



(11)

EP 3 502 414 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
26.06.2019 Bulletin 2019/26

(51) Int Cl.:
E21D 11/18^(2006.01) E21D 11/24^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18215535.8**

(22) Date de dépôt: **21.12.2018**

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

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

(72) Inventeurs:
• **LEBOEUF, Jacky**
13124 PEYPIN (FR)
• **SABIR, Najeeb**
13400 AUBAGNE (FR)

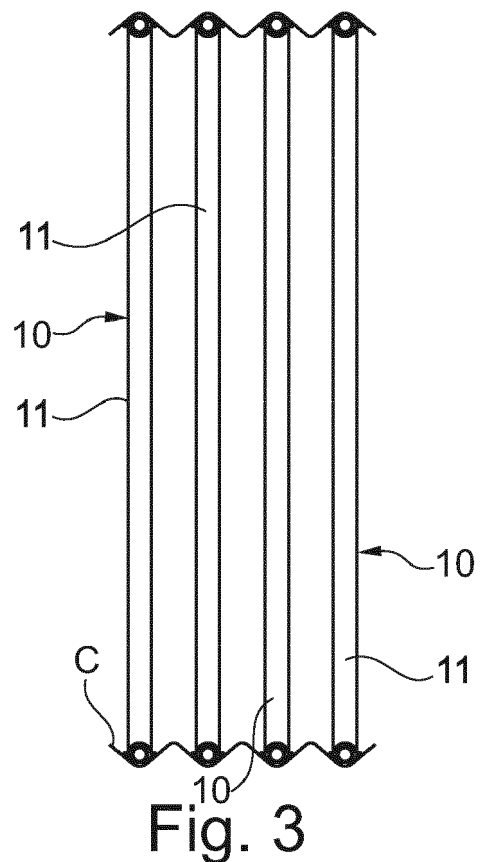
(30) Priorité: **22.12.2017 FR 1763013**

(74) Mandataire: **Nony**
11 rue Saint-Georges
75009 Paris (FR)

(54) **PROCÉDÉ DE RENFORCEMENT D'OUVRAGE ET SYSTÈME POUR SA MISE EN OEUVRE**

(57) La présente invention concerne un procédé de renforcement d'un ouvrage tel qu'une buse, comportant les étapes consistant à :

- procéder à un relevé de la géométrie de l'ouvrage à renforcer,
- réaliser au moins en fonction de ce relevé des anneaux de soutènement (10) de dimensions adaptées, chaque anneau de soutènement étant fermé par au moins un élément de liaison imposant un écartement ajustable entre deux régions adjacentes de l'anneau reliées par cet élément de liaison,
- régler l'écartement entre lesdites régions adjacentes pour mettre en compression l'anneau au contact de l'ouvrage.



EP 3 502 414 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de renforcement d'un ouvrage tel qu'une buse et un système pour la mise en oeuvre d'un tel procédé.

[0002] Une buse est un conduit de large diamètre, typiquement entre 1 et 8 m, usuellement réalisé avec de la tôle en acier galvanisée ondulée, qui est installé sous un remblai, le plus souvent sous une chaussée d'auto-route, pour permettre le passage des eaux notamment. De tels conduits sont encore qualifiés de buses hydrauliques.

[0003] Le guide LCPC-SETRA : Ministère des transports DGTI « Buses métalliques Recommandations et règles de l'art » Septembre 1981 donne des informations sur le comportement mécanique des buses métalliques.

[0004] Ces ouvrages sont susceptibles de se dégrader avec le temps et la tôle peut s'affaisser, ce qui pose des problèmes de sécurité et de risque d'obstruction.

[0005] L'art antérieur propose un certain nombre de solutions pour réparer ces ouvrages.

[0006] Une première solution connue consiste à réaliser un chemisage intérieur en béton armé rapporté, le béton étant projeté sur la paroi à consolider.

[0007] Une autre solution connue est de réaliser un chemisage avec un conduit lisse en PRV (Polyester Renforcé en fibres de Verre), avec injection périphérique d'un coulis cimentaire ou d'un béton dans l'interstice entre la buse existante et le chemisage.

[0008] Il est également connu de réaliser sur une zone déterminée de la buse à renforcer des cunettes en béton armé, à l'aide d'arceaux de renfort. Les cunettes sont connectées et mobilisées en partie basse de la section de la buse, au moyen de connecteurs soudés et noyés dans le béton rapporté.

[0009] Certaines de ces techniques de réparation sont décrites notamment dans l'ouvrage SETRA « BUSES METALLIQUES GUIDE POUR LA SURVEILLANCE SPECIALISEE, L'ENTRETIEN ET LA REPARATION » Décembre 1992.

[0010] L'ensemble des techniques connues ci-dessus présente les limites suivantes :

- le gabarit général en section et la surface d'écoulement disponibles sont réduits de manière significative ;
- le fonctionnement structurel de la buse est modifié, l'ouvrage étant rendu plus rigide dans la zone traitée, en terme de résistance aux charges auxquelles la buse est soumise ;
- le temps de mise en oeuvre peut s'avérer trop long dans certaines situations d'urgence ;
- la réalisation des travaux de réparation requiert des autorisations liées à des contraintes environnementales et sanitaires, en particulier la loi sur l'eau, des diverses collectivités impliquées ;
- la pérennité des solutions connues est limitée dans certains cas, en raison par exemple de la corrosion

de connecteurs soudés et noyés dans le béton ou du masquage lors de la réparation des zones existantes endommagées, rendant les contrôles visuels ultérieurs impossibles ;

- 5 - le niveau de chargement des éléments de renfort installés ne peut être connu qu'approximativement.

[0011] Il existe par conséquent un besoin pour disposer d'une solution rapide et aisée à mettre en oeuvre, remédiant à tout ou partie des inconvénients énumérés ci-dessus.

- 10 **[0012]** L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient grâce à un procédé de renforcement d'un ouvrage tel qu'une buse, comportant les étapes consistant à :

- procéder à un relevé de la géométrie de l'ouvrage à renforcer,
- réaliser au moins en fonction de ce relevé des anneaux de soutènement de dimensions adaptées, chaque anneau de soutènement étant fermé par au moins un élément de liaison imposant un écartement ajustable entre deux régions adjacentes de l'anneau reliées par cet élément de liaison,
- 20 - régler l'écartement entre lesdites régions adjacentes pour mettre en compression l'anneau au contact de l'ouvrage.

[0013] Le relevé de la géométrie de l'ouvrage s'effectue avec la précision qui convient au résultat recherché, en fonction notamment de la structure des anneaux, et notamment du nombre de degrés de liberté que l'on s'autorise. Dans une situation d'urgence notamment, il est possible de se contenter d'un relevé assez sommaire et d'utiliser des anneaux présentant les degrés de liberté nécessaire pour compenser la tolérance de prise de côtes. Dans d'autres situations, on procède à un relevé plus précis, notamment à l'aide d'un scanner 3D. Ainsi, l'étape de relevé de la géométrie de l'ouvrage ne doit pas se comprendre comme étant limitée à un relevé très précis, ni à un relevé automatisé. De plus, la géométrie de l'ouvrage peut être relevée en une ou plusieurs sections, selon les besoins.

