférence à 120° et encore plus préférentiellement à 135°.

**[0032]** Les parois moulées sont le plus souvent réalisées en béton armé. Dans ce cas, on fixe le tube d'ancrage à une cage d'armatures avant de l'introduire dans l'excavation conjointement avec ladite cage d'armatures. Le tube peut ainsi être positionné précisément à l'intérieur de l'excavation et, in fine, à l'intérieur du panneau de béton de la paroi moulée.

**[0033]** Comme indiqué précédemment, dans une étape du procédé selon l'invention, une portion inférieure du câble est fixée à une portion inférieure du tube d'ancrage. En d'autres termes, ces deux éléments sont solidarisés l'un à l'autre, directement, ou indirectement par l'intermédiaire d'un élément de liaison qui pourra être, notamment, un matériau de scellement.

**[0034]** Selon un exemple, pour fixer la portion inférieure du câble à la portion inférieure du tube d'ancrage, on remplit au moins la portion inférieure du tube d'ancrage avec un matériau de scellement, de sorte que la portion inférieure du câble est enrobée par ledit matériau de scellement. La portion de tube remplie de matériau de scellement forme un tronçon d'ancrage de longueur suffisante pour reprendre les efforts de traction appliqués sur le câble. Ces efforts de traction sont transmis au béton par adhérence et éventuellement, en complément, par les bourrelets prévus à la périphérie du tube.

**[0035]** De préférence, on remplit la hauteur restante du tube d'ancrage avec un matériau de remplissage, qui peut être le matériau de scellement contenu dans la portion inférieure du tube ou un matériau différent. Dans ce cas, le câble est avantageusement gainé entre sa portion inférieure et l'extrémité supérieure du panneau de béton. Lorsque le câble est tendu, il se déforme, s'étire. Le gainage permet un déplacement relatif du câble par rapport au panneau de béton. Lorsque le câble est mis en tension, il coulisse dans le gainage, sans dégrader le matériau de remplissage qui l'entoure.

**[0036]** Selon un exemple, le câble est constitué d'une pluralité de torons.

**[0037]** Pour améliorer la fixation du câble au tube, il est possible, préalablement à l'insertion du câble à l'intérieur du tube d'ancrage, d'écarter les torons les uns des autres à l'aide d'un écarteur sur la portion inférieure du câble destinée à être positionnée dans la portion inférieure du tube d'ancrage.

**[0038]** La présente invention concerne également une paroi moulée précontrainte dans un sol, obtenue par la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus.

**[0039]** La présente invention concerne encore un procédé de réalisation d'un ensemble de soutènement précontraint comprenant une paroi moulée dans un sol et une structure de couronnement coiffant ladite paroi moulée, ledit procédé comprenant au moins les étapes

suivantes :

- on réalise dans le sol une excavation de profil correspondant à celui souhaité pour la paroi moulée,
- on place, dans l'excavation, au moins un tube d'ancrage ouvert à son extrémité supérieure et fermé à son extrémité inférieure, de sorte que son extrémité inférieure est dirigée vers le fond de l'excavation,
- on coule du béton dans un volume de l'excavation extérieur audit tube d'ancrage, de façon à former un panneau de béton,
- après durcissement du panneau de béton, on réalise une structure de couronnement surplombant la face supérieure du panneau de béton, de sorte que l'intérieur du tube d'ancrage reste accessible depuis la face supérieure de ladite structure,
- on place un câble à l'intérieur du tube d'ancrage,
- on fixe une portion inférieure du câble à une portion inférieure du tube d'ancrage,
- on exerce une traction sur le câble de manière à mettre le câble sous tension, et
- on bloque le câble sous tension par rapport au panneau de béton et à la structure de couronnement.

**[0040]** Dans ce procédé, le câble peut être placé et/ou fixé à l'intérieur du tube d'ancrage indifféremment avant la réalisation de la structure de couronnement - avant ou après bétonnage du panneau de béton - ou une fois la structure de couronnement terminée.

**[0041]** Selon un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le tube d'ancrage est positionné de sorte que son extrémité supérieure affleure la face supérieure de la structure de couronnement.

**[0042]** Selon un autre exemple de mise en oeuvre, l'extrémité supérieure du tube est couplée de façon étanche à un élément de rallonge creux, positionné de sorte que son extrémité supérieure affleure la face supérieure de la structure de couronnement. L'élément de rallonge creux peut par exemple être une trompette d'ancrage désignée couramment par le terme « tromplaque ».

**[0043]** La présente invention concerne encore une paroi moulée précontrainte dans un sol, comprenant

- un panneau de béton,
- au moins un tube d'ancrage ouvert à son extrémité supérieure et fermé à son extrémité inférieure, et noyé au moins partiellement dans le panneau de béton,
- au moins un câble s'étendant à l'intérieur du tube d'ancrage, une portion inférieure du câble étant fixé audit tube,
- un système d'ancrage du câble, configuré pour maintenir en tension le câble et solidariser sa portion supérieure à la portion supérieure du panneau de béton.

**[0044]** Selon un exemple de réalisation, la paroi moulée comprend en outre une cage d'armatures noyée dans le panneau de béton, le tube d'ancrage étant solidaire de la cage d'armatures.

**[0045]** Pour améliorer son adhérence au béton, le tube d'ancrage peut comprendre une pluralité de bourrelets annulaires formés à sa périphérie.

**[0046]** De préférence, les bourrelets annulaires sont formés le long de la portion inférieure du tube d'ancrage, autrement dit sur la portion du tube sur laquelle est fixée la portion inférieure du câble.

**[0047]** A noter que les autres caractéristiques préférentielles relatives au tube définies précédemment en liaison avec le procédé de réalisation de la paroi moulée sont également applicables à la paroi moulée selon l'invention.

**[0048]** Comme indiqué ci-dessus, le système d'ancrage du câble est configuré pour solidariser la portion supérieure du câble à la portion supérieure du panneau de béton, et notamment à la face supérieure dudit panneau.

**[0049]** Selon un exemple, un matériau de scellement peut remplir au moins la portion inférieure du tube d'ancrage et enrober au moins la portion inférieure du câble. De façon préférée, afin d'éviter la corrosion, la hauteur restante du tube d'ancrage est remplie avec un matériau de remplissage, notamment ledit matériau de scellement remplissant la portion inférieure du tube d'ancrage. Selon une variante, le matériau de remplissage peut aussi être un matériau différent du matériau de scellement.

**[0050]** Pour permettre la déformation du câble malgré le matériau de remplissage qui l'enrobe, le câble peut être gainé entre sa portion inférieure et l'extrémité supérieure du panneau de béton.

**[0051]** Selon un exemple, le système d'ancrage du câble est situé hors du panneau de béton, maintenant en tension le câble et solidarisant sa portion supérieure à la face supérieure du panneau de béton. Un tel système d'ancrage comprend typiquement un dispositif de blocage du câble comprenant notamment un système à clavettes, et éventuellement une plaque d'appui pour ce dispositif, destinée à répartir les contraintes et éviter, en particulier, la concentration de contraintes au droit du dispositif de blocage du câble.

**[0052]** La présente invention concerne enfin un ensemble de soutènement précontraint comprenant une paroi moulée telle que définie ci-dessus, et une structure de couronnement coiffant ladite paroi moulée, le câble traversant ladite structure de couronnement et le système d'ancrage du câble étant solidaire de la portion supérieure de ladite structure.

**[0053]** Selon un exemple avantageux de réalisation, le système d'ancrage du câble prend appui contre la face supérieure de la structure de couronnement.

**[0054]** Plusieurs modes de réalisation et de mise en oeuvre sont décrits dans le présent exposé. Toutefois, sauf précision contraire, les caractéristiques décrites en relation avec un mode de réalisation ou de mise en oeuvre quelconque peuvent être appliquées à un autre mode de réalisation ou de mise en oeuvre.

Brève description des dessins

**[0055]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 est une vue d'ensemble illustrant l'étape d'excavation du sol,
- La figure 2 illustre la fixation des tubes à la cage d'armatures, de même que le remplissage et le bouchage des tubes,
- La figure 3 est une vue en coupe d'un tube de la figure 2,
- La figure 4 montre l'ensemble formé par la cage d'armatures et les tubes une fois positionné dans l'excavation, ainsi que l'étape de bétonnage de l'excavation,
- La figure 5 est une vue en coupe de l'excavation, après que les câbles ont été insérés dans les tubes,
- La figure 5A est une vue de détail du câble à l'intérieur d'un tube,
- La figure 5B est une vue en coupe selon B-B de la figure 5A,
- La figure 5C est une vue en coupe selon C-C de la figure 5A,
- La figure 6 montre l'installation des coffrages de la poutre de couronnement,
- La figure 7 montre la poutre de couronnement après bétonnage, et la mise en tension des câbles à l'aide de vérins,
- La figure 8 montre l'ensemble de soutènement précontraint obtenu à l'issue des étapes des figures 1 à 7.

**[0056]** Une première étape du procédé de réalisation d'une paroi moulée 10 selon un exemple de mise en oeuvre de l'invention est illustrée sur la figure 1.

**[0057]** Elle consiste à réaliser, dans le sol S, une excavation 12 de forme allongée, marquant le futur emplacement de la paroi moulée 10. Dans l'exemple, l'excavation 12 est creusée verticalement. Elle comporte deux parois longitudinales 16a, 16b de longueur L, espacées d'une distance constante l. La hauteur H de l'excavation est fonction de la hauteur totale souhaitée pour la paroi 10.

**[0058]** Selon le terrain et les spécifications, divers outillages peuvent être employés pour creuser l'excavation 12, par exemple une hydrofraise 15 telle qu'illustrée sur la figure 1 ou encore une benne à câbles, une benne sur Kelly, etc.

