

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 106 839

②1 N° d'enregistrement national : 20 00928

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : E 01 D 22/00 (2019.12), E 01 D 11/04, 19/16

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30.01.20.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 06.08.21 Bulletin 21/31.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SOLETANCHE FREYSSINET Société  
par actions simplifiée (SAS) — FR.

⑦2 Inventeur(s) : FABRY Nicolas, GUESDON Matthieu,  
CROS Emmanuel, EL BEZZAZI Mimoun, PADOX  
Jean-Claude et BAILLY René.

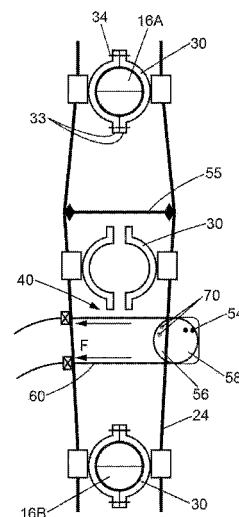
⑦3 Titulaire(s) : SOLETANCHE FREYSSINET Société  
par actions simplifiée (SAS).

⑦4 Mandataire(s) : PLASSERAUD IP.

⑤4 Procédé de maintenance d'un système de câbles porteurs et câble de structure associé.

⑤7 La présente divulgation décrit un procédé de maintenance en relation avec un système de câbles porteurs faisant partie d'un ouvrage d'art tel que par exemple un pont à haubans. Le système de câbles porteurs comprend des câbles de structure, et des premier et second câbles auxiliaires (24, 26) interconnectant certains au moins des câbles de structure, les câbles de structure interconnectés s'étendant dans un intervalle (42) entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26). Le procédé comprend le remplacement d'un premier câble de structure (16), placé entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26) et ayant deux extrémités fixées en deux points d'ancrage (18), par un second câble (80), le remplacement comprenant - démonter le premier câble de structure (16) ; - disposer au moins un câble temporaire (54) dans un volume interne d'une gaine tubulaire (50) comportant plusieurs tronçons (52) assemblés par des connecteurs (95) ; - approcher la gaine (50) du premier câble auxiliaire (24), la gaine (50) étant soutenue par le câble temporaire (54) et s'étendant transversalement au premier câble auxiliaire (24) ; - faire franchir le premier câble auxiliaire (24) par la gaine (50) pour amener la gaine (50) dans l'intervalle (42) entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26) ; - enfiler et mettre en tension d'autres armatures (70) dans le volume interne de la gaine (50) ; et- fixer les armatures (70) aux points d'ancrage (18) du premier câble de structure pour former le second câble de structure (80).

Figure de l'abrégé : Figure 5



FR 3 106 839 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de maintenance d'un système de câbles porteurs et câble de structure associé**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente divulgation concerne un procédé de maintenance d'un système de câbles porteurs avec câbles auxiliaires. La présente divulgation concerne également un câble de structure du système de câbles porteurs.

#### **Technique antérieure**

[0002] En particulier, le procédé décrit concerne la maintenance d'un système de câbles porteurs, par exemple le remplacement d'un câble de structure au sein d'une nappe de câbles de structure interconnectés entre eux par des câbles auxiliaires. Dans la suite de la présente description, les câbles de structure considérés sont des haubans, mais on comprendra que l'invention ne se limite pas à cet exemple. En particulier, les haubans de type multi-torons parallèles sont constitués d'un faisceau d'armatures (par exemple câbles, brins ou torons) agencés parallèlement les uns aux autres. Chaque armature est ancrée individuellement et est protégée individuellement par une gaine. Généralement, ces armatures gainées sont regroupées dans une gaine protectrice collective réalisée le plus souvent dans un matériau plastique, par exemple un polyéthylène à haute densité (PEHD).

[0003] Des câbles auxiliaires sont parfois inclus dans la conception du système de haubanage, en particulier des câbles auxiliaires interconnectant certains des haubans. Des dispositifs appelés « aiguilles » sont constitués à partir de tels câbles auxiliaires afin de limiter et/ou amortir les mouvements et vibrations transversales des haubans auxquels ils sont connectés. Ces aiguilles peuvent être utiles notamment dans des cas d'ouvrages d'art haubanés de grande portée, équipés de haubans longs, par exemple de longueur supérieure à 200 mètres. Dans ce cas, les aiguilles peuvent compléter d'éventuels dispositifs antivibratoires de type amortisseur.

[0004] Les aiguilles sont généralement composées d'un ou plusieurs câbles auxiliaires orientés transversalement aux haubans qu'elles interconnectent. La figure 1 montre schématiquement un ouvrage haubané, en l'occurrence un pont dont le tablier 14 est soutenu depuis un pylône 20 par deux nappes de haubans 10. De part et d'autre du pylône 20, les haubans 16 des deux nappes 10 ont des trajectoires obliques entre deux points d'ancrage respectifs 18 situés l'un sur le pylône 20 et l'autre sur le tablier 14. Les haubans 16 de chaque nappe 10, ou certains d'entre eux, sont reliés entre eux par des aiguilles 15 composées de câbles auxiliaires qui peuvent optionnellement être reliés aussi au tablier 14 ou au pylône 20. On comprendra que la figure 1 n'est qu'une

illustration d'un cas d'usage de câbles auxiliaires dans un système de haubanage et que de nombreuses configurations sont, en pratique, envisageables.

- [0005] Pour équilibrer les contraintes qu'elles appliquent aux haubans, les aiguilles peuvent être constituées de paires de câbles auxiliaires disposés symétriquement de part et d'autre de la nappe de haubans 10 et connectés aux haubans par des colliers serrés autour de ceux-ci.
- [0006] Les sollicitations mécaniques et/ou environnementales appliquées sur les câbles de structure tels que les haubans peuvent, avec le temps, amener à devoir les remplacer dans le cadre de la maintenance d'ouvrage.
- [0007] L'ouvrage comportant de multiples haubans, il est envisageable de les remplacer individuellement ou par petits groupes. Il peut s'agir du remplacement d'un hauban isolé ou d'un petit groupe endommagé. Il peut aussi s'agir de remplacer l'ensemble des haubans du système de câbles porteurs, également appelés câbles de haubanage, ou la majorité d'entre eux, en procédant hauban par hauban ou petit groupe par petit groupe afin d'éviter d'avoir à installer des étalements lors du remplacement ou de rendre l'ouvrage inutilisable pendant les travaux.
- [0008] Il est donc souhaitable que le remplacement d'un hauban interagisse aussi peu que possible avec les haubans voisins.
- [0009] Une difficulté se pose lorsque des aiguilles sont connectées aux haubans car elles gênent les opérations d'installation d'un hauban de remplacement. Les solutions actuelles passent par un démontage de l'ensemble des aiguilles connectées aux haubans concernés. Les travaux de remplacement impactent fortement l'exploitation de l'ouvrage car ils nécessitent la limitation voire la mise hors service de l'ouvrage. Dans le cas d'un pont à haubans, cela se traduit par l'arrêt de la circulation des piétons et des véhicules.