[0014] Selon l'invention, les anneaux constituent des renforts actifs, mis en charge, c'est-à-dire comprimés, de façon contrôlée pour renforcer et soulager la structure de l'ouvrage, en s'appuyant de façon sensiblement uniforme sur la paroi intérieure de l'ouvrage, dans chacune des sections objets du renforcement. Les anneaux sont fermés sur eux-mêmes.

[0015] L'invention offre de multiples avantages.

[0016] Tout d'abord, les anneaux de soutènement, encore appelés anneaux de renfort, peuvent consolider l'ouvrage tout en ne diminuant que faiblement sa section intérieure, l'emprise des anneaux de soutènement étant limitée, par exemple de 0 à -3% en diamètre et de 0 à -6% en section. Ainsi, l'invention permet de répondre rapidement à une menace d'effondrement ou d'interruption

de chaussée nécessitant une intervention sur une buse hydraulique, tout en conservant la possibilité d'un écoulement d'eau quasiment non modifié au sein de cette buse.

[0017] De plus, l'invention permet un temps de réaction réduit avec une mise en oeuvre rapide en sécurisation de l'ouvrage. L'étude, la fabrication des anneaux avec des tubes cintrés adaptés à la géométrie de l'ouvrage à renforcer et leur installation peuvent être menées rapidement.

[0018] Pour une mise en sécurité et/ou un renfort provisoire, une dispense du dossier d'autorisation, en particulier celui portant sur la loi sur l'eau, est possible, du fait que les anneaux de soutènement peuvent être réalisés dans le même matériau que la buse si nécessaire. L'utilisation d'un matériau identique dispense également d'un besoin de finition, ou limite fortement celui-ci. On dispose d'une solution de renforcement pérenne. Ainsi, le procédé selon l'invention peut comporter la sélection du matériau dans lequel sont réalisés tout ou partie des anneaux en fonction du matériau définissant la paroi de l'ouvrage, et en particulier on utilise le même matériau, par exemple de l'acier galvanisé.

[0019] L'invention permet une mise en oeuvre de renforts ou de sécurités modifiant de façon très limitée le fonctionnement mécanique et notamment la raideur effective de l'ouvrage, par rapport aux solutions connues reposant sur la constitution d'anneaux rigidifiés ou la création de points rigides au sein du remblai. Ainsi, la solution apportée n'altère que peu le comportement mécanique de la buse. Les anneaux de soutènement gardent dans l'invention une certaine indépendance dans leur comportement mécanique et n'altèrent que marginalement le comportement de l'ouvrage existant à travers une liaison mécanique limitée, faisant intervenir un glissement relatif entre les anneaux de soutènement et la paroi existante de l'ouvrage. Les efforts de soutènement rapportés agissent comme une post-contrainte extérieure.

[0020] L'invention permet un dimensionnement du renfort relativement aisé, l'effort de précontrainte au sein des anneaux étant calibré.

[0021] De préférence, chaque anneau de soutènement comporte au moins deux membrures courbes, appelées arceaux dans la suite, reliées par deux éléments de liaison permettant chacun de régler l'écartement entre les arceaux qu'il connecte.

[0022] De préférence, la forme avec laquelle chaque anneau est fabriqué est définie par calcul, notamment à partir d'un modèle théorique d'anneau comprimé, de façon à ce que l'anneau épouse au mieux la forme de la paroi de l'ouvrage sur laquelle il s'appuie une fois mis en compression. Une théorie connue permet de calculer un effort radial de pression réparti, cette pression étant proportionnelle à la courbure et à l'effort de compression en tout point de l'anneau.

[0023] Les arceaux précités peuvent ainsi être réalisés selon le résultat de ce calcul.

[0024] Le calcul de la forme avec laquelle chaque anneau est fabriqué peut également faire intervenir la forme d'un remblai sous lequel l'ouvrage est réalisé.

[0025] Le nombre et la forme des arceaux sont choisis en fonction de la géométrie de l'ouvrage. Chaque arceau épouse de préférence la géométrie intérieure de l'ouvrage renforcé, dans chacune des sections concernées. Plus un anneau comporte d'arceaux, plus il offre de degrés de libertés pour s'adapter facilement à la forme de l'ouvrage et pour s'accommoder de relevés géométriques qui seraient plus approximatifs. Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, au moins une partie des anneaux de soutènement, voire la totalité d'entre eux, est réalisée avec trois arceaux et trois éléments de liaison reliant les arceaux entre eux, au moins l'un de ces éléments de liaison permettant de régler l'écartement entre les arceaux adjacents, et de préférence chacun des éléments de liaison le permettant.

[0026] Les arceaux sont encore appelés « cerces ». Les arceaux sont constitués d'un matériau résistant adapté aux efforts mobilisés lors de leur mise en charge. Ils sont de préférence constitués d'un matériau métallique, avantageusement un acier galvanisé, matériau constitutif d'une majorité des buses auxquelles les renforts sont destinés. Le fait d'utiliser un matériau homogène avec la structure existante offre une protection anticorrosion adaptée et une conformité aux normes environnementales sans traitement complémentaire.

[0027] De préférence, la section transversale des anneaux est tubulaire, au moins en dehors des éléments de liaison.

[0028] Les arceaux précités sont ainsi réalisés de préférence avec des tubes cintrés.

[0029] La section transversale des arceaux peut être tubulaire carrée, rectangulaire ou circulaire. Une section circulaire tubulaire est préférée, offrant plusieurs avantages parmi lesquels :

- un bon rapport stabilité latérale / aire de section vis-à-vis du flambement et du déversement ;
- une insertion optimale des arceaux dans les creux de la paroi des buses enterrées lorsque cette paroi est ondulée, cette insertion permettant également un maintien ou guidage transversal pouvant prévenir une instabilité latérale de l'anneau comprimé ;
- la possibilité de réaliser les éléments de liaison comportant des tiges filetées s'insérant dans la structure tubulaire des anneaux et sur lesquelles sont engagés des écrous venant en appui sur ladite structure ;
- un embâcle, lié à l'écoulement présent dans la buse, restant limité.

[0030] De préférence, le procédé est mis en oeuvre avec plusieurs anneaux de soutènement espacés le long de l'ouvrage.

[0031] Les anneaux sont indépendants et de préférence disposés régulièrement le long de la zone à renforcer, de préférence en étant mis en place dans des gorges

annulaires de celle-ci. L'espacement entre anneaux successifs est de préférence choisi en fonction de la capacité et de la sollicitation estimée de la zone à renforcer et/ou à mettre en sécurité.