**[0059]** Pour assurer la stabilité de l'excavation 12 pendant l'opération de forage et en particulier pour éviter l'éboulement des parois 16a, 16b, l'excavation 12 est remplie, au cours du forage, d'une boue 14 généralement à base de bentonite.

**[0060]** Dans l'exemple, et comme dans la plupart des cas, la paroi moulée 10 est réalisée en béton armé. On fournit donc, dans un second temps, une cage d'armatures 18, adaptée à venir se loger dans l'excavation 12.

**[0061]** Les dimensions de la cage d'armatures 18 sont choisies pour qu'une fois positionnée dans l'excavation 12, ses faces latérales et son fond soient positionnés parallèlement aux parois de l'excavation 12 et à une distance suffisante de celles-ci pour que les armatures d'extrémité de la cage 18 puissent être correctement enrobées lors du bétonnage de l'excavation 12.

**[0062]** Avant sa descente dans l'excavation, la cage d'armatures 18 est maintenue à la verticale par des suspentes 22 d'un engin de levage 20 coopérant avec des anses de levage 24 prévues à l'extrémité supérieure de la cage 18.

**[0063]** Dans un troisième temps, plusieurs tubes d'ancrage 30 (ci-après « tubes ») sont ligaturés à la cage d'armatures 18. Les tubes 30 sont fixés sur la cage 18, de façon à s'étendre parallèlement aux parois latérales de l'excavation 12 une fois à l'intérieur de celle-ci. Dans l'exemple, les tubes 30 sont donc placés parallèlement les uns aux autres, à la verticale.

**[0064]** Dans l'exemple illustré, plus particulièrement, les tubes 30 sont alignés avec un plan médian de l'excavation, parallèle aux parois longitudinales 16a, 16b.

**[0065]** Dans le présent exposé, sauf précision contraire, les adjectifs supérieur et inférieur sont utilisés en référence à la direction de forage de l'excavation ou à la direction d'introduction du tube 30 dans l'excavation, le tube étant introduit par son extrémité inférieure, avec son extrémité supérieure orientée vers l'entrée de l'excavation 12.

**[0066]** Un exemple de tube 30 pouvant être utilisé dans la présente invention est illustré plus en détail sur la figure 3.

**[0067]** Le tube 30 est métallique.

**[0068]** Dans l'exemple, il comprend une portion supérieure 32 de diamètre constant et présentant une surface externe lisse, et une portion inférieure 34 annelée.

**[0069]** Par portion inférieure d'un élément, notamment un tube 30 d'axe A, on entend généralement une portion située sur sa moitié inférieure, dans sa direction longitudinale.

**[0070]** De la même façon, on entend généralement par portion supérieure d'un élément, notamment un tube 30, une portion située sur sa moitié supérieure dans sa direction longitudinale.

**[0071]** Dans l'exemple illustré, la portion annelée 34 s'étend jusqu'à l'extrémité inférieure 36 du tube 30. Selon des variantes de réalisation, le tube 30 pourra comporter, au voisinage de son extrémité inférieure 36, une portion lisse, c'est-à-dire non annelée. La portion annelée débutera, dans ce cas, à une certaine distance de l'extrémité inférieure 36 du tube 30.

**[0072]** La longueur LA de la portion annelée 34 représente ici moins du tiers de la longueur totale LT du tube 30. De préférence, elle représente moins d'un cinquième de la longueur totale LT du tube.

**[0073]** Pour la suite de la présente description, on dé-

finit le diamètre nominal D du tube 30 comme étant, par exemple, le diamètre du tube 30 sur sa portion non annelée, ici sa portion supérieure 32. On peut aussi considérer, notamment dans les cas où le tube 30 est annelé sur toute sa longueur, que le diamètre nominal D du tube 30 correspond à son plus faible diamètre.

**[0074]** Le tube 30 comporte, sur sa portion inférieure 34, une pluralité de protubérances ou bourrelets annulaires 40. Localement, au niveau de chacun de ces bourrelets 40, le tube 30 présente un diamètre supérieur au diamètre nominal D du tube 30, notamment un diamètre compris entre 1.1 et 1.3 fois, de préférence entre 1.15 et 1.25 fois, son diamètre nominal D.

**[0075]** Dans l'exemple illustré, les bourrelets 40 sont disposés les uns au-dessus des autres et le diamètre du tube 30 est identique au niveau de chaque bourrelet 40.

**[0076]** L'épaisseur e de la paroi du tube 30 restant sensiblement constante sur toute sa hauteur, une cavité annulaire 42 est formée à l'intérieur du tube 30 au niveau de chaque bourrelet 40.

**[0077]** Dans l'exemple, cette configuration est obtenue en chauffant localement le tube 30 puis en lui appliquant un effort de compression axiale, provoquant son flambement.

**[0078]** Pour des raisons qui seront explicitées dans la suite, le tube 30 est obturé à son extrémité inférieure 36 et ouvert à son extrémité supérieure 38.

**[0079]** Autrement dit, l'extrémité 36 du tube 30 orientée vers le fond de l'excavation 12 est fermée, tandis que son extrémité 38 regardant vers l'entrée de l'excavation 12 est ouverte.

**[0080]** La longueur LT du tube 30 est fonction de la hauteur de la paroi moulée à réaliser et donc de la hauteur de l'excavation 12. De préférence, elle est choisie pour que l'extrémité inférieure 36 du tube 30 soit située à une distance Lr non nulle, du fond de l'excavation 12. Selon les cas, la distance Lr pourra être relativement faible (typiquement quelques dizaines de centimètres) ou plus significative (par exemple dans le cas d'une paroi ayant une fonction essentiellement hydraulique dans sa partie basse, et une fonction de soutènement seulement dans sa partie supérieure).

**[0081]** Dans une quatrième étape du procédé illustrée sur la figure 2, les tubes 30 sont remplis d'un liquide d'attente 44, généralement de l'eau, puis leur extrémité supérieure 38 est bouchée à l'aide d'un bouchon 46.

**[0082]** Dans une cinquième étape illustrée sur la figure 4, la cage d'armatures 18 et les tubes 30 solidaires de cette cage 18 sont finalement introduits dans l'excavation 12, progressivement, au moyen de l'engin de levage 20. Comme indiqué précédemment, pour permettre un enrobage satisfaisant de ses armatures et pour éviter qu'elles ne se déforment, il est nécessaire que la cage d'armatures 18 reste à une certaine distance du fond et des parois de l'excavation 12.

**[0083]** Une fois la cage d'armatures 18 et les tubes 30 mis en place, dans une sixième étape montrée également sur la figure 4, le béton 50 est coulé en commençant sous la boue de bentonite 14, à l'extrémité basse de l'excavation 12, à l'aide d'un tube plongeur 21. Le béton 50 vient progressivement enrober les armatures de la cage d'armatures 18 et les tubes 30, et forme un panneau de béton 52. De préférence, le ratio diamètre sur épaisseur D/e des tubes est choisi pour éviter leur flambement sous la pression du béton et assurer la qualité de l'adhérence entre le béton et les tubes.

**[0084]** Une fois le béton 50 durci, un câble 60 est introduit à l'intérieur de chaque tube 30.

**[0085]** Dans l'exemple, le câble 60 est constitué d'une pluralité de torons parallèles 62 répartis le long d'un axe longitudinal X.

**[0086]** Dans l'exemple, et comme illustré sur les figures 5 et 5A, une portion centrale 64 du câble dite « portion libre » est gainée et graissé, généralement chaque toron 62 est entouré d'une gaine 58 et graissé à l'intérieur de cette gaine 58.

**[0087]** Au contraire, les torons 62 sont à nu et non graissés sur une portion inférieure 66 et sur une portion supérieure 68 du câble 60 situées de part et d'autre de ladite portion centrale 64.

**[0088]** Avant d'insérer le câble 60 à l'intérieur du tube 30, dans une septième étape du procédé, les torons 62 sont localement écartés les uns des autres au moyen d'un écarteur 70, sur la portion d'extrémité inférieure 66 du câble 60. L'écartement des torons 62 est illustré plus en détail sur les figures 5A et 5C.

**[0089]** Dans une huitième étape du procédé, le câble 60 est positionné longitudinalement à l'intérieur du tube 30.

**[0090]** Dans l'exemple, et de façon avantageuse, la portion inférieure 66 du câble 60 est positionnée en regard de la portion inférieure 34 du tube 30 comprenant les bourrelets 40. Dans cette portion inférieure du tube, les torons 62 sont non gainés, non graissés, mais écartés localement à l'aide d'écarteurs 70.

**[0091]** Dans une neuvième étape du procédé, un matériau de scellement 72 est introduit dans la portion inférieure 34 du tube 30. Selon une variante, cette neuvième étape peut être intervertie avec la huitième étape. Le matériau de scellement peut être introduit dans le tube avant que le câble n'y soit positionné.

**[0092]** Le matériau de scellement 72 est par exemple un coulis, en particulier un coulis de ciment, et notamment un tel coulis caractérisé par un ratio ciment sur eau, en masse, supérieur à 2. On pourra aussi utiliser, à la place du coulis de ciment, une résine, ou tout autre matériau de scellement adapté à assurer un bon ancrage du câble 60.

**[0093]** Le fait que les torons 62 soient à nu au niveau de la portion inférieure 66 du tube 60 permet une bonne adhérence au matériau de scellement 72. De plus, l'écartement des torons 62, à cet endroit, permet d'augmenter leur surface de contact avec le matériau de scellement 72, et d'améliorer encore l'adhérence. La portion inférieure 66 du câble 60 est ainsi fixée au tube 30.

**[0094]** Comme il ressort en outre de la figure 5A, le

matériau de scellement 72 vient combler les cavités 42 formées par la paroi interne du tube 30 sur sa portion inférieure 34, améliorant encore l'ancrage du câble sur le tube après durcissement du matériau 72.