### **Résumé**

- [0010] La présente divulgation vient résoudre les inconvénients liés aux travaux de maintenance de câbles de structure interconnectés par des câbles auxiliaires.
- [0011] Il est à cet effet proposé un procédé de maintenance d'un système de câbles porteurs, le système de câbles porteurs comprenant des câbles de structure, et des premier et second câbles auxiliaires interconnectant certains au moins des câbles de structure, les câbles de structure interconnectés s'étendant dans un intervalle entre les premier et second câbles auxiliaires, le procédé comprenant le remplacement d'un premier câble de structure, placé entre les premier et second câbles auxiliaires et ayant deux extrémités fixées en deux points d'ancrage, par un second câble, le remplacement comprenant :
- démonter le premier câble de structure ;
  - disposer au moins un câble temporaire dans un volume interne d'une gaine

tubulaire comportant plusieurs tronçons assemblés par des connecteurs;

- approcher la gaine du premier câble auxiliaire, la gaine étant soutenue par le câble temporaire et s'étendant transversalement au premier câble auxiliaire;

- faire franchir le premier câble auxiliaire par la gaine pour amener la gaine dans l'intervalle entre les premier et second câbles auxiliaires, le franchissement comprenant :

◆ engager le premier câble auxiliaire dans le volume interne de la gaine au niveau d'un des connecteurs;

◆ enfiler dans le volume interne de la gaine au moins une armature de façon que l'armature passe dans l'intervalle entre les premier et second câbles auxiliaires; et

◆ enlever le câble temporaire, la gaine étant soutenue par l'au moins une armature;

- enfiler et mettre en tension d'autres armatures dans le volume interne de la gaine; et

- fixer les armatures aux points d'ancrage du premier câble de structure pour former le second câble de structure.

[0012] Le procédé peut en outre comprendre une ouverture formée dans la gaine au niveau d'un des connecteurs situé entre deux tronçons adjacents afin que le volume interne de la gaine soit accessible pour y engager le premier câble auxiliaire, et dans lequel après avoir enfilé au moins une armature dans le volume interne de la gaine, une jonction est effectuée entre les deux tronçons par un organe de jonction placé dans l'ouverture, l'au moins une armature enfilée étant située entre le premier câble auxiliaire et l'organe de jonction.

[0013] Dans une réalisation du procédé, le remplacement comprend en outre :

- compacter les armatures du second câble de structure au niveau d'un intervalle entre deux tronçons adjacents ;

- disposer un coupleur autour des armatures compactées du second câble de structure (80) ;

- fixer le coupleur aux premier et second câbles auxiliaires.

[0014] Dans une réalisation du procédé où le coupleur est fixé aux premier et second câbles auxiliaires, les deux tronçons adjacents comprennent un premier tronçon et un deuxième tronçon de part et d'autre du coupleur, et dans lequel le deuxième tronçon est relié au coupleur lors du remplacement de manière à autoriser un coulissement entre le deuxième tronçon et le coupleur.

[0015] Dans la réalisation ci-avant, le procédé peut comprendre en outre, le premier tronçon étant situé au-dessus du deuxième tronçon :

- mettre une extrémité inférieure du premier tronçon en appui sur une butée formée sur le coupleur afin de soutenir le premier tronçon par le coupleur fixé aux premier et second câbles auxiliaires ;

- placer un manchon solidaire du coupleur autour d'une portion d'extrémité su-

périure du deuxième tronçon de façon à avoir entre le manchon et le deuxième tronçon un recouvrement longitudinal autorisant le coulisement entre le deuxième tronçon et le coupleur.

- [0016] Dans une réalisation, le remplacement comprend en outre positionner des fourrures entre le coupleur et les armatures compactées du second câble de structure pour permettre un serrage des armatures compactées dans le coupleur.
- [0017] Dans une réalisation, démonter le premier câble de structure comprend libérer le premier câble de structure d'un collier relié aux premier et second câbles auxiliaires, et fixer le coupleur aux premier et second câbles auxiliaires comprend insérer le coupleur dans le collier et serrer le collier sur le coupleur et les armatures compactées du second câble de structure.
- [0018] Dans une réalisation, démonter le premier câble de structure comprend écarter les premier et second câbles auxiliaires.
- [0019] Dans une réalisation du procédé, écarter les premier et second câbles auxiliaires comprend positionner un écarteur entre les premier et second câbles auxiliaires, au-dessus du premier câble de structure.
- [0020] Dans une réalisation du procédé, les premier et second câbles auxiliaires sont maintenus écartés au moins jusqu'à la formation du second câble de structure.
- [0021] Il est aussi proposé un câble de structure pour système de câbles porteurs, le câble de structure comprenant :
- une gaine comportant au moins un premier tronçon et un deuxième tronçon;
  - un faisceau d'armatures s'étendant dans un volume interne de la gaine; et
  - une interface pour connecter mécaniquement le câble de structure à au moins un câble auxiliaire du système de câbles porteurs, l'au moins un câble auxiliaire s'étendant transversalement au câble de structure,
- l'interface comprenant un coupleur relié à l'au moins un câble auxiliaire et disposé autour du faisceau d'armatures entre les premier et deuxième tronçons de manière à autoriser un coulisement entre le deuxième tronçon et le coupleur.
- [0022] Dans une réalisation du câble de structure, le premier tronçon est situé au-dessus du deuxième tronçon, et une extrémité du premier tronçon est en appui sur une butée formée sur le coupleur afin de soutenir le premier tronçon par le coupleur.
- [0023] Le coupleur peut en outre comprendre un manchon disposé autour d'une portion d'extrémité supérieure du deuxième tronçon pour être assemblé à celui-ci de façon télescopique.
- [0024] Dans une réalisation, le câble de structure comprend en outre des fourrures en contact avec le faisceau d'armatures entre les premier et deuxième tronçons pour un serrage compact des armatures.
- [0025] Il est par ailleurs proposé un système de câbles porteurs, comprenant des câbles de

structure et des câbles auxiliaires interconnectant certains au moins des câbles de structure, dans lequel au moins un des câbles de structure comprend :

- une gaine comportant au moins un premier tronçon et un deuxième tronçon;
- un faisceau d'armatures s'étendant dans un volume interne de la gaine; et
- une interface pour connecter mécaniquement ledit câble de structure à au moins un des câbles auxiliaires,

et dans lequel l'interface comprend un coupleur relié à l'au moins un des câbles auxiliaires et disposé autour du faisceau d'armatures entre les premier et deuxième tronçons de manière à autoriser un coulissement entre le deuxième tronçon et le coupleur.