[0032] Le nombre d'arceaux par anneau de soutènement est choisi en fonction de la géométrie de l'ouvrage à renforcer. Il peut être de deux ou mieux trois, comme mentionné ci-dessus, mais l'invention n'est pas limitée à un nombre particulier, et le nombre d'éléments de liaison peut être augmenté pour s'adapter à une géométrie plus variée de la section annulaire équipée. Celui-ci peut être supérieur à trois, étant par exemple compris entre 2 et 6, en considérant que les sections traitées ne présentent que très rarement plus de trois zones de courbure marquée sur leur périphérie.

[0033] De préférence, chaque arceau est relié à ses extrémités à un élément de liaison permettant de régler l'écartement entre les arceaux.

[0034] Les éléments de liaison, encore appelés joints, sont de préférence montés de façon amovible sur les arceaux pour permettre de les transporter séparément. Un anneau de soutènement peut comporter au moins un élément de liaison permettant de régler l'écartement et au moins un élément de liaison n'offrant pas cette possibilité, dont le rôle est simplement de permettre l'assemblage sur site des anneaux de soutènement afin de réduire leur encombrement au transport. Dans le cas où deux arceaux sont destinés à être reliés entre eux à une extrémité sans possibilité de réglage de leur écartement, on peut par exemple réaliser une liaison de ces arceaux par emboîtement de l'un dans l'autre en donnant à leurs extrémités des formes adaptées (tulipage), ou utiliser comme élément de liaison un simple manchon dans lequel les tubes sont insérés, ou encore un goujon emmanché dans les tubes à assembler

[0035] De préférence, tous les éléments de liaison sont identiques pour tous les anneaux de soutènement, et de préférence tous permettent un réglage de l'écartement entre les arceaux adjacents. Ainsi, on peut régler précisément les contraintes appliquées par chaque anneau de soutènement, ce réglage tenant compte par exemple de la forme initiale de l'ouvrage dans le plan de contact avec l'anneau et de la contrainte à exercer.

[0036] Chaque élément de liaison peut comporter une tige filetée et deux écrous engagés sur celle-ci, la tige étant insérée dans les tubes des arceaux et les écrous venant en appui à l'extrémité de ceux-ci, l'écartement entre les tubes étant imposé par l'espacement avec lequel les écrous sont positionnés sur la tige.

[0037] Au moins un outil écarteur peut être utilisé pour mettre en charge les anneaux, puis retiré après réglage du ou des éléments de liaison. Des butées peuvent être réalisées sur les arceaux pour aider à écarter les tubes à l'aide de l'outil écarteur prenant appui sur ces butées. Les écrous peuvent être positionnés sur la tige une fois les tubes écartés de la distance souhaitée. Cela facilite la mise en place des éléments de liaison avec l'écartement souhaité. Les butées sont par exemple formées par

des plats soudés sur les tubes, et forment des ergots. Ces derniers sont positionnés de préférence pour éviter un contact avec la paroi de l'ouvrage. On peut encore réaliser les butées autrement, par exemple avec des manchons ou bagues fixés sur les tubes ou en formant des épaulements sur ces derniers.

[0038] Il est possible de munir un ou plusieurs anneaux de soutènement d'au moins une jauge de contrainte, ce qui offre l'avantage de permettre d'ausculter ensuite l'ouvrage renforcé pour surveiller son évolution, en relevant les valeurs de contrainte données par la ou les jauges en place.

[0039] La présence de jauges de contrainte au moment de la mise en place des anneaux peut également aider au réglage de l'écartement imposé par les éléments de liaison, de façon à obtenir une contrainte prédéfinie au sein des anneaux.

[0040] De préférence, les sections transversales de l'ouvrage sont de forme convexe vers l'extérieur, s'agissant de structures travaillant exclusivement en arcs comprimés. Les sections présentant des concavités liées à des déformations excessives de l'ouvrage ne pourront pas dans la plupart des cas être réparées par la seule installation des anneaux de soutènement. En effet, lorsque certaines sections de l'ouvrage sont sinistrées au point de présenter une section concave en certains points, signe d'une déformation excessive et d'un fonctionnement inapproprié, toute nouvelle augmentation de charge radiale aurait pour conséquence une augmentation de la déformation concave et par conséquent une aggravation du sinistre. De telles sections nécessitent une réparation particulière telle qu'un étalement provisoire, une découpe, une dépose et une reconstruction des sections déformées, et dans ce cas les anneaux de soutènement ne sont utilisés que pour renforcer ou soulager une section déjà réparée.

[0041] L'invention a encore pour objet un système pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, tel que défini ci-dessus.

[0042] Ce système comporte au moins un anneau de soutènement de forme adaptée à celle de l'ouvrage à renforcer, notamment d'une buse hydraulique telle que précitée, comportant au moins deux parties reliées par un élément de liaison permettant de régler l'écartement entre lesdites parties.

[0043] De préférence, le système comporte une pluralité de tels anneaux de soutènement.

[0044] De préférence, chaque anneau comporte au moins deux arceaux reliés par deux éléments de liaison dont l'un au moins permet de régler l'écartement entre les arceaux, et de préférence les deux le permettent.

[0045] L'un au moins des anneaux, voire tous les anneaux, peut comporter trois arceaux reliés deux à deux par un élément de liaison, l'un au moins des éléments de liaison, et de préférence tous les éléments de liaison d'un anneau, permettant de régler l'écartement entre les arceaux de cet anneau.

[0046] Au moins un, et mieux chaque élément de

liaison permettant de régler l'écartement entre les arceaux, comporte de préférence une tige filetée et deux écrous engagés sur celle-ci, permettant de régler l'écartement entre les arceaux.

[0047] Dans certains cas, la tige filetée présente deux filetages inversés dont l'un dit à droite, l'autre dit à gauche, offrant un système de type « ridoir » produisant un écartement ou un rapprochement des deux écrous par simple rotation de la tige filetée, les deux écrous étant bloqués en rotation relativement aux arceaux adjacents.

[0048] Chaque anneau présente de préférence une section transversale tubulaire, notamment hors des éléments de liaison. Chaque arceau peut ainsi présenter une section tubulaire. De préférence la section tubulaire est circulaire. Le diamètre extérieur de la section tubulaire est par exemple compris entre 10 et 220 mm. L'épaisseur de la paroi du tube est par exemple comprise entre 1.5 mm et 25 mm.

[0049] De préférence, deux arceaux reliés par un élément de liaison permettant de régler l'écartement entre eux comportent à leurs extrémités adjacentes à l'élément de liaison des butées servant d'appui à un outil écarteur, utilisé pour mettre en charge l'anneau.

[0050] Ces butées se présentent de préférence sous la forme d'une paire d'ergots diamétralement opposés, et peuvent être formées en rapportant et en soudant des plats sur les tubes des arceaux.

[0051] Ces butées sont de préférence disposées de façon à ne pas venir en contact avec la paroi de l'ouvrage à renforcer ; elles sont ainsi disposées de préférence selon un plan perpendiculaire au plan de l'anneau lorsqu'elles se présentent par paires d'ergots diamétralement opposés.