**[0095]** Selon un mode de mise en oeuvre avantageux, le volume restant libre du tube 30 est comblé avec un matériau de remplissage qui peut être soit le matériau de scellement 72 introduit dans la portion inférieure 34 comme dans l'exemple illustré, soit un matériau de remplissage quelconque permettant d'éviter, à terme, la corrosion du tube 30 et des câbles 60.

**[0096]** Comme décrit précédemment et illustré sur la figure 5, pour permettre la mise en tension du câble 60 une fois le matériau de scellement 72 durci, le câble 60 est gainé depuis sa portion inférieure 66 jusqu'à l'extrémité supérieure du tube 30 ou, tout du moins, jusqu'à la surface du matériau 72.

**[0097]** Dans l'exemple, la paroi moulée 10 est surmontée d'une poutre de couronnement 80 en béton armé.

**[0098]** Dans ce cas, il est prévu que des armatures d'attente 19 de la cage d'armatures 18 fassent saillie de la face supérieure du panneau de béton 52. Ainsi, la poutre de couronnement 80, coulée sur la face supérieure de la paroi moulée 10, vient englober ces armatures d'attente 19, de même qu'un tronçon supérieur des tubes 30.

**[0099]** Comme illustré sur la figure 6, chaque extrémité supérieure 38 de tube 30 est raccordée, par exemple au moyen d'un raccord tubulaire, à une trompette d'ancrage 82 - désignée couramment par le terme « tromplaque ». La trompette d'ancrage 82 est une pièce métallique de forme conique ou évasée, permettant l'épanouissement des torons 62 du câble 60 la traversant en sortie de la poutre de couronnement.

**[0100]** Comme illustré sur la figure 6, des collerettes externes 88 sont réparties sur la hauteur de la trompette 82. Ces collerettes sont destinées à répartir les efforts, notamment les efforts de compression, dans la poutre de couronnement 80.

**[0101]** La trompette 82 est positionnée, à l'intérieur du coffrage 84, de sorte qu'après bétonnage, son extrémité supérieure affleure à la surface du béton. Pour assurer son bon positionnement lors du bétonnage, la trompette 82 est fixée au ferraillage 86 de la poutre.

**[0102]** Une fois la poutre de couronnement bétonnée, chaque portion supérieure 68 de câble 60 faisant saillie de la face supérieure de la poutre 80 est couplée à un système d'ancrage 90. Un système d'ancrage 90 est typiquement constitué d'une plaque d'appui 94 en appui contre la face supérieure de la poutre de couronnement et d'un dispositif de blocage du câble 96 comprenant notamment un système à clavettes. Selon une variante, le système d'ancrage pourra ne pas comporter de plaque d'appui. Dans ce cas, le dispositif de blocage du câble pourra par exemple venir en appui sur la collerette d'extrémité supérieure de la trompette 82.

**[0103]** A l'aide de vérins 92, les câbles 60 sont mis en tension à la charge souhaitée, puis chaque câble 60 est bloqué en position tendue au moyen de son dispositif de blocage associé 96.

**[0104]** Les vérins 92 sont retirés. Pour éviter les infiltrations d'eau à l'intérieur des tubes d'ancrage, les systèmes d'ancrage 90 sont finalement recouverts de protections étanches 98.

**[0105]** Le système d'ancrage 90 transmet l'effort de précontrainte appliqué sur le câble 60 au béton de la poutre de couronnement 80 et d'une partie de la paroi moulée 10 située entre sa face supérieure et la portion inférieure du tube 30. Le béton est comprimé.

**[0106]** La succession d'étapes décrite ci-dessus n'est qu'un exemple de mise en oeuvre, non limitatif, du procédé selon l'invention.

**[0107]** D'autres exemples de mise en oeuvre peuvent être envisagés.

**[0108]** Par exemple, l'introduction, dans un tube 30, d'un câble et/ou du matériau de scellement et/ou du matériau de remplissage, peut être réalisée après bétonnage de la poutre de couronnement.

**[0109]** Le procédé selon l'invention permet d'obtenir une paroi moulée précontrainte dans un sol et un ensemble de soutènement précontraint comprenant une telle paroi, dont les caractéristiques sont inhérentes audit procédé.

**[0110]** Un ensemble de soutènement 100 ainsi obtenu est représenté sur la figure 8.

**[0111]** La paroi moulée 10 comprend un panneau de béton 52 de forme allongée, comprenant deux faces longitudinales de longueur L espacées d'une distance I. Comme illustré sur la figure 8, le panneau 52 présente une hauteur H, et sa face supérieure est située en-dessous du niveau du sol ou à ce niveau.

**[0112]** La paroi 10 est coiffée par la poutre de couronnement 80 présentant ici la même longueur L et la même épaisseur I.

**[0113]** Une cage d'armatures 18 est noyée dans le panneau de béton 52.

**[0114]** Pour assurer la solidarisation mécanique de la poutre de couronnement et de la paroi 10, des armatures d'attente 19 de la cage d'armatures 18 sont englobées dans ladite poutre de couronnement 80

**[0115]** Des tubes 30 disposés parallèlement aux faces longitudinales du panneau de béton 52 sont contenus pour partie dans la paroi moulée 10 et pour partie dans la poutre de couronnement 80. Les tubes sont par exemple alignés dans un plan médian du panneau de béton, parallèle à ses faces longitudinales.

**[0116]** Leur extrémité inférieure 36, fermée, est noyée dans le panneau de béton 52, et espacée de l'extrémité inférieure du panneau 52 d'une distance prédéterminée Lr. Leur extrémité supérieure 38, ouverte, est contenue dans la poutre de couronnement 80.

**[0117]** Dans l'exemple, l'extrémité supérieure 38 de chaque tube 30 est reliée à une trompette d'ancrage 82, affleurant la face supérieure 81 de la poutre de couronnement 80.

**[0118]** Un exemple de tube 30 ayant été décrit en détail en référence à la figure 3, ses caractéristiques ne sont

pas répétées ici.

**[0119]** Un câble 60 constitué d'une pluralité de torons 62 s'étend à l'intérieur de chaque tube 30. Sur la portion inférieure de chaque câble 60, les torons 62 sont écartés ponctuellement au moyen d'un écarteur central 70. Sur cette portion inférieure, le câble 60 est non gainé, non graissé, mais noyé dans un matériau de scellement 72 remplissant une portion inférieure 34 du tube 30.

**[0120]** Le reste du tube 30 est rempli d'un matériau de remplissage, par exemple le matériau de scellement 72, et, sur ce tronçon situé au-dessus de la portion inférieure définie précédemment, le câble est gainé.

**[0121]** Chaque câble 60 est tendu, et maintenu dans cette position grâce au système d'ancrage 90 situé hors du panneau de béton 52, et prenant appui sur la face supérieure de la poutre de couronnement 80.

**[0122]** Sous l'effet du maintien en tension des câbles, l'ensemble de soutènement 100 est comprimé sur une zone s'étendant axialement entre la portion inférieure 34 des tubes 30 et la face supérieure 81 de la poutre de couronnement 80.

**[0123]** D'autres exemples de réalisation, non illustrés sur les figures 1 à 8, peuvent également être envisagés.

**[0124]** Par exemple, lors de la réalisation de la paroi moulée, les tubes 30 peuvent être décalés par rapport au plan médian de l'excavation. De façon préférentielle, dans la paroi moulée, ils sont positionnés du côté de la face longitudinale qui est tendue du fait des sollicitations extérieures.

**[0125]** Dans certains cas particuliers, il est même souhaité que le câble 60 soit décalé par rapport au plan médian vers l'une des faces longitudinales de la paroi sur une première hauteur de paroi et vers la face opposée de la paroi sur une deuxième hauteur. Le tube 30 peut alors être constitué de deux tronçons de tube parallèles reliés par un coude.

**[0126]** Dans l'exemple de réalisation illustré, l'ancrage du câble 60 en partie supérieure de l'ouvrage se fait au moyen d'un système d'ancrage 90 extérieur à l'ouvrage. Dans l'exemple particulier considéré, la répartition des efforts de compression dans l'ensemble de soutènement est assurée, par la plaque d'appui 94 d'une part, et les collerettes 88 de la trompette 82 d'autre part.

**[0127]** Selon un autre exemple de réalisation, le câble 60 peut être scellé à la portion supérieure 32 de tube 30 de la même façon qu'à sa portion inférieure 34. Dans ce cas, selon un exemple de mise en oeuvre, la portion inférieure du câble 60 est fixée à la portion inférieure 34 du tube d'ancrage 30 dans une première étape, par exemple en remplissant la portion inférieure 34 du tube 30 avec un matériau de scellement enrobant une longueur de câble 60 non gainée et non graissée. Dans une seconde étape, le câble 60 est mis en tension. Puis un matériau de remplissage est introduit dans le tube sur toute une longueur de câble (gainée et graissée, ou non). Enfin, dans une quatrième étape, un matériau de scellement est introduit dans la portion supérieure 32 du tube 30, de façon à enrober une portion supérieure 68 du câble 60 non gainée et non graissée.

**[0128]** Dans ce cas, le système d'ancrage est intégré dans le panneau de béton 52. Le tronçon supérieur de tube rempli de matériau de scellement forme un tronçon d'ancrage, qui transmet les efforts au béton par adhérence, et éventuellement, en complément, grâce à des bourrelets prévus sur sa périphérie.