### **Brève description des dessins**

[0026] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

#### **Fig. 1**

[0027] [fig.1] montre schématiquement un exemple de pont à haubans muni d'aiguilles.

#### **Fig. 2**

[0028] [fig.2] montre le pont à haubans de la figure 1 pendant le remplacement d'un hauban selon un mode de réalisation du procédé proposé ici.

#### **Fig. 3 à Fig. 7**

[0029] [fig.3], [Fig. 4], [Fig. 5], [Fig. 6], [Fig. 7] sont des vues en coupe transversale de quelques haubans au cours du remplacement de l'un d'entre eux.

#### **Fig. 8**

[0030] [fig.8] est une vue en coupe longitudinale d'une portion d'un hauban mis en place entre deux paires de câbles auxiliaires d'une aiguille.

#### **Fig. 9**

[0031] [fig.9] est une vue en coupe transversale du hauban de la figure 8, connecté aux câbles auxiliaires.

#### **Fig. 10**

[0032] [fig.10] est une vue en coupe longitudinale d'une portion d'un hauban à mettre en place entre deux paires de câbles auxiliaires.

#### **Fig. 11 à Fig. 13**

[0033] [fig.11], [Fig. 12] et [Fig. 13] sont des vues en coupe du hauban selon les plans XI-XI, XII-XII et XIII-XIII indiqués sur la figure 10.

#### **Fig. 14 à Fig. 16**

[0034] [fig.14], [Fig. 15] et [Fig. 16] sont des vues en coupe du hauban selon le même plan que la figure 11, à d'autres étapes du procédé de maintenance.

### **Description des modes de réalisation**

- [0035] Dans la présente description, le procédé de maintenance est décrit en relation avec un système de câbles porteurs faisant partie d'un ouvrage d'art tel que par exemple un pont à haubans du genre illustré sur la figure 1 précédemment discutée, avec ses éléments de structure que sont le tablier 14 et un ou plusieurs pylônes 20. Les câbles auxiliaires forment des dispositifs nommés « aiguilles ». Toutefois, le procédé décrit par la suite et le câble de structure associé ne sont pas exclusivement conçus pour un pont, tout type de structure comportant des câbles de structure et au moins un câble auxiliaire étant également concerné.
- [0036] Chaque hauban 16 comprend un faisceau d'armatures parallèles, par exemple des torons métalliques, qui sont ancrées à la structure aux points d'ancrage 18 par des dispositifs appropriés. Les armatures d'un hauban sont contenues collectivement dans une gaine en matière plastique qui les protège au moins sur la majeure partie de leur longueur contre les agressions de l'environnement.
- [0037] La figure 2 illustre schématiquement le remplacement d'un hauban 16 du pont, représenté en trait interrompu. Le hauban de remplacement, mis en place selon un procédé décrit ci-après, comportera lui aussi une gaine 50 pour protéger ses armatures. Dans l'exemple représenté, la gaine 50 du hauban de remplacement se subdivise en plusieurs tronçons de gaine 52, chaque tronçon couvrant sensiblement la distance entre deux aiguilles 15 auquel le hauban 16 est connecté.
- [0038] La figure 3 illustre schématiquement trois haubans adjacents 16A, 16, 16B d'une nappe 10, interconnectés par une aiguille 15 incluant une paire de câbles auxiliaires 24, 26 disposés symétriquement de part et d'autre de la nappe 10. Dans certaines configurations, une aiguille peut se composer de plusieurs paires de câbles auxiliaires parallèles disposés symétriquement de part et d'autre de la nappe 10. Entre les câbles auxiliaires 24, 26 se trouve un intervalle 42 où s'étendent les haubans 16, transversalement aux aiguilles. Dans la suite, on désigne par 24 les câbles auxiliaires situés à droite de la nappe de haubans 10 et par 26 les câbles auxiliaires situés à gauche, mais cette désignation est bien entendu arbitraire et dépend du point de vue adopté, c'est-à-dire du côté où on regarde la nappe 10.
- [0039] Sur la figure 3, le hauban 16 qu'il s'agit de remplacer est également représenté en trait interrompu. Son enlèvement laisse un espace 40 délimité en partie supérieure par un hauban supérieur 16A, en partie inférieure par un hauban inférieur 16B, et latéralement par les câbles auxiliaires 24, 26 des aiguilles.
- [0040] Les aiguilles 15 sont reliées aux haubans 16 par des colliers d'interconnexion respectifs 30. Chaque collier 30 comprend par exemple deux coques 31, 32, chaque coque 31, 32 étant respectivement attachée à l'un des deux câbles auxiliaires 24, 26 d'une aiguille. S'il y a plusieurs paires de câbles auxiliaires 24, 26 dans une aiguille 15, une coque 31 ou 32 est attachée à chacun des câbles auxiliaires de l'aiguille situés

du même côté de la nappe de haubans 10. Les coques 31, 32 sont pourvues de pattes 33 permettant, à l'aide de boulons 34, de les serrer l'une sur l'autre pour enfermer un hauban dans son collier 30, le collier étant placé autour de la gaine du hauban, ou inséré entre deux tronçons consécutifs de celle-ci. Lorsque les boulons 34 sont retirés, les coques 31, 32 peuvent être séparées l'une de l'autre au moyen d'écarteurs 55 pour ouvrir le collier d'interconnexion 30.

[0041] Les écarteurs 55 peuvent être des dispositifs télescopiques à vis ou à vérin s'appuyant sur les câbles auxiliaires 24, 26 en vis-à-vis de l'aiguille 15. Sur la figure 3, le collier d'interconnexion 30 est fermé et serré sur le hauban supérieur 16A et sur le hauban supérieur inférieur 16B, tandis qu'il est ouvert à l'emplacement du hauban à remplacer 16. Les coques 31, 32 du collier d'interconnexion 30 prévu pour le hauban à remplacer peuvent rester attachées sur les câbles auxiliaires 24, 26.

[0042] Les figures 8 et 9 illustrent le hauban de remplacement 80, dans sa configuration finale, c'est-à-dire mis en place entre les aiguilles 15, au sein du système de câbles porteurs. La figure 8 est une vue en coupe selon l'axe longitudinal d'une portion du hauban de remplacement 80 au niveau d'une aiguille 15, tandis que la figure 9 en est une vue en coupe transversale.