[0052] Dans d'autres cas, ces butées sont disposées à l'intérieur de la courbure de l'arceau.

[0053] De préférence, le système comporte au moins une jauge de contrainte pour mesurer la charge d'un anneau, et de préférence chaque anneau comporte une telle jauge au moins.

[0054] Le système peut encore comporter au moins un outil écarteur qui est utilisé pour mettre en compression un anneau ; un tel outil comporte par exemple deux mâchoires configurées pour s'engager respectivement sur deux arceaux et venir en appui sur les butées précitées.

[0055] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, d'un exemple de mise en oeuvre non limitatif de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- La figure 1 est un schéma en blocs illustrant un exemple de procédé de consolidation selon l'invention,
- la figure 2 est un exemple de relevé topographique de la buse à consolider,
- la figure 3 est une coupe longitudinale partielle et schématique illustrant la mise en place d'anneaux de soutènement dans la buse,

- la figure 4 représente un détail de la figure 3,
- la figure 5 illustre un exemple de disposition d'arceaux au sein d'un anneau de soutènement,
- les figures 6 et 7 représentent un exemple d'élément de liaison, avant et après mise en compression des arceaux associés,
- les figures 8 et 9 illustrent de manière schématique un outil écarteur servant à agir sur les éléments de liaison, respectivement dans l'état initial et après actionnement, et
- les figures 10 et 11 illustrent l'action de l'outil des figures 8 et 9 sur un élément de liaison.

[0056] L'invention s'applique entre autres à la consolidation de passages enterrés tels que des buses d'auto-route, formés d'un conduit C en tôle d'acier galvanisé ondulée tel qu'illustré schématiquement aux figures 3 et 4.

[0057] A la longue, les tôles peuvent subir sous l'effet de la poussée du terrain une déformation, notamment un affaissement localisé, ce qui génère un risque sur la sécurité de l'ouvrage et peut nuire à sa fonctionnalité.

[0058] Le procédé de consolidation selon l'invention comporte plusieurs étapes, comme illustré à la figure 1, dont la première 1 peut consister en une inspection de l'ouvrage à consolider afin d'en acquérir un relevé topographique.

[0059] Cette acquisition topographique peut s'effectuer de diverses façons, par exemple avec un scanner que l'on déplace le long de la conduite selon une trajectoire prédéfinie pour acquérir le relief de la surface intérieure de l'ouvrage sur plusieurs sections espacées les unes des autres. On procède également avantageusement à des relevés géométriques simples du remblai en place.

[0060] On peut par exemple disposer un rail de guidage le long d'une portion du passage, en l'alignant avec l'axe longitudinal de celui-ci, et faire circuler sur ce rail le scanner pour procéder à une acquisition sur 360° du relief dans plusieurs plans successifs perpendiculaires à l'axe longitudinal du passage. On peut encore procéder à un scan 3D autrement et à la limite effectuer un relevé manuel plus sommaire, notamment dans certaines situations d'urgence.

[0061] De préférence, chaque plan d'acquisition correspond à un creux de la tôle ondulée ; on peut ainsi avoir une pluralité de plans d'acquisition dont l'espace correspond au pas entre deux creux consécutifs de la tôle.

[0062] Bien entendu, lorsque plusieurs acquisitions du relief sont effectuées dans le prolongement les unes des autres, on procède à une mise en correspondance des données de chaque acquisition de façon à rectifier les décalages éventuels d'une acquisition à l'autre.

[0063] On peut s'aider pour l'acquisition de repères, constitués par exemple par des cibles disposées dans le passage, dont les coordonnées sont connues à la fois dans le référentiel du passage et dans celui du scanner.

[0064] On obtient après cette étape 1 d'acquisition un relevé topographique qu'il est possible de représenter en relief par exemple sous la forme illustrée à la figure 2.

[0065] On voit sur cette figure que dans l'exemple illustré la buse présente un affaissement D qu'il convient de traiter.

[0066] L'invention met en oeuvre des anneaux de soutènement 10 de forme initiale prédéfinie, représentés schématiquement aux figures 3 et 4, qui sont installés dans le passage de façon à s'appliquer sur sa paroi pour s'opposer à un affaissement de celle-ci, voire modifier sa forme en appliquant des contraintes. Ces dernières dépendent de la géométrie observée et de la déformation que l'on souhaite imposer.

[0067] Ces anneaux 10 sont avantageusement mis en place individuellement au niveau de chaque gorge annulaire formée par un creux de la tôle C, ce qui assure un positionnement axial stable sans qu'il y ait besoin de relier mécaniquement les anneaux autrement entre eux.

[0068] Chaque anneau de soutènement 10 comporte un ou plusieurs arceaux 11 et au moins un élément de liaison 20, visible sur la figure 6, qui est disposé au niveau d'une interruption de l'anneau de façon à permettre d'y introduire une contrainte de compression une fois en place sur l'ouvrage.

[0069] Dans l'exemple illustré à la figure 5, chaque anneau de soutènement 10 comporte trois arceaux 11 formés chacun d'un tube de section circulaire, cintré sur mesure en fonction de la géométrie de l'ouvrage là où il est destiné à être installé et des contraintes à appliquer.

[0070] Une fois installé, les arceaux 11 épousent sensiblement le profil de la paroi de l'ouvrage, de façon à pouvoir exercer sur cette paroi les contraintes recherchées.

[0071] Ainsi, le procédé selon l'invention comporte une étape 2 de fabrication sur mesure des arceaux 11, après acquisition topographique et calcul des contraintes à appliquer à la paroi au moyen des anneaux de soutènement 10.

[0072] Ce calcul peut être effectué de façon automatisée par un ordinateur, en appliquant la théorie des anneaux comprimés telle que décrite par Klöppel et Glock dans Klöppel, K., et D. Glock. : Theoretische und experimentelle Untersuchungen zu den Traglastproblemen biegeweich, in die Erde eingebetteter Rohre (en langue allemande: Institut für Statik und Stahlbau der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Allemagne, 1970) qui permet de connaître la redistribution des contraintes dans un anneau comprimé.

[0073] L'invention tire parti de la grande flexibilité relative de la paroi de la buse vis-à-vis du remblai. La position finale d'équilibre de la paroi est telle que celle-ci soit soumise à une compression simple en tous ses points. La raideur du système de renforcement constitué selon l'invention par les anneaux de soutènement, reste en cohérence avec la raideur initiale de la paroi de la buse, ce qui assure la stabilité vis-à-vis du flambement.

[0074] Le calcul de courbure à donner aux arceaux

peut tenir compte de l'absence d'inversion de courbure dans les zones courantes, d'une hauteur de couverture de la buse par le matériau du remblai comprise de préférence entre 0,5 m et 12,8 m et du choix pour le remblai de matériaux ayant de préférence un module d'élasticité Es supérieur ou égal à 40 MPa.