## Revendications

1. Procédé de réalisation dans un sol d'une paroi moulée précontrainte **(10), caractérisé en ce qu'**il comprend au moins les étapes suivantes :

   - on réalise dans le sol **(S)** une excavation **(12)** de profil correspondant à celui souhaité pour la paroi moulée **(10),**
   - on place, dans l'excavation **(12),** au moins un tube d'ancrage ouvert à son extrémité supérieure **(38)** et fermé à son extrémité inférieure **(36),** de sorte que son extrémité inférieure est dirigée vers le fond de l'excavation **(12),**
   - on coule du béton dans un volume de l'excavation **(12)** extérieur audit tube d'ancrage, de façon à former un panneau de béton,
   - on place un câble à l'intérieur du tube d'ancrage **(30),**
   - on fixe une portion inférieure du câble **(60)** à une portion inférieure du tube d'ancrage **(30),**
   - après fixation, on exerce une traction sur le câble **(60)** de manière à mettre le câble sous tension,
   - on bloque le câble **(60)** sous tension par rapport au panneau de béton **(52).**

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le tube d'ancrage **(30)** comprend une pluralité de bourrelets annulaires **(40)** formés à sa périphérie.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le tube d'ancrage **(30)** présente un diamètre nominal **(D)** et, au niveau des bourrelets **(40),** un diamètre compris entre 1.05 et 1.3 fois, de préférence compris entre 1.10 et 1.3 fois, encore plus préférentiellement entre 1.15 et 1.25 fois, son diamètre nominal **(D).**

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel les bourrelets annulaires **(40)** sont formés le long de la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30).**

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on fixe préalablement le tube d'ancrage **(30)** à une cage d'armatures **(18),** puis on introduit le tube d'ancrage **(30)** dans l'excavation **(12)** conjointement avec ladite cage d'armatures **(18).**

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications

1 à 5, dans lequel, pour fixer la portion inférieure du câble à la portion inférieure du tube d'ancrage, on remplit au moins la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30)** avec un matériau de scellement **(72),** de sorte que la portion inférieure **(66)** du câble **(60)** est enrobée par ledit matériau de scellement **(72).**

**7.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le câble est constitué d'une pluralité de torons **(62)** et, préalablement à l'insertion du câble **(60)** à l'intérieur du tube d'ancrage **(30),** on écarte les torons **(62)** les uns des autres à l'aide d'un écarteur **(70)** sur la portion inférieure **(66)** du câble **(60)** destinée à être positionnée dans la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30).**

**8.** Procédé de réalisation d'un ensemble de soutènement **(100)** précontraint comprenant une paroi moulée **(10)** dans un sol et une structure de couronnement **(80)** coiffant ladite paroi moulée **(10),** ledit procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

- on réalise dans le sol une excavation **(12)** de profil correspondant à celui souhaité pour la paroi moulée **(10),**
- on place, dans l'excavation **(12),** au moins un tube d'ancrage **(30)** ouvert à son extrémité supérieure **(38)** et fermé à son extrémité inférieure **(36),** de sorte que son extrémité inférieure **(36)** est dirigée vers le fond de l'excavation **(12),**
- on coule du béton dans un volume de l'excavation **(12)** extérieur audit tube d'ancrage **(30),** de façon à former un panneau de béton **(52),**
- après durcissement du panneau de béton **(52),** on réalise une structure de couronnement **(80)** surplombant la face supérieure du panneau de béton **(52),** de sorte que l'intérieur du tube d'ancrage **(30)** reste accessible depuis la face supérieure de ladite structure,
- on place un câble **(60)** à l'intérieur du tube d'ancrage **(30),**
- on fixe une portion inférieure du câble **(60)** à une portion inférieure du tube d'ancrage **(30),**
- on exerce une traction sur le câble **(60)** de manière à mettre le câble sous tension, et
- on bloque le câble **(60)** sous tension par rapport au panneau de béton **(52)** et à la structure de couronnement **(80).**

**9.** Paroi moulée précontrainte **(10)** dans un sol, obtenue par la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

**10.** Paroi moulée précontrainte dans un sol **(10), caractérisée en ce qu'**elle comprend :

- un panneau de béton **(52),**
- au moins un tube d'ancrage ouvert à son extrémité supérieure **(38)** et fermé à son extrémité inférieure **(36),** et noyé au moins partiellement dans le panneau de béton,
- au moins un câble **(60)** s'étendant à l'intérieur du tube d'ancrage **(30),** une portion inférieure du câble **(60)** étant fixée audit tube **(30),**
- un système d'ancrage du câble **(90),** configuré pour maintenir en tension le câble **(60)** et solidariser sa portion supérieure **(68)** à la portion supérieure du panneau de béton **(52).**

**11.** Paroi moulée selon la revendication 10, comprenant en outre une cage d'armatures **(18)** noyée dans le panneau de béton **(52),** le tube d'ancrage étant solidaire de la cage d'armatures.

**12.** Paroi moulée selon la revendication 10 ou 11, dans laquelle le tube d'ancrage **(30)** comprend une pluralité de bourrelets annulaires **(40)** formés à sa périphérie.

**13.** Paroi moulée selon la revendication 12, dans laquelle les bourrelets annulaires **(40)** sont formés le long de la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30).**

**14.** Paroi moulée selon la revendication 12 ou 13, dans laquelle le tube d'ancrage **(30)** présente un diamètre nominal **(D)** et, au niveau des bourrelets **(40),** un diamètre compris entre 1.05 et 1.3 fois, de préférence compris entre 1.10 et 1.3 fois, encore plus préférentiellement entre 1.15 et 1.25 fois, son diamètre nominal **(D).**

**15.** Paroi moulée selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans laquelle les bourrelets **(40)** sont disposés les uns au-dessus des autres et présentent le même diamètre.

**16.** Paroi moulée selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans laquelle les bourrelets **(40)** sont répartis sur une longueur limitée du tube d'ancrage **(30),** notamment sur une longueur **(LA)** n'excédant pas un tiers, de préférence un cinquième, de la longueur totale **(LT)** du tube d'ancrage **(30).**

**17.** Paroi moulée selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, dans laquelle la paroi intérieure de la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30)** forme une pluralité de cavités annulaires **(42)** disposées les unes au-dessus des autres.

**18.** Paroi moulée selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, dans laquelle un matériau de scellement **(72)** remplit au moins la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30)** et enrobe au moins la portion inférieure **(66)** du câble **(60).**

**19.** Paroi moulée selon l'une quelconque des revendi-

cations 10 à 18, dans laquelle le câble **(60)** est constitué d'une pluralité de torons **(62)** et, sur une portion inférieure **(66)** du câble **(60)** positionnée dans la portion inférieure **(34)** du tube d'ancrage **(30),** les torons **(62)** sont écartés les uns des autres par un écarteur **(70).**

**20.** Ensemble de soutènement précontraint **(100)** comprenant :

- une paroi moulée **(10)** selon l'une quelconque des revendications 10 à 19, et
- une structure de couronnement **(80)** coiffant ladite paroi moulée **(10),** le câble **(60)** traversant ladite structure de couronnement **(80)** et le système d'ancrage **(90)** du câble **(60)** étant solidaire de la portion supérieure de ladite structure **(80).**

**Patentansprüche**

**1.** Verfahren zur Herstellung einer vorgespannten Schlitzwand (10) in einem Boden, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens die folgenden Schritte umfasst:

- Ausführen einer Baugrube (12) im Boden (S) mit einem Profil, das dem entspricht, welches für die Schlitzwand (10) gewünscht wird,
- Anordnen von mindestens einem Verankerungsrohr, das an seinem oberen Ende offen (38) und an seinem unteren Ende geschlossen (36) ist, derart in der Baugrube (12), dass sein unteres Ende dem Boden der Baugrube (12) zugewandt ist,
- Gießen von Beton in einen Bereich der Baugrube (12) außerhalb des Verankerungsrohrs, sodass eine Betonplatte gebildet wird,
- Anordnen eines Seils im Inneren des Verankerungsrohres (30),
- Befestigen eines unteren Abschnitts des Seils (60) an einem unteren Abschnitt des Verankerungsrohrs (30),
- Ziehen des Seils (60) nach der Befestigung, sodass das Seil gespannt wird,
- Arretieren des gespannten Seils (60) bezüglich der Betonplatte (52).

**2.** Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Verankerungsrohr (30) eine Vielzahl von Ringwülsten (40) umfasst, die an seinem Umfang ausgebildet sind.

**3.** Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das Verankerungsrohr (30) einen Nenndurchmesser (D) aufweist, und im Bereich der Wülste (40) einen Durchmesser aufweist, der zwischen 1,05 und 1,3 mal, bevorzugt zwischen 1,10 und 1,3 mal, und noch bevorzugter zwischen 1,15 und 1,25 mal, seinem Nenndurchmesser (D) liegt.

**4.** Verfahren gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei die Ringwülste (40) entlang des unteren Abschnitts (34) des Verankerungsrohrs (30) ausgebildet sind.

**5.** Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Verankerungsrohr (30) vorab an einem Bewehrungskorb (18) befestigt wird und dann das Verankerungsrohr (30) zusammen mit dem Bewehrungskorb (18) in die Baugrube (12) eingeführt wird.

**6.** Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zum Befestigen des unteren Abschnitts des Seils an dem unteren Abschnitt des Verankerungsrohrs mindestens der untere Abschnitt (34) des Verankerungsrohrs (30) mit einem Dichtmaterial (72) so gefüllt ist, dass der untere Abschnitt (66) des Seils (60) in dem Dichtmaterial (72) eingebettet ist.

**7.** Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Seil aus einer Vielzahl von Litzen (62) besteht und vor dem Einführen des Seils (60) in das Verankerungsrohr (30) die Litzen (62) mittels eines Abstandshalters (70) auf dem unteren Abschnitt (66) des Seils (60), der dazu ausgelegt ist, in dem unteren Abschnitt (34) des Verankerungsrohrs (30) positioniert zu werden, voneinander getrennt werden.