[0043] Le hauban de remplacement 80 décrit ici est conçu de manière à répondre à des contraintes liées au remplacement d'un hauban d'une nappe sans interférer avec les haubans voisins 16A, 16B du hauban à remplacer 16. On notera toutefois que le hauban montré sur les figures 8 et 9 peut aussi être installé sur l'ouvrage dès la construction de celui-ci, ou dès la mise en place du système de câbles porteurs, pour tirer parti des avantages qu'il procure.

[0044] Parmi les tronçons 52 de la gaine 50 du hauban de remplacement 80 contenant les armatures 70, la figure 8 illustre un premier tronçon 52A, situé au-dessus d'une aiguille 15, et un deuxième tronçon 52B, situé au-dessous de cette aiguille 15.

[0045] Le hauban de remplacement 80 comprend en outre un coupleur 90 entre le premier tronçon 52A et le deuxième tronçon 52B, apportant une continuité de l'enveloppe protectrice des armatures 70 entre les tronçons adjacents. Le coupleur 90 relie également le hauban de remplacement 80 aux câbles auxiliaires 24, 26 de l'aiguille 15. Le coupleur 90 apporte une liberté de mouvement longitudinal relatif entre les tronçons 52A, 52B, ce qui permet notamment d'absorber les différences de dilatations thermiques entre les armatures 70, généralement métalliques, et la gaine 50, généralement en matière plastique. Le coupleur 90 permet ainsi de maintenir le positionnement relatif entre le hauban 80 et l'aiguille 15 au sein du système de câbles porteurs, tout en procurant un joint de dilatation. Lorsque plusieurs aiguilles 15 sont disposées le long d'un même hauban 80, les coupleurs 90 mis en place à leur niveau entre les tronçons de gaine 52 procurent plusieurs joints de dilatation répartis le long



du hauban.

- [0046] Dans l'exemple représenté, le coupleur 90 comprend une chemise 89 prolongée vers le bas par le manchon 93. La chemise 89 est généralement en acier, alors que le manchon 93 est généralement dans un matériau plastique identique à celui des tronçons de gaine 52. La chemise 89 est agencée du côté du premier tronçon 52A, tandis que le manchon 93 est fixé à la chemise sur son côté inférieur pour coopérer avec le deuxième tronçon 52B.
- [0047] La chemise 89 est fixée aux câbles auxiliaires 24, 26 de l'aiguille 15 par l'intermédiaire du collier d'interconnexion 30, par exemple par serrage des deux coques 31, 32 autour de la chemise au moyen des pattes 33. Au voisinage de son extrémité supérieure, la surface extérieure de la chemise 89 comprend une butée (ou épaulement) 88. La portion d'extrémité inférieure du premier tronçon 52A peut être élargie pour être engagée autour de la chemise 89 et venir en appui sur la butée 88, comme le montre la figure 8. Par cet appui, le coupleur 90 soutient le premier tronçon 52A.
- [0048] Le manchon 93 est solidaire de la chemise 89. Le manchon 93 peut être d'un seul tenant avec la chemise 89. Comme la chemise 89 est généralement composée de plusieurs secteurs assemblés autour du faisceau d'armatures 70, le manchon 93 peut y être fixé par boulonnage s'il est constitué d'une seule pièce cylindrique. Le manchon 93 est placé autour de la portion d'extrémité supérieure du deuxième tronçon 52B, ce qui délimite une zone de recouvrement longitudinal 94. La zone de recouvrement longitudinal correspond à un joint de dilatation de la gaine 50, où le deuxième tronçon 52B peut coulisser dans le manchon 93.
- [0049] La configuration selon laquelle l'extrémité inférieure du premier tronçon 52A est un élément de connexion femelle, coopérant avec la surface extérieure de la chemise 89 qui représente un élément de connexion mâle, et selon laquelle l'extrémité supérieure du deuxième tronçon 52B est un élément de connexion mâle, coopérant avec la surface intérieure du manchon 93 qui représente un élément de connexion femelle, permet d'empêcher que l'eau de ruissellement pénètre à l'intérieur de la gaine du hauban 80.
- [0050] Des fourrures 91 peuvent être disposées entre le coupleur 90 et les armatures 70 du câble de structure 80, au droit du collier 30 relié à l'aiguille 15. Les fourrures 91 ont une forme intérieure complémentaire du profil extérieur du faisceau d'armatures. Les fourrures 91 permettent un serrage compact des armatures 70, afin que le collier 30 constitue un point fixe longitudinal sur le câble de structure. Il évite aussi que le coupleur 90 ne blesse les armatures autour desquelles il est serré.
- [0051] Le procédé de maintenance du système de câbles porteurs, et en particulier le remplacement d'un premier câble de structure 16 par un second câble de structure 80, est à présent décrit.

- [0052] Sur les figures 3 à 7, un écarteur 55 est positionné entre les deux câbles auxiliaires 24, 26 d'une paire appartenant à une aiguille 15. Pour que les interventions requises par le remplacement puissent se faire par en-dessous, il est commode que l'écarteur 55 soit positionné au-dessus du hauban à remplacer 16, bien que cela ne soit pas obligatoire. L'écarteur 55 maintient les câbles auxiliaires 24, 26 écartés au cours du procédé de maintenance, en séparant les coques 31, 32 du collier 30 d'une distance suffisante pour permettre le passage du hauban à remplacer 16 afin de l'extraire puis de venir y installer le hauban de remplacement 80.
- [0053] Au cours du procédé, des éléments temporaires du hauban de remplacement 80 sont utilisés pour servir à sa mise en place dans l'espace 40 situé entre les câbles auxiliaires 24, 26.
- [0054] Le hauban de remplacement 80, dans sa configuration initiale, est illustré sur les figures 2 et 10-12. Il comprend la gaine tubulaire 50 qui présente un volume interne et est subdivisée longitudinalement en tronçons 52 reliés entre eux par des connecteurs 95 (non représentés sur la figure 2). Les connecteurs 95 maintiennent les tronçons 52 de manière à former une gaine 50 unitaire, c'est-à-dire composée de tronçons connectés les uns des autres sur toute sa longueur. La gaine 50 est complétée par un manchon 93 positionné sur chaque tronçon 52 et attaché provisoirement sur celui-ci, dans l'attente de sa mise en place définitive sur la gaine 50.
- [0055] Les connecteurs 95, fixés aux extrémités adjacentes de deux tronçons 52, sont par exemple des tiges, câbles ou chaînes permettant de maintenir entre eux les tronçons 52 et de les espacer les uns des autres pour conserver une ouverture de dimension suffisante pour permettre les manœuvres décrites ci-après. La fixation des connecteurs 95 aux tronçons de gaine est amovible, par exemple à l'aide d'un système de vis et écrou ou de crochets. On peut ainsi retirer ou refixer les connecteurs 95 au cours de la mise en place de la gaine 50 dans l'intervalle 42 mais également les retirer de la gaine 50 en fin de l'opération de maintenance.
- [0056] Les connecteurs 95 sont placés en dehors du volume interne de la gaine 50, comme le montrent les figures 10 à 13. À chaque aiguille 15 connectée au hauban à remplacer 16 correspond au moins un connecteur 95 reliant le tronçon de gaine 52A s'étendant au-dessus de l'aiguille au tronçon de gaine 52B s'étendant au-dessous de l'aiguille. Le connecteur 95 est par exemple attaché à deux platines 96 respectivement fixées de manière amovible aux extrémités en vis-à-vis des deux tronçons de gaine adjacents 52A, 52B. Les platines 96 comportent plusieurs emplacements 98 pour recevoir des connecteurs 95, espacés dans la direction circonférentielle d'un angle A pouvant être compris entre 60° et 180° (environ 90° dans l'illustration des figures 11 et 13).
- [0057] Les connecteurs 95 réalisent entre les deux tronçons de gaine adjacents 52A, 52B un espacement au moins égal à la largeur de l'aiguille 15. Ceci permet à la gaine 50