[0075] Les calculs de dimensionnement des arceaux sont menés en respectant la théorie de l'anneau comprimé mentionnée ci-dessus.

[0076] Les anneaux de soutènement et la structure existante de la buse gardent des fonctionnements mécaniques relativement indépendants, de sorte que les anneaux induisent des actions extérieures, exerçant des poussées radiales venant soulager les sections de buse traitées, sans modifier la relative souplesse mécanique de la buse enterrée.

[0077] Il est à noter que si la connaissance de la géométrie du remblai permet un dimensionnement plus fin de la géométrie des anneaux, il est déjà possible d'obtenir un renforcement pouvant répondre de façon satisfaisante à une situation d'urgence, en se fondant uniquement sur la géométrie de la buse. Les sections et la densité des anneaux pourront alors être dimensionnées en sécurité par comparaison simple avec la capacité théorique de la buse existante.

[0078] Le dimensionnement à capacité équivalente de la buse existante peut amener à sur-dimensionner les anneaux de renfort. Les données de géométrie et de nature du remblai sont utiles pour évaluer la descente de charges et dimensionner plus finement les anneaux de renfort afin d'optimiser le coût des travaux. Ces données sont généralement disponibles chez les maîtres d'ouvrage demandeurs. Par exemple les données concernant la nature des sols et les hauteurs de remblai au droit de chacune des sections concernées, permettront d'évaluer plus finement la charge agissant sur la section de buse et l'anneau de renfort associé.

[0079] De préférence, une fois la forme de chaque arceau ainsi déterminée ainsi par calcul, le logiciel génère un plan et/ou un fichier de commande d'une machine de découpe et cintrage automatique des tubes pour leur donner la forme recherchée.

[0080] Tous les composants des anneaux sont de préférence galvanisés à chaud.

[0081] Chaque arceau peut être identifié par une impression ou tout autre marquage de façon à faciliter son repérage et positionnement ultérieur au sein de l'ouvrage à consolider. Tous les arceaux 11 peuvent être spécifiques chacun à la section du passage où ils sont destinés à être installés. On a par exemple chaque anneau de soutènement qui est constitué par un triplet spécifique d'arceaux installé dans une gorge correspondante de la tôle.

[0082] Au moins une partie des anneaux de soutènement peut comporter des arceaux de même forme. Ainsi, dans une variante, on utilise pour réaliser les anneaux de soutènement plusieurs séries d'arceaux, avec au sein de chaque série des arceaux de même forme. Par exem-

ple, on utilise une série d'arceaux de même forme pour constituer tous les arceaux supérieurs des anneaux de soutènement, et/ou pour constituer tous les arceaux latéraux gauches, respectivement droits.

[0083] Les arceaux 11 sont reliés entre eux par des éléments de liaison 20 qui n'ont pas été représentés à la figure 5 mais qui sont visibles sur les figures 6 et 7.

[0084] Sur ces figures, seules les portions de tube à l'extrémité des arceaux 11, reliées par l'élément de liaison 20, ont été représentées.

[0085] L'élément de liaison 20 comporte dans l'exemple illustré une tige filetée 21 sur laquelle sont engagées deux écrous 22 de blocage. La tige filetée 21 est de diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur des tubes constitutifs des arceaux 11, et de longueur choisie pour permettre d'écartier les arceaux d'une distance suffisante pour induire la post-compression recherchée.

[0086] Par exemple, le diamètre des tiges filetées 21 est compris entre 5 et 50 mm et leur longueur entre 50 et 500 mm

[0087] Lors de la mise en place des arceaux 11 d'un anneau de soutènement 10, à l'étape 3 du procédé dont les étapes sont rappelées à la figure 1, les écrous 22 sont proches, comme illustré à la figure 6, ce qui permet de rapprocher les arceaux 11 les uns des autres pour les installer dans la gorge correspondante de la tôle.

[0088] Ensuite, les écrous 22 de chaque élément de liaison peuvent être éloignés l'un de l'autre pour maintenir écartés les arceaux 11 correspondants et assurer l'immobilisation de l'anneau dans la gorge.

[0089] En écartant davantage les arceaux 11, on génère au sein de ceux-ci des contraintes de compression et une poussée sur la paroi du passage.

[0090] Il est possible d'agir directement sur les écrous 22 pour écartier les arceaux 11 mais le frottement des écrous 22 sur les tubes peut rendre l'opération difficile.

[0091] Il est préférable de s'aider d'outils écarteurs 30 tels qu'illustrés schématiquement aux figures 8 et 9.

[0092] Chaque outil 30 comporte par exemple, comme illustré, deux mâchoires 31 et un mécanisme d'écartement 32 de celles-ci, représenté très schématiquement aux figures 8 et 9. Ce mécanisme peut être de tout type, manuel ou non, à vis, hydraulique ou pneumatique.

[0093] Par exemple, l'outil écarteur comporte un vérin à vis qui déplace lorsqu'actionné une came, laquelle provoque par effet de coin l'écartement des mâchoires 31.

[0094] Chaque mâchoire 31 présente une encoche 33 semi-circulaire, de diamètre adapté à l'emboîtement sur le tube d'un arceau 11, comme illustré aux figures 10 et 11.

[0095] On peut munir chaque tube à ses extrémités de deux butées 12 diamétralement opposées, formées par exemple chacune par un plat allongé selon l'axe longitudinal du tube et soudé sur celui-ci.

[0096] Chaque mâchoire prend appui sur les deux butées 12 du tube engagé dans l'encoche 33, ce qui permet d'exercer une force sur le tube tout en laissant l'écrou 22 libre. Une fois l'écartement souhaité entre les arceaux

11 atteint, on peut amener en les vissant les écrous 22 au contact des extrémités 14 des tubes, comme illustré à la figure 11, ce qui empêche tout rapprochement ultérieur des arceaux 11. On peut ensuite rapprocher les mâchoires et enlever l'outil 30. Ce processus de mise en compression des anneaux de soutènement correspond à l'étape 4 du procédé sur la figure 1.

[0097] De préférence, les anneaux sont équipés de jauges de contrainte, par exemple extensométriques. Ces jauges sont de préférence installées par collage sur les anneaux en plusieurs points, à proximité des joints ou éléments de liaison 20, avant leur mise en charge. On a désigné par la référence 16 sur la figure 5 une telle jauge, représentée de façon extrêmement schématique.

[0098] En complément, les outils écarteurs de mise en compression sont munis de capteurs (pression hydraulique, déplacement, extension) permettant de mesurer l'effort appliqué par l'outil dans le joint ou élément de liaison 20. La comparaison des efforts de compression issus de cette mesure d'une part, de ceux déduits de la mesure effectuée avec la jauge extensométrique 16 d'autre part, permet une vérification et une correction éventuelle de la mesure de jauge.

[0099] L'invention n'est pas limitée au renforcement d'une buse hydraulique enterrée, par exemple dans un remblai d'ouvrage routier, et s'applique à d'autres ouvrages similaires.