**8.** Verfahren zur Herstellung einer vorgespannten Stützanordnung (100), umfassend eine Schlitzwand (10) in einem Boden und eine Abdeckstruktur (80), die die Schlitzwand (10) bedeckt, wobei das Verfahren mindestens die folgenden Schritte umfasst:

- Ausführen einer Baugrube (12) im Boden mit einem Profil, das dem entspricht, welches für die Schlitzwand (10) gewünscht wird,
- Anordnen von mindestens einem Verankerungsrohr (30), das an seinem oberen Ende offen (38) und an seinem unteren Ende geschlossen (36) ist, derart in der Baugrube (12), dass sein unteres Ende (36) dem Boden der Baugrube (12) zugewandt ist,
- Gießen von Beton in einen Bereich der Baugrube (12) außerhalb des Verankerungsrohrs (30), sodass eine Betonplatte (52) gebildet wird,
- Bilden einer Abdeckstruktur (80) nach dem Aushärten der Betonplatte (52), die über die Oberseite der Betonplatte (52) hinausragt, sodass die Innenseite des Verankerungsrohrs (30) von der Oberseite dieser Struktur aus zugänglich bleibt,
- Anordnen eines Seils (60) im Inneren des Verankerungsrohrs (30),
- Befestigen eines unteren Abschnitts des Seils (60) an einem unteren Abschnitt des Verankerungsrohrs (30),

- Ziehen des Seils (60), sodass das Seil gespannt wird, und
- Arretieren des gespannten Seils (60) bezüglich der Betonplatte (52) und der Abdeckstruktur (80).

**9.** Vorgespannte Schlitzwand (10) in einem Boden, die durch Anwendung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 erhalten wird.

**10.** Vorgespannte Schlitzwand in einem Boden (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie umfasst:

- eine Betonplatte (52),
- mindestens ein Verankerungsrohr, das an seinem oberen Ende offen (38) und an seinem unteren Ende geschlossen (36) ist, und zumindest teilweise in die Betonplatte eingebettet ist,
- mindestens ein Seil (60), das sich innerhalb des Verankerungsrohrs (30) erstreckt, wobei ein unterer Abschnitt des Seils (60) an dem Rohr (30) befestigt ist,
- ein Seilverankerungssystem (90), das dazu ausgelegt ist, das Seil (60) zu spannen und seinen oberen Abschnitt (68) an dem oberen Abschnitt der Betonplatte (52) zu befestigen.

**11.** Schlitzwand gemäß Anspruch 10, ferner umfassend einen in die Betonplatte (52) eingebetteten Bewehrungskorb (18), wobei das Verankerungsrohr an dem Bewehrungskorb befestigt ist.

**12.** Schlitzwand gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei das Verankerungsrohr (30) eine Vielzahl von Ringwülsten (40) umfasst, die an seinem Umfang ausgebildet sind.

**13.** Schlitzwandwand gemäß Anspruch 12, wobei die Ringwülste (40) entlang des unteren Abschnitts (34) des Verankerungsrohres (30) ausgebildet sind.

**14.** Schlitzwand gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei das Verankerungsrohr (30) einen Nenndurchmesser (D) aufweist, und im Bereich der Wülste (40) einen Durchmesser aufweist, der zwischen 1,05 und 1,3 mal, bevorzugt zwischen 1,10 und 1,3 mal, und noch bevorzugter zwischen 1,15 und 1,25 mal, seinem Nenndurchmesser (D) liegt.

**15.** Schlitzwand gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die Wülste (40) übereinander angeordnet sind und denselben Durchmesser aufweisen.

**16.** Schlitzwand gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei die Wülste (40) über eine begrenzte Länge des Verankerungsrohrs (30) verteilt sind, insbesondere über eine Länge (LA), die ein Drittel, vorzugsweise ein Fünftel der Gesamtlänge (LT) des Verankerungsrohrs (30) nicht überschreitet.

**17.** Schlitzwand gemäß einem der Ansprüche 10 bis 16, wobei die Innenwand des unteren Abschnitts (34) des Verankerungsrohrs (30) eine Vielzahl von ringförmigen Hohlräumen (42) bildet, die übereinander angeordnet sind.

**18.** Schlitzwand gemäß einem der Ansprüche 10 bis 17, wobei ein Dichtmaterial (72) mindestens den unteren Abschnitt (34) des Verankerungsrohrs (30) ausfüllt und mindestens den unteren Abschnitt (66) des Kabels (60) einbettet.

**19.** Schlitzwand gemäß einem der Ansprüche 10 bis 18, wobei das Seil (60) aus einer Vielzahl von Litzen (62) besteht und an einem unteren Abschnitt (66) des Seils (60), der in dem unteren Abschnitt (34) des Verankerungsrohrs (30) angeordnet ist, die Litzen (62) durch einen Abstandshalter (70) voneinander getrennt sind.

**20.** Vorgespannte Stützanordnung (100), umfassend:

- eine Schlitzwand (10) gemäß einem der Ansprüche 10 bis 19, und
- eine Abdeckstruktur (80), die die Schlitzwand (10) bedeckt, wobei das Seil (60) durch die Abdeckstruktur (80) verläuft und das Verankerungssystem (90) des Seils (60) an dem oberen Abschnitt dieser Struktur (80) befestigt ist.

**Claims**

**1.** A method for making a prestressed diaphragm wall **(10)** in the ground, **characterized in that** it includes at least the following steps:

- an excavation **(12)** is made in the ground **(S)** with a profile corresponding to that desired for the diaphragm wall **(10),**
- at least one anchor tube, open at its upper end **(38)** and closed at its lower end **(36),** is placed in the excavation **(12),** so that its lower end is directed toward the bottom of the excavation **(12),**
- concrete is poured into a volume of the excavation **(12)** outside said anchor tube, so as to form a concrete panel,
- a cable is placed inside the anchor tube **(30),**
- a lower portion of the cable **(60)** is fixed to a lower portion of the anchor tube **(30),**
- after fixing, tension is exerted on the cable **(60)** so as to place the cable in tension,
- the cable **(60)** is blocked in tension with respect to the concrete panel **(52).**

2. The method according to claim 1, wherein the anchor tube **(30)** includes a plurality of annular beads **(40)** formed at its periphery.

3. The method according to claim 2, wherein the anchor tube **(30)** has a nominal diameter **(D)** and, at the beads **(40),** a diameter comprised between 1.05 and 1.3 times, preferably between 1.10 and 1.3 times, even more preferably between 1.15 and 1.25 times its nominal diameter **(D).**

4. The method according to claim 2 or 3, wherein the annular beads **(40)** are formed along the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30).**

5. The method according to any one of claims 1 to 4, wherein the anchor tube **(30)** is first fixed to a reinforcement cage **(18),** then the anchor tube **(30)** is introduced into the excavation **(12)** jointly with said reinforcement cage **(18).**

6. The method according to any one of claims 1 to 5, wherein, to fix the lower portion of the cable to the lower portion of the anchor tube, at least the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30)** is filled with a sealing material **(72),** so that the lower portion **(66)** of the cable **(60)** is coated by said sealing material **(72).**

7. The method according to any one of claims 1 to 6, wherein the cable consists of a plurality of strands **(62)** and, before inserting the cable **(60)** into the anchor tube **(30),** the strands **(62)** are spaced from one another using a spacer **(70)** on the lower portion **(66)** of the cable **(60)** intended to be positioned in the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30).**

8. A method for making a prestressed retaining assembly **(100)** including a diaphragm wall **(10)** in the ground and a crowning structure **(80)** capping said diaphragm wall **(10),** said method including at least the following steps:

- an excavation **(12)** is made in the ground with a profile corresponding to that desired for the diaphragm wall **(10),**
- at least one anchor tube **(30)** open at its upper end **(38)** and closed at its lower end **(36)** is placed in the excavation **(12),** so that its lower end **(36)** is directed toward the bottom of the excavation **(12),**
- concrete is poured into a volume of the excavation **(12)** outside said anchor tube **(30),** so as to form a concrete panel **(52),**
- after hardening of the concrete panel **(52),** a crowning structure **(80)** is made overhanging the upper face of the concrete panel **(52),** so that the inside of the anchor tube **(30)** remains accessible from the upper face of said structure,
- a cable **(60)** is placed inside the anchor tube **(30),**
- a lower portion of the cable **(60)** is fixed to a lower portion of the anchor tube **(30),**
- tension is exerted on the cable **(60)** so as to place the cable in tension, and
- the cable **(60)** is blocked in tension with respect to the concrete panel **(52)** and to the crowning structure **(80).**

9. A prestressed diaphragm wall **(10)** in the ground, obtained by implementing the method according to any one of claims 1 to 7.

10. A prestressed diaphragm wall in the ground **(10), characterized in that** it includes:

- a concrete panel **(52),**
- at least one anchor tube open at its upper end **(38)** and closed at its lower end **(36),** and embedded at least partially in the concrete panel,
- at least one cable **(60)** extending inside the anchor tube **(30),** a lower portion of the cable **(60)** being fixed to said tube **(30),**
- a cable anchoring system **(90),** configured to maintain the cable **(60)** in tension and secure its upper portion **(68)** to the upper portion of the concrete panel **(52).**

11. The diaphragm wall according to claim 10, further including a reinforcement cage **(18)** embedded in the concrete panel **(52),** the anchor tube being secured to the reinforcement cage.

12. The diaphragm wall according to claim 10 or 11, wherein the anchor tube **(30)** includes a plurality of annular beads **(40)** formed at its periphery.

13. The diaphragm wall according to claim 12, wherein the annular beads **(40)** are formed along the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30).**

14. The diaphragm wall according to claims 12 or 13, wherein the anchor tube **(30)** has a nominal diameter **(D)** and, at the beads **(40),** a diameter comprised between 1.05 and 1.3 times, preferably comprised between 1.10 and 1.3 times, even more preferably between 1.15 and 1.25 times its nominal diameter **(D).**

15. The diaphragm wall according to any one of claims 12 to 14, wherein the beads **(40)** are positioned one above the other and have the same diameter.

16. The diaphragm wall according to any one of claims 12 to 15, wherein the beads **(40)** are distributed over a limited length of the anchor tube **(30),** particularly

over a length **(LA)** not exceeding one-third, preferably a fifth, of the total length **(LT)** of the anchor tube **(30).**

**17.** The diaphragm wall according to any one of claims 10 to 16, wherein the inner wall of the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30)** forms a plurality of annular cavities **(42)** arranged one above the other.