d'avoir une position intermédiaire (figure 5) dans laquelle un câble auxiliaire de chaque paire appartenant à l'aiguille 15, ci-après le câble auxiliaire de droite 24, pourra s'intercaler dans l'ouverture formée entre les deux tronçons de gaine adjacents.

[0058] L'espace ménagé par les connecteurs 95 entre les tronçons de gaine adjacents 52A, 52B pourra être choisi suffisant pour l'installation du coupleur 90 décrit en référence aux figures 8 et 9.

[0059] Les figures 10-13 montrent le hauban en cours de remplacement, dans un cas où une aiguille 15 se compose de deux paires de câbles auxiliaires 24, 26, seul les câbles auxiliaires 26 situés à gauche de la nappe de haubans 10 étant visibles dans la coupe longitudinale de la figure 10.

[0060] La gaine 50 du futur hauban de remplacement 80 contient au moins un câble temporaire 54 dans son volume interne. Le câble temporaire 54 s'étend longitudinalement dans les tronçons successifs 52 de la gaine 50. Ses deux extrémités sont fixées au niveau ou à proximité des deux points d'ancrage 18 du hauban. Le câble temporaire 54 est utilisé pour hisser la gaine 50, et il la soutient au cours du procédé de maintenance. Il pourra ensuite être retiré de la gaine 50. Le câble temporaire 54 peut prendre la forme d'un ou plusieurs torons. L'effort de tension admissible du câble temporaire 54 doit être suffisant pour supporter la gaine 50 à une distance suffisante au-dessus du hauban inférieur 16B.

[0061] Au cours du procédé, le premier câble de structure 16, c'est-à-dire le hauban à remplacer, est tout d'abord démonté, ce qui crée l'espace 40.

[0062] Outre la détension du hauban et le démontage des points d'ancrage 18, le démontage du hauban 16 inclut la libération du hauban 16 des colliers 30 qu'il traverse pour être relié aux aiguilles 15. La figure 3 illustre la portion de nappe 10 après démontage du hauban à remplacer 16.

[0063] Avant démontage du hauban 16, on écarte les câbles auxiliaires 24, 26 situés à droite et à gauche de la nappe 10 au moyen d'écarteurs 55. De préférence, l'écarteur 55 reste en place pour maintenir écartés les câbles auxiliaires 24, 26 des aiguilles au moins jusqu'à la formation du hauban de remplacement 80.

[0064] Le procédé comprend en outre une phase de préparation de la nouvelle gaine 50 du hauban de remplacement 80. Dans cette phase de préparation, qui peut se dérouler avant, pendant ou après le démontage du hauban 16, on enfile les manchons 93 sur les tronçons de gaine 52 et on assemble les tronçons de gaine 52 dotés des manchons 93 avec les connecteurs 95. On enfile ensuite un ou plusieurs câbles temporaires 54 dans le volume interne de la gaine 50 ainsi formée.

[0065] Ensuite, on soulève l'extrémité de la gaine 50 du côté du pylône 20 et on approche la gaine 50 des aiguilles 15, par exemple du côté droit de la nappe où se trouvent les câbles auxiliaires 24 (figures 4, et 10-13). Plus précisément, on lève et on supporte la

gaine 50 au moyen d'un câble temporaire 54 ancré provisoirement aux points d'ancrage 18 ou à leur proximité. La gaine 50 et le câble temporaire 54 se trouvent alors dans une position déportée latéralement de la nappe. C'est à partir de cette position que la gaine 50 est approchée des aiguilles 15. Au cours de l'approche, la gaine 50 est hissée depuis le tablier 14 jusqu'à proximité de la nappe 10, en veillant à éviter les interférences avec les haubans voisins ou autres équipements par exemple des luminaires.

[0066] Le procédé consiste ensuite à faire franchir les câbles auxiliaires de droite 24 par la gaine 50. Pour ce franchissement, on translate la gaine 50 vers les câbles auxiliaires 24 (flèche F sur les figures 4, 5 et 11). La translation de la gaine 50 se fait latéralement jusqu'à atteindre puis dépasser les câbles auxiliaires 24. La translation est effectuée par des éléments de traction latérale 60 du type treuil ou analogue. Les éléments de traction latérale 60, représentés de manière schématique sur les figures 4 et 5, peuvent être soutenus par les aiguilles 15. La traction est appliquée en prenant appui sur les câbles auxiliaires 26 du côté gauche de la nappe.

[0067] Au cours du mouvement de translation jusqu'aux câbles auxiliaires de droite 24, les tronçons de gaine 52 reliés par les connecteurs 95 sont soutenus par le ou les câbles temporaires 54 (figures 4 et 10-13). Sur les figures 11-13, on a considéré qu'un seul connecteur, noté 98(95) sur les figures 11 et 13, suffisait à maintenir entre eux les tronçons de gaine adjacents. Bien entendu, plusieurs connecteurs 95 peuvent être montés en parallèle si la charge et la configuration le requièrent.