[0100] Les éléments de liaison peuvent être constitués par des joints réalisés autrement. Par exemple, les éléments de liaison peuvent comporter un système de tiges télescopiques installé dans les extrémités tubulaires des arceaux adjacents. D'autres systèmes sont possibles, comme ceux faisant appel à des cales constituées de tubes entretoise ouverts, de section en U.

Revendications

1. Procédé de renforcement d'un ouvrage tel qu'une buse, comportant les étapes consistant à :

- procéder à un relevé de la géométrie de l'ouvrage à renforcer
- réaliser au moins en fonction de ce relevé des anneaux de soutènement (10) de dimensions adaptées, chaque anneau de soutènement étant fermé par au moins un élément de liaison (20) imposant un écartement ajustable entre deux régions adjacentes de l'anneau reliées par cet élément de liaison,
- régler l'écartement entre lesdites régions adjacentes pour mettre en compression l'anneau au contact de l'ouvrage.

2. Procédé selon la revendication 1, chaque anneau de soutènement (10) comportant au moins deux arceaux (11) reliés par des éléments de liaison (20), dont l'un au moins permet de régler l'écartement en-

tre les arceaux.

3. Procédé selon la revendication 2, au moins une partie des anneaux de soutènement (10), mieux la totalité d'entre eux, étant réalisée avec trois arceaux (11) et trois éléments de liaison (20) reliant les arceaux entre eux, au moins l'un de ces éléments de liaison (20) permettant de régler l'écartement entre les arceaux adjacents, et de préférence chacun des éléments de liaison (20) le permettant. 5
4. Procédé selon l'une des revendications 2 et 3, chaque anneau (10) comportant trois arceaux (11).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, la section transversale des anneaux étant tubulaire, au moins en dehors des éléments de liaison (20), la section tubulaire étant de préférence circulaire. 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, étant mis en oeuvre avec plusieurs anneaux de soutènement espacés le long de l'ouvrage, ces anneaux (10) étant de préférence mis en place dans des creux de la paroi de l'ouvrage lorsque celle-ci est ondulée. 15
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins un outil écarteur (30) étant utilisé pour mettre en charge les anneaux, puis retiré après réglage du ou des éléments de liaison (20). 20
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on munit un ou plusieurs anneaux de soutènement (10) d'au moins une jauge de contrainte (16), et l'on ausculte ensuite l'ouvrage renforcé pour surveiller son évolution, en relevant les valeurs de contrainte données par la ou les jauges en place. 25
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, la forme avec laquelle chaque anneau (10) est fabriqué étant définie par calcul, notamment à partir d'un modèle théorique d'anneau comprimé, de façon à ce que l'anneau épouse au mieux la forme de la paroi de l'ouvrage renforcé sur laquelle il s'appuie une fois mis en compression. 30
10. Procédé selon la revendication 9, la forme avec laquelle chaque anneau (10) est fabriqué faisant intervenir la forme d'un remblai sous lequel l'ouvrage est réalisé. 35
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on choisit au moins un matériau dans lequel les anneaux sont réalisés au moins en partie en fonction de celui d'une paroi de l'ouvrage, et de préférence on utilise de l'acier gal-

vanisé lorsque ladite paroi est en acier galvanisé.

12. Système de renforcement d'un ouvrage, notamment une buse, comportant au moins un anneau de soutènement (10) de forme adaptée à celle de l'ouvrage à renforcer, comportant au moins deux parties reliées par un élément de liaison (20) permettant de régler l'écartement entre lesdites parties. 40
13. Système selon la revendication 12, comportant une pluralité d'anneaux de soutènement (10), chaque anneau comportant au moins deux arceaux (11) reliés par deux éléments de liaison (20), dont l'un au moins permet de régler l'écartement entre les arceaux, les arceaux (11) étant de préférence réalisés en acier galvanisé. 45
14. Système selon la revendication 13, l'un au moins des anneaux, mieux tous les anneaux, comportant chacun trois arceaux (11) reliés deux à deux par un élément de liaison (20), l'un au moins des éléments de liaison, et de préférence tous les éléments de liaison, permettant de régler l'écartement entre les arceaux. 50
15. Système selon l'une des revendications 13 et 14, au moins un, et mieux chaque élément de liaison permettant de régler l'écartement entre les arceaux comportant une tige filetée (21) et deux écrous (22) engagés sur celle-ci, permettant de régler l'écartement entre les arceaux (11). 55
16. Système selon la revendication 15, deux arceaux (11) reliés par un élément de liaison permettant de régler l'écartement entre eux comportant à leurs extrémités adjacentes à l'élément de liaison des butées (12) servant d'appui à un outil écarteur (30), utilisé pour mettre en charge l'anneau.
17. Système selon la revendication 16, les butées (12) se présentant sous la forme d'ergots diamétralement opposés.
18. Système selon l'une quelconque des revendications 12 à 17, l'un au moins des anneaux (10) étant muni d'au moins une jauge de contrainte (16).