**18.** The diaphragm wall according to any one of claims 10 to 17, wherein a sealing material **(72)** fills at least the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30)** and coats at least the lower portion **(66)** of the cable **(60).**

**19.** The diaphragm wall according to any one of claims 10 to 18, wherein the cable **(60)** consists of a plurality of strands **(62)** and, in a lower portion **(66)** of the cable **(60)** positioned in the lower portion **(34)** of the anchor tube **(30),** the strands **(62)** are spaced from one another by a spacer **(70).**

**20.** A prestressed retaining assembly **(100)** including:

- a diaphragm wall **(10)** according to any one of claims 10 to 19, and
- a crowning structure **(80)** capping said diaphragm wall **(10),** the cable **(60)** passing through said crowning structure **(80)** and the anchoring system **(90)** of the cable **(60)** being secured to the upper portion of said structure **(80).**

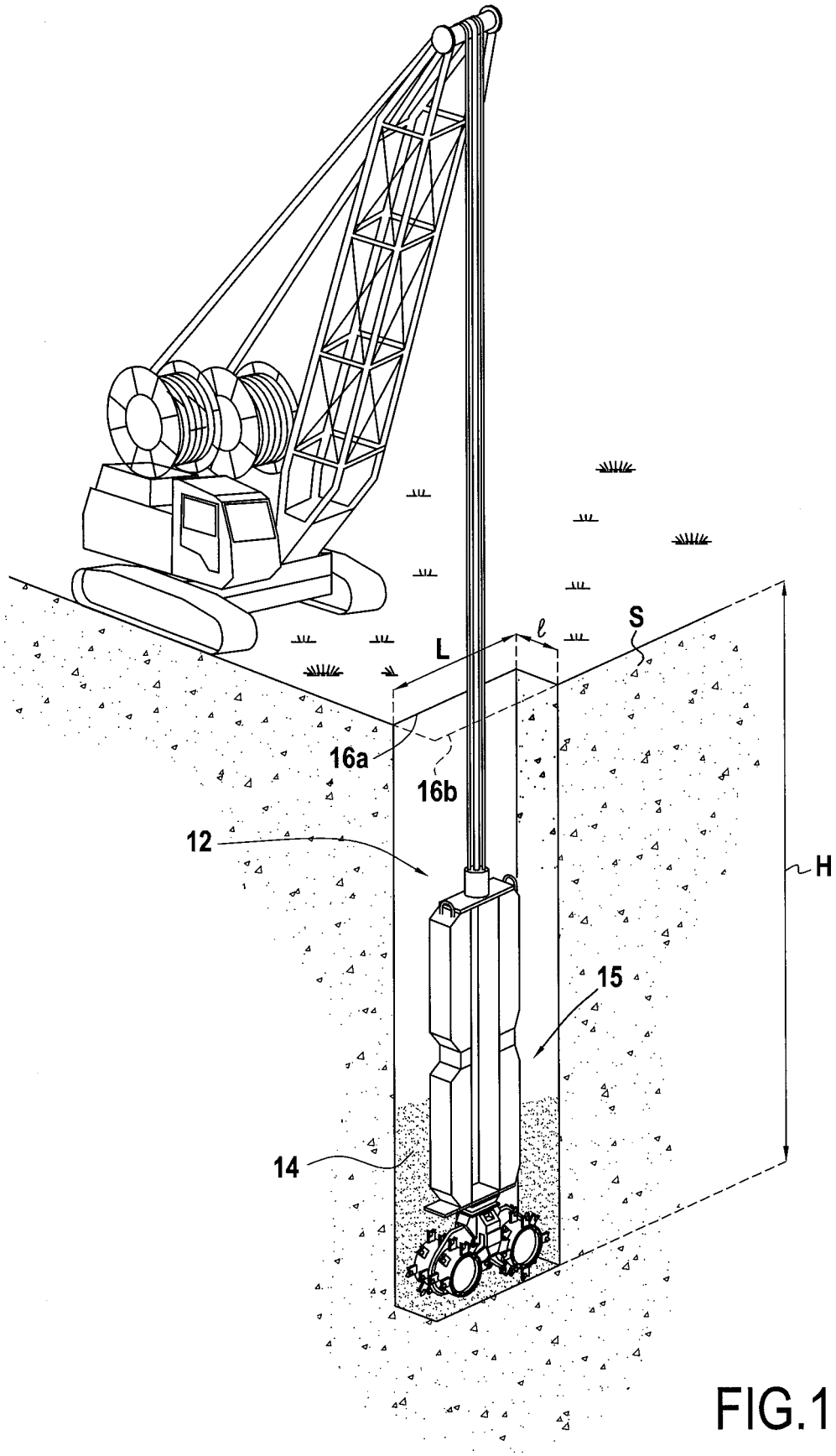


FIG.1

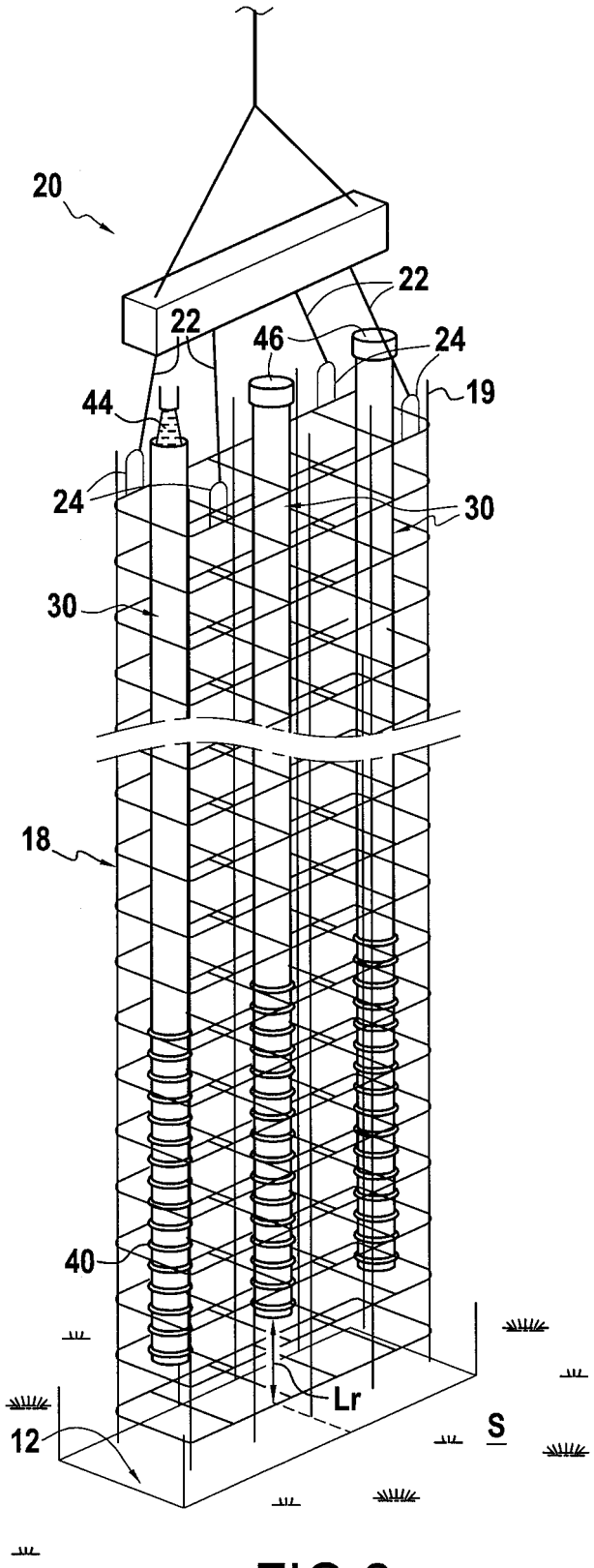
20
22
22
46
24
19
44
24
30
30
18
40
Lr
12
S