[0068] Lorsque la gaine 50 atteint les câbles auxiliaires 24, ceux-ci pénètrent dans l'ouverture ménagée entre les deux tronçons de gaine adjacents 52 par les connecteurs 95. C'est ce que montrent les figures 5 et 14. À ce moment-là, il devient possible d'effectuer les opérations suivantes :

(i) enfiler une ou plusieurs armatures 70 dans le volume interne de la gaine 50 en faisant passer l'armature dans l'intervalle 42 entre les câbles auxiliaires 24, 26, c'est-à-dire dans la partie 56 du volume interne de la gaine située à gauche des câbles auxiliaires de droite 24. Par exemple, chaque armature 70 est hissée dans la gaine depuis le tablier 14 vers le pylône 20 à l'aide d'un treuil situé sur le pylône. Le hissage peut s'effectuer armature par armature ou petit groupe (par exemple de deux armatures 70) par petit groupe ;

(ii) attacher un ou plusieurs autres connecteurs 95 à des emplacements 98 non encore occupés des platines 96 situées de part de d'autre de l'ouverture entre les deux tronçons de gaine adjacents 52, en faisant aussi passer cet autre connecteur (connecteur noté 98(95) sur la figure 15) dans l'intervalle 42 entre les câbles auxiliaires 24, 26. Cet autre connecteur 95 forme un organe de jonction entre les deux tronçons de gaine adjacents 52 après franchissement des câbles auxiliaires 24. Il peut être du même type

que les connecteurs précédents ou d'un type différent.

- [0069] Les opérations (i) et (ii) précitées peuvent être effectuées l'une avant l'autre ou vice-versa. Elles le sont de façon commune, simultanément ou successivement, pour toutes les aiguilles 15 que traverse le hauban. Une fois que l'opération (ii) est effectuée pour une aiguille 15, le ou les connecteurs initiaux 95, qui maintenaient ensemble les tronçons 52 de la gaine 50 avant qu'elle atteigne les câbles auxiliaires 24 au niveau de cette aiguille 15, sont démontés. Une fois que l'opération (i) est effectuée pour toutes les aiguilles 15 et que la ou les armatures 70 ont été tendues suffisamment pour soutenir la gaine 50, le ou les câbles temporaires 54, qui soutenaient la gaine 50 avant qu'elle atteigne les câbles auxiliaires 24, sont enlevés de la partie 58 du volume interne de la gaine située à droite des câbles auxiliaires 24.
- [0070] Une fois que le ou les câbles temporaires 54 et le ou les connecteurs initiaux 95 sont retirés, les éléments de traction latérale 60 peuvent être utilisés pour achever le mouvement de translation et compléter le franchissement des câbles auxiliaires 24 par la gaine 50. Celle-ci peut alors se retrouver en position sensiblement centrale dans l'intervalle 42 entre les câbles auxiliaires 24, 26 comme le montrent les figures 6 et 16.
- [0071] D'autres armatures 70 peuvent alors être enfilées et mises en tension dans la gaine 50 jusqu'à atteindre le nombre d'armatures requis pour le hauban de remplacement 80 (figure 16). L'ensemble des armatures 70, tendues au fur et à mesure de leur enfilage, peut être réglé en tension suivant la valeur requise par la conception de l'ouvrage.
- [0072] Le câble de remplacement peut être considéré formé une fois ses armatures 70 tendues à l'effort requis et ancrées aux points d'ancrage 18.
- [0073] Après mise en tension et ancrage des armatures, le coupleur 90 est disposé autour des armatures 70 avec interposition des fourrures 91 (figures 8 et 9). Les fourrures 91 et la chemise 89 du coupleur 90 sont par exemple composées de plusieurs secteurs qu'on introduit sous les connecteurs 95 pour les assembler autour des armatures 70 puis qu'on serre au moyen de la chemise 89. Le serrage de la chemise 89 rassemble les armatures 70 en un faisceau compact au niveau de l'intervalle entre les deux tronçons de gaine adjacents 52A, 52B.
- [0074] Pour certaines distributions des efforts entre haubans 16 et aiguilles 15, il peut être nécessaire d'exercer un effort transversal sur le hauban de remplacement 80 pour régler la position relative de chaque chemise 89 et du collier d'interconnexion 30 correspondant, pour amener la chemise 89 dans celui-ci. Ce réglage peut être effectué en agissant sur les aiguilles 15 au niveau de leur ancrage inférieur (sur le tablier du pont par exemple), et/ou en agissant sur le hauban 80 au moyen d'éléments de traction transversale (sangles, élingues, etc.) ancrés à proximité de l'ancrage inférieur de l'aiguille 15. Lorsque la chemise 89 est en position dans le collier 30, le collier peut être serré autour de la chemise pour fixer le coupleur 90 à l'aiguille 15.

- [0075] Il reste alors à mettre l'extrémité inférieure du tronçon de gaine supérieur 52A en appui sur la butée 88 de la chemise 89, et à connecter les manchons 93 des coupleurs 90 à la chemise 89, après démontage des connecteurs 95 et des platines 96. Les manchons 93 des coupleurs 90 peuvent avoir été préinstallés autour des tronçons de gaine 52 pour être remontés par coulissement et connectés aux chemises 89 après mise en place de celles-ci.
- [0076] Le ou les écarteurs 55 peuvent ensuite être retirés des aiguilles 15.
- [0077] Les modes de réalisation décrits ci-dessus sont une simple illustration de la présente invention. Diverses modifications peuvent leur être apportées sans sortir du cadre qui ressort des revendications annexées.

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de maintenance d'un système de câbles porteurs, le système de câbles porteurs comprenant des câbles de structure, et des premier et second câbles auxiliaires (24, 26) interconnectant certains au moins des câbles de structure, les câbles de structure interconnectés s'étendant dans un intervalle (42) entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26), le procédé comprenant le remplacement d'un premier câble de structure (16), placé entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26) et ayant deux extrémités fixées en deux points d'ancrage (18), par un second câble (80), le remplacement comprenant :

- démonter le premier câble de structure (16) ;
- disposer au moins un câble temporaire (54) dans un volume interne d'une gaine tubulaire (50) comportant plusieurs tronçons (52) assemblés par des connecteurs (95) ;
- approcher la gaine (50) du premier câble auxiliaire (24), la gaine (50) étant soutenue par le câble temporaire (54) et s'étendant transversalement au premier câble auxiliaire (24) ;
- faire franchir le premier câble auxiliaire (24) par la gaine (50) pour amener la gaine (50) dans l'intervalle (42) entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26), le franchissement comprenant :
  - ◆ engager le premier câble auxiliaire (24) dans le volume interne de la gaine (50) au niveau d'un des connecteurs (95) ;
  - ◆ enfiler dans le volume interne de la gaine (50) au moins une armature (70) de façon que l'armature passe dans l'intervalle (42) entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26) ; et
  - ◆ enlever le câble temporaire (54), la gaine (50) étant soutenue par l'au moins une armature (70) ;
- enfiler et mettre en tension d'autres armatures (70) dans le volume interne de la gaine (50) ; et
- fixer les armatures (70) aux points d'ancrage (18) du premier câble de structure pour former le second câble de structure (80).