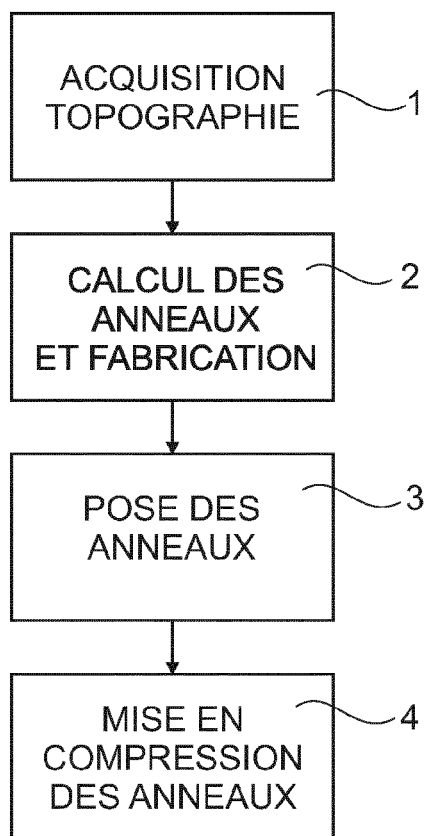


Fig. 1

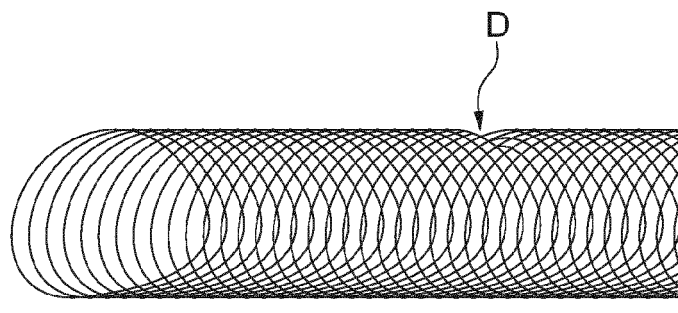


Fig. 2

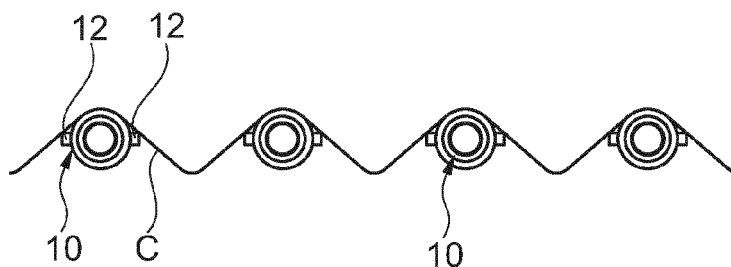


Fig. 4

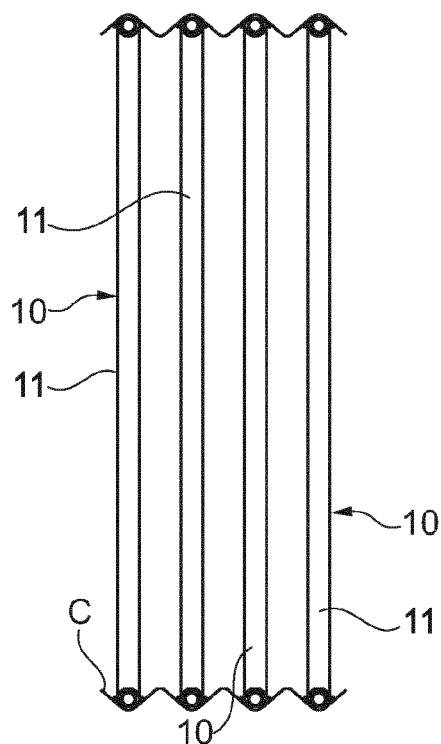


Fig. 3

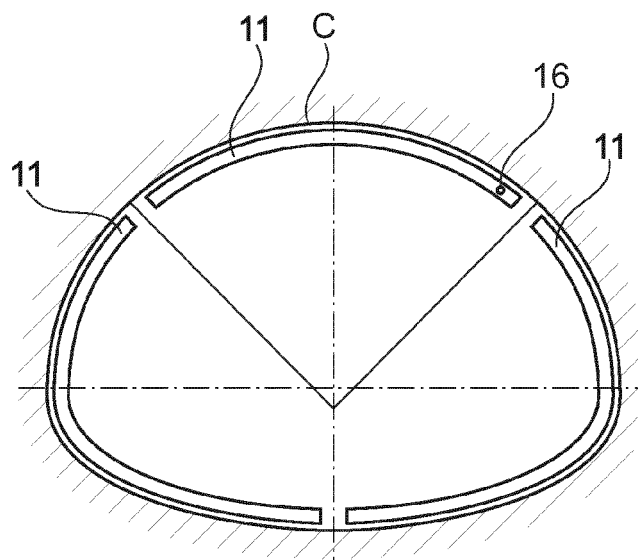


Fig. 5

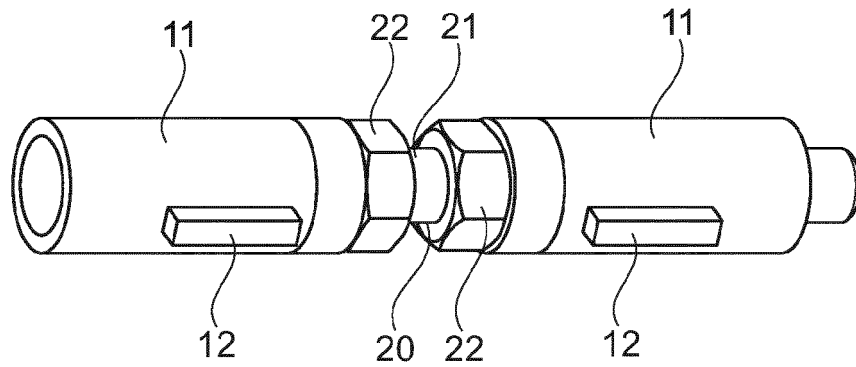


Fig. 6

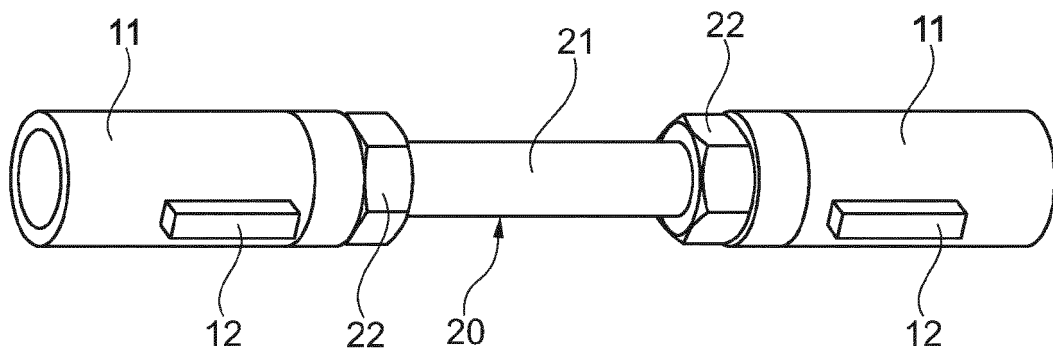


Fig. 7

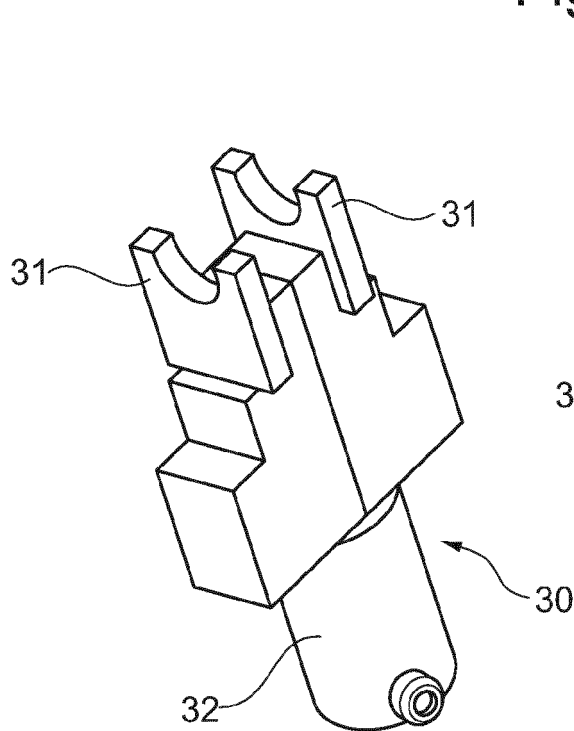


Fig. 8

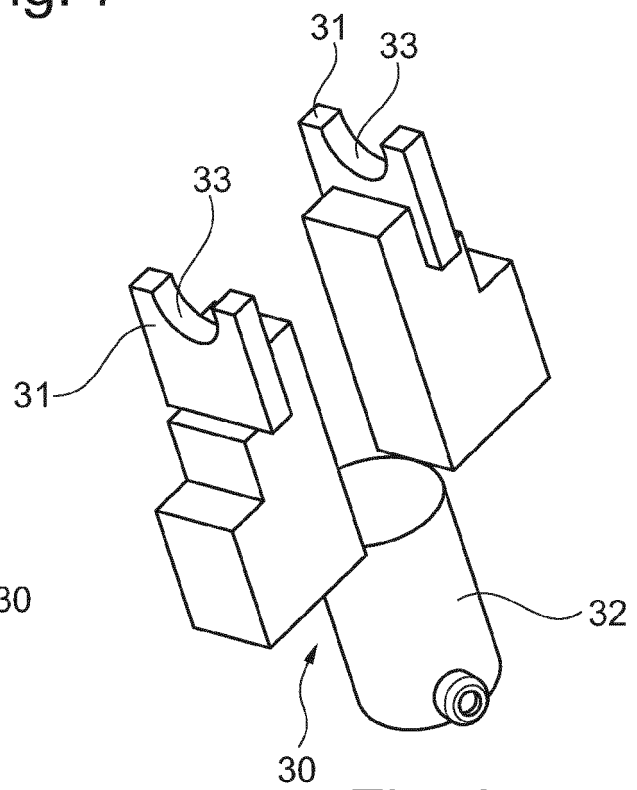


Fig. 9

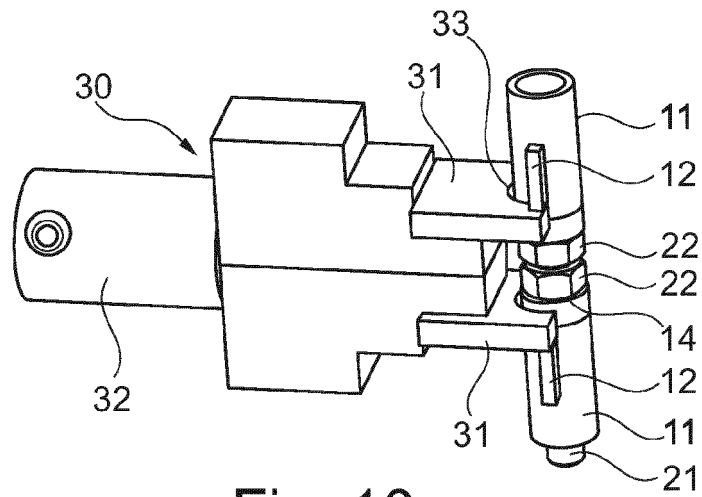


Fig. 10

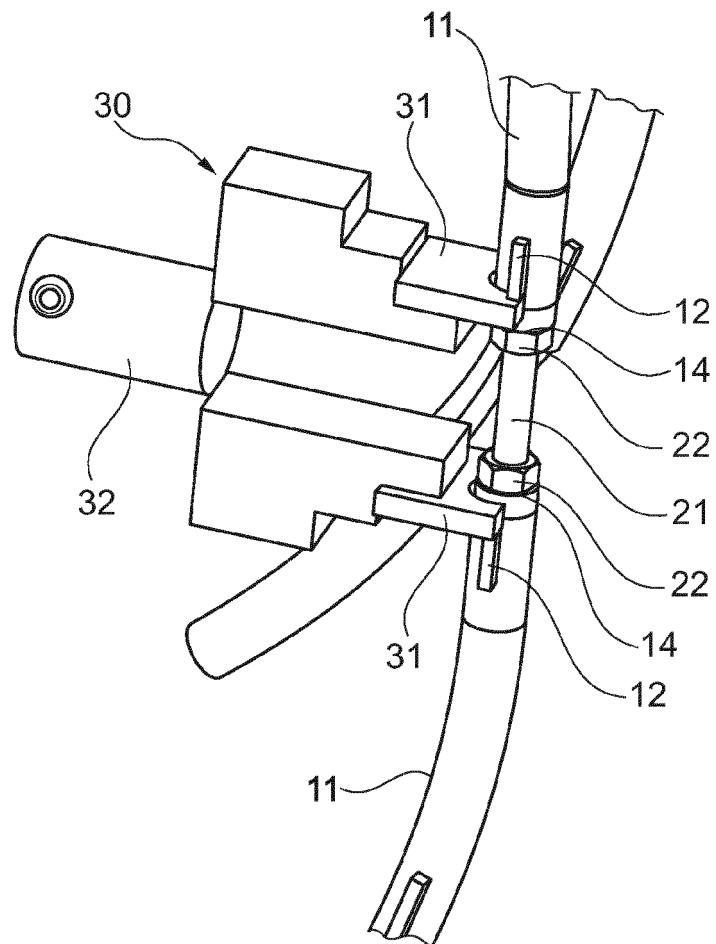


Fig. 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 21 5535

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 2 230 854 A1 (BOCHUMER EISEN HEINTZMANN [DE]) 20 décembre 1974 (1974-12-20) * page 6, ligne 35 - page 7, ligne 21; figures 1-3 *	12-14, 18	INV. E21D11/18 E21D11/24
X	FR 2 388 129 A1 (ENTREPRISES SOC GLE [FR]) 17 novembre 1978 (1978-11-17) * page 3, ligne 17 - page 5, ligne 19; figures 1-3 *	12-14	
A	KR 2011 0093325 A (DONG AR TECH FIRM CO LTD [KR]; NSTEEL CO LTD [KR]) 18 août 2011 (2011-08-18) * figures 2-4 *	1-18	