FIG.2

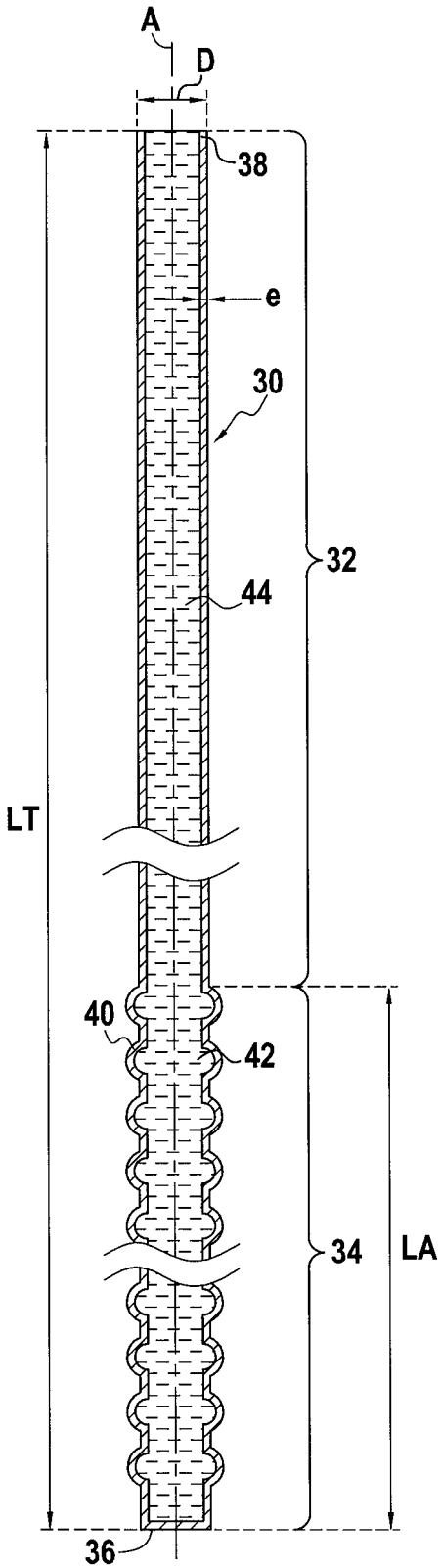
A
D
38
e
30
32
44
LT
40
42
34
LA
36

FIG.3

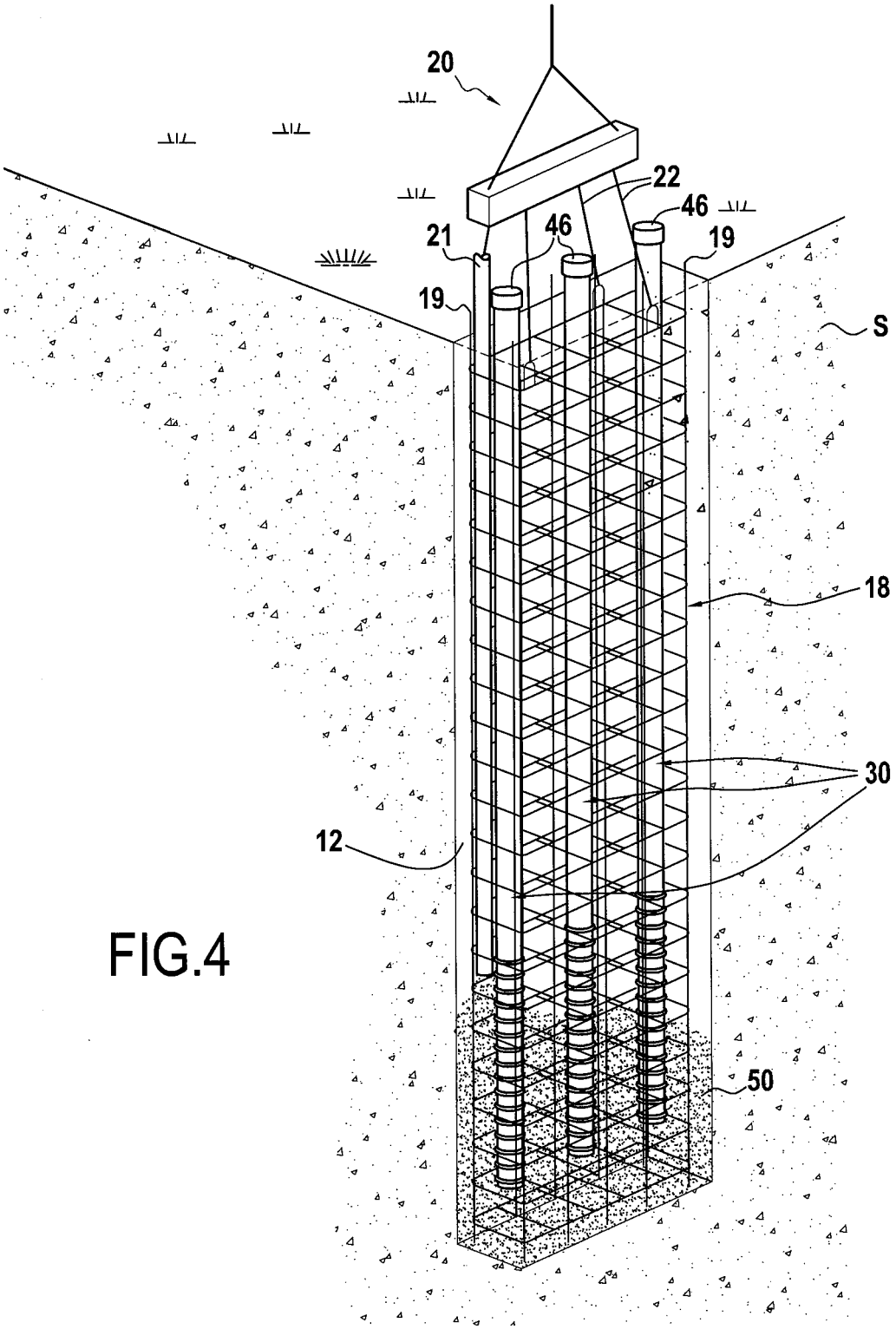


FIG.4

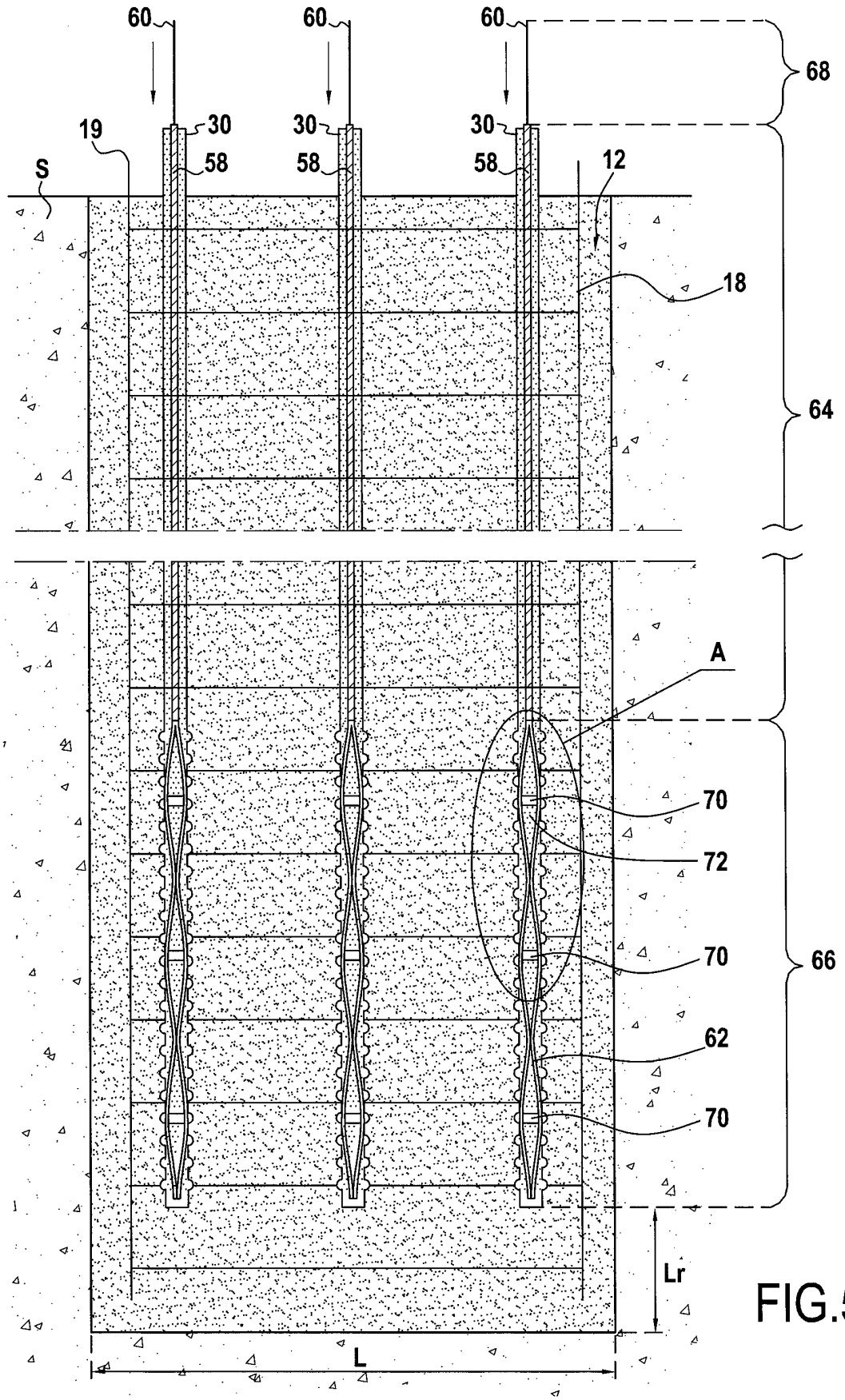


FIG.5

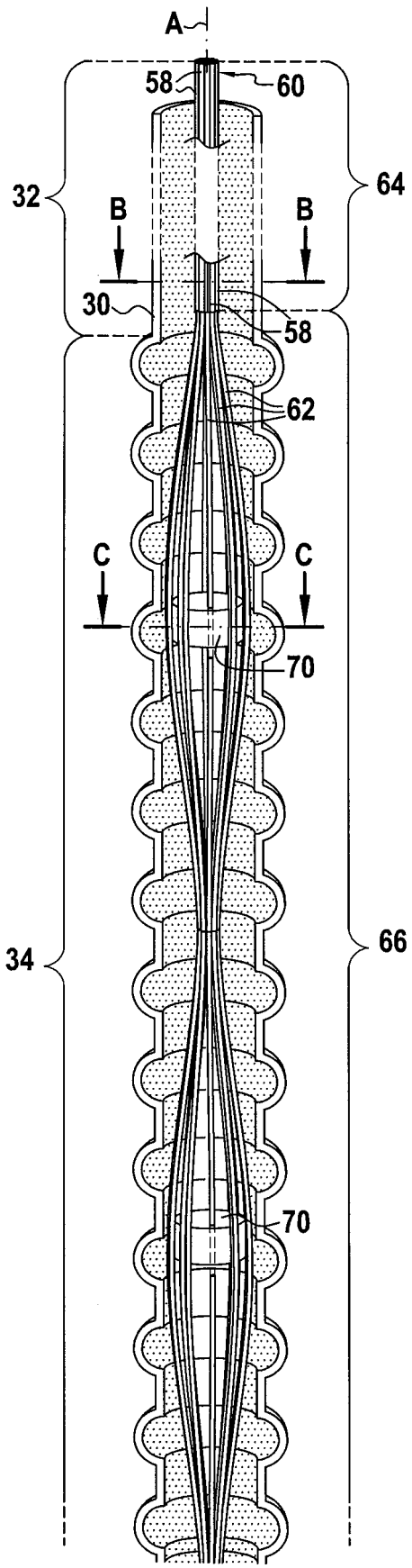


FIG.5A

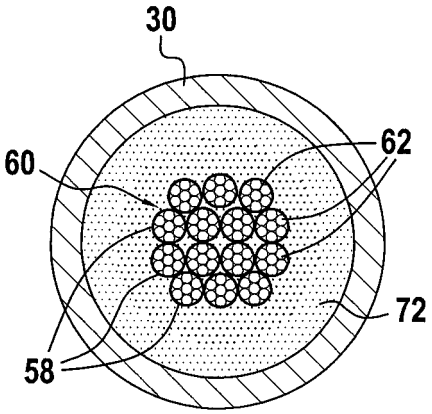


FIG.5B

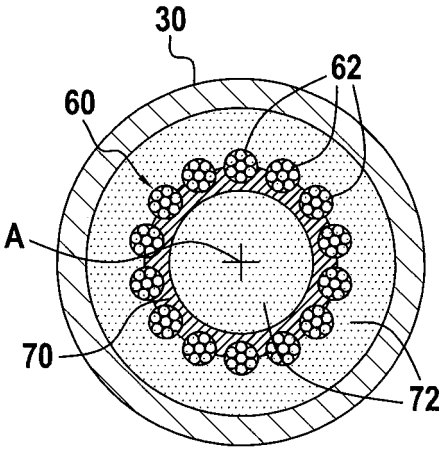


FIG.5C

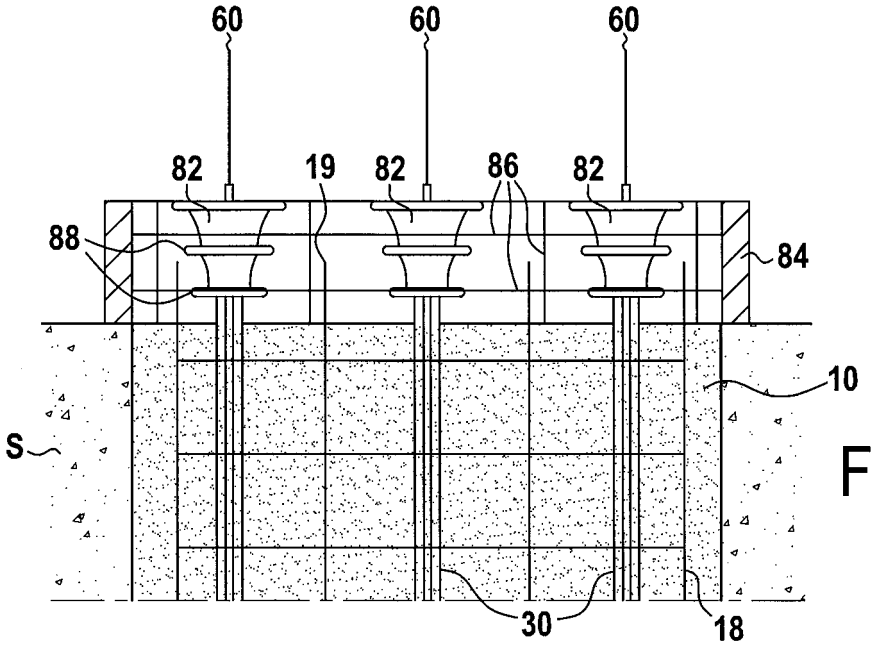
60
60
60
82