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel une ouverture est formée dans la gaine (50) au niveau d'un des connecteurs (95) situé entre deux tronçons adjacents (52A, 52B) afin que le volume interne de la gaine soit accessible pour y engager le premier câble auxiliaire (24), et dans lequel après avoir enfilé au moins une armature (70) dans le volume interne de la gaine (50), une jonction est effectuée entre les deux

tronçons par un organe de jonction (95) placé dans l'ouverture, l'au moins une armature enfilée (70) étant située entre le premier câble auxiliaire (24) et l'organe de jonction.

[Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel le remplacement comprend en outre :

- compacter les armatures (70) du second câble de structure (80) au niveau d'un intervalle entre deux tronçons adjacents (52A, 52B).

[Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel le remplacement comprend en outre :

- disposer un coupleur (90) autour des armatures compactées (70) du second câble de structure (80) ;

- fixer le coupleur (90) aux premier et second câbles auxiliaires (24, 26).

[Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel les deux tronçons adjacents comprennent un premier tronçon (52A) et un deuxième tronçon (52B) de part et d'autre du coupleur (90), et dans lequel le deuxième tronçon (52B) est relié au coupleur (90) lors du remplacement de manière à autoriser un coulisement entre le deuxième tronçon (52B) et le coupleur (90).

[Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, dans lequel le premier tronçon (52A) est situé au-dessus du deuxième tronçon (52B), et le remplacement comprend en outre :

- mettre une extrémité inférieure du premier tronçon (52A) en appui sur une butée (88) formée sur le coupleur (90) afin de soutenir le premier tronçon (52A) par le coupleur (90) fixé aux premier et second câbles auxiliaires (24, 26).

[Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel le remplacement comprend en outre :

- placer un manchon (93) solidaire du coupleur (90) autour d'une portion d'extrémité supérieure du deuxième tronçon (52B) de façon à avoir entre le manchon (93) et le deuxième tronçon (52B) un recouvrement longitudinal autorisant le coulisement entre le deuxième tronçon (52B) et le coupleur (90).

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel le remplacement comprend en outre positionner des fourrures (91) entre le coupleur (90) et les armatures compactées (70) du second câble de structure (80) pour permettre un serrage des armatures compactées (70) dans le coupleur (90).

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans lequel



démonter le premier câble de structure (16) comprend libérer le premier câble de structure (16) d'un collier (30) relié aux premier et second câbles auxiliaires (24, 26),

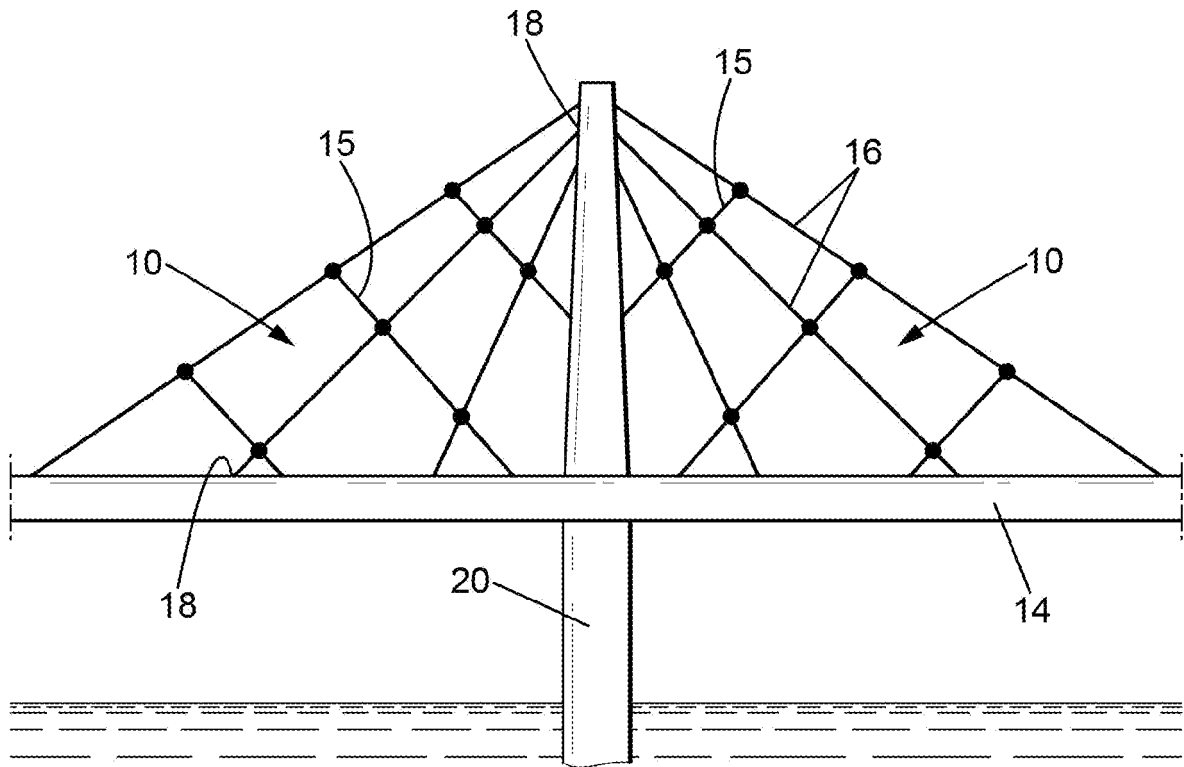
et dans lequel fixer le coupleur (90) aux premier et second câbles auxiliaires (24, 26) comprend insérer le coupleur (90) dans le collier (30) et serrer le collier (30) sur le coupleur (90) et les armatures compactées (70) du second câble de structure (80).

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel démonter le premier câble de structure (16) comprend écarter les premier et second câbles auxiliaires (24, 26).

[Revendication 11] Procédé selon la revendication 10, dans lequel écarter les premier et second câbles auxiliaires (24, 26) comprend positionner un écarteur (55) entre les premier et second câbles auxiliaires (24, 26), au-dessus du premier câble de structure (16).