A	FR 1 299 443 A (BOCHUMER EISEN HEINTZMANN) 20 juillet 1962 (1962-07-20) * page 2, colonne 2, ligne 42 - page 4, ligne 23; figures 1-3 *	1, 12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			E21D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		15 avril 2019	Brassart, P
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 18 21 5535

5 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.

15-04-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2230854 A1	20-12-1974	DE 2326686 B1 ES 423841 A1 FR 2230854 A1 GB 1449566 A	17-10-1974 16-05-1976 20-12-1974 15-09-1976
FR 2388129 A1	17-11-1978	BE 865977 A FR 2388129 A1	16-10-1978 17-11-1978
KR 20110093325 A	18-08-2011	AUCUN	
FR 1299443 A	20-07-1962	FR 1299443 A IT 699999 A	20-07-1962 15-04-2019

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **SETRA.** BUSES METALLIQUES GUIDE POUR LA SURVEILLANCE SPECIALISEE. *L'ENTRETIEN ET LA REPARATION*, Décembre 1992 **[0009]**
- Theoretische und experimentelle Untersuchungen zu den Traglastproblemen biegeweicher. **KLÖPPEL, K. ; D. GLOCK.** Erde eingebetteter Rohre. Institut für Statik und Stahlbau der Technischen Hochschule Darmstadt, 1970 **[0072]**