19
82
86
82
88
84
10
S
30
18

FIG.6

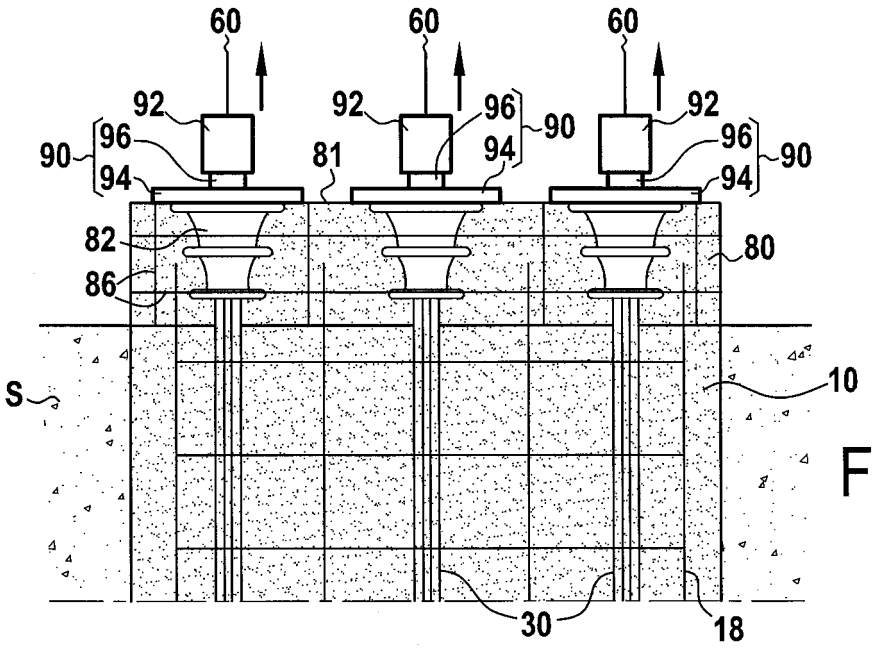
60
60
60
92
92
96
90
92
96
90
90
96
94
81
94
94
90
82
80
86
10
S
30
18

FIG.7

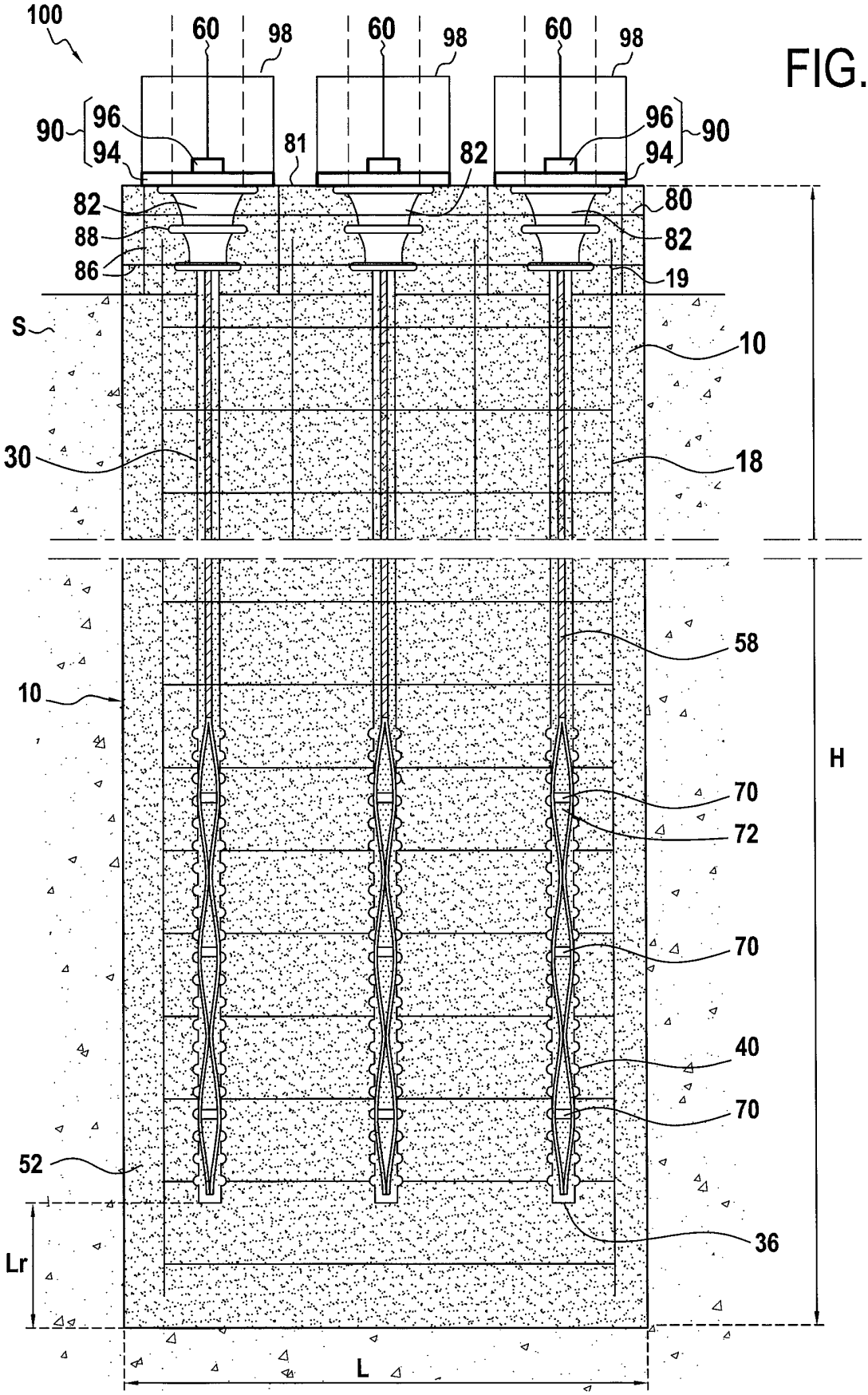
100
60
98
60
98
60
98
90
96
94
81
82
96
94
90
82
80
88
82
86
19
S
10
30
18
58
10
H
70
72
70
40
70
52
36
Lr
L

FIG.8

## 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


- DE 2028088 A **[0006]**