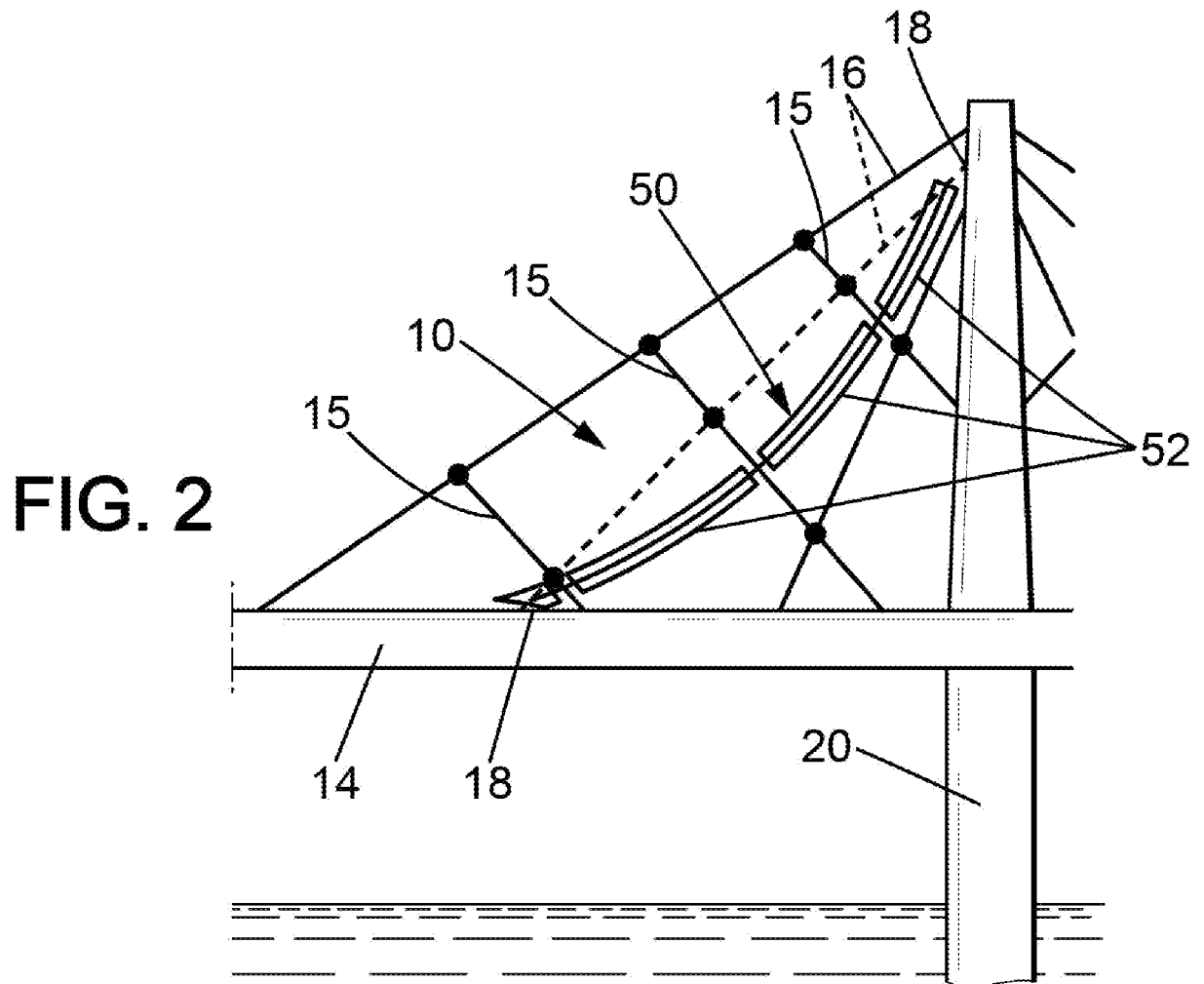
[Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel les premier et second câbles auxiliaires (24, 26) sont maintenus écartés au moins jusqu'à la formation du second câble de structure (80).

[Fig. 1]



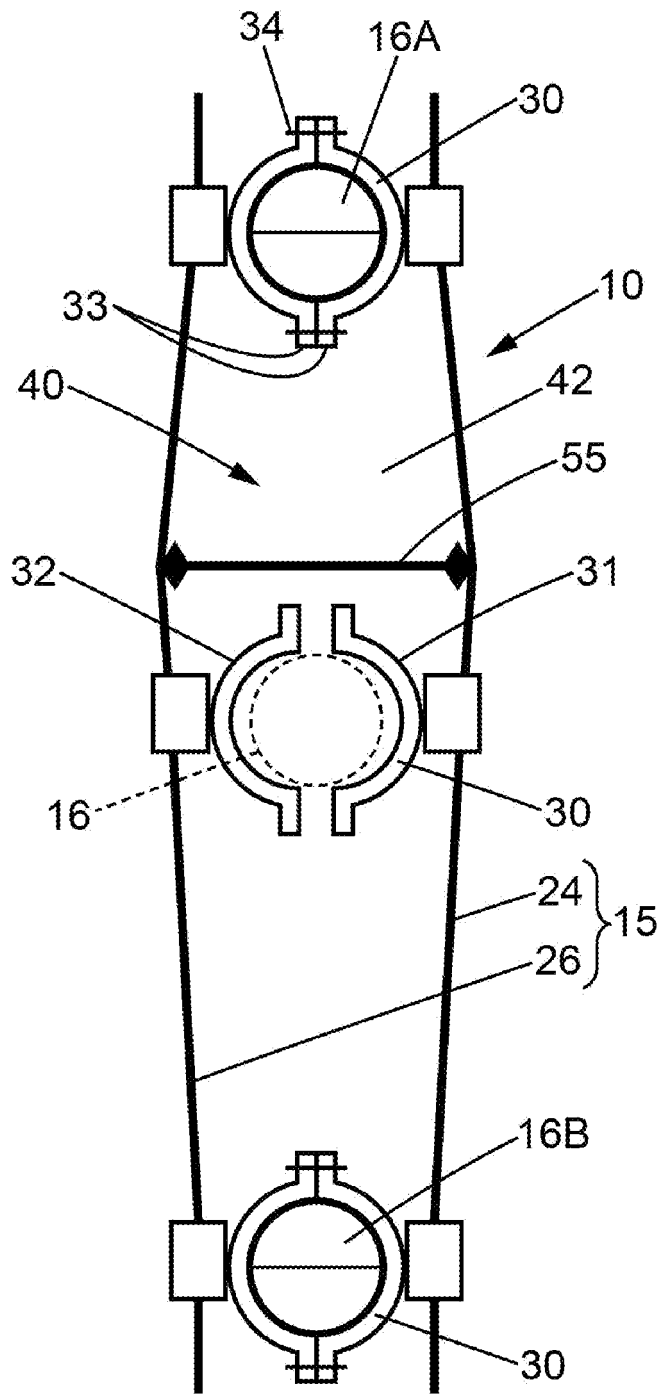
**FIG. 1**

[Fig. 2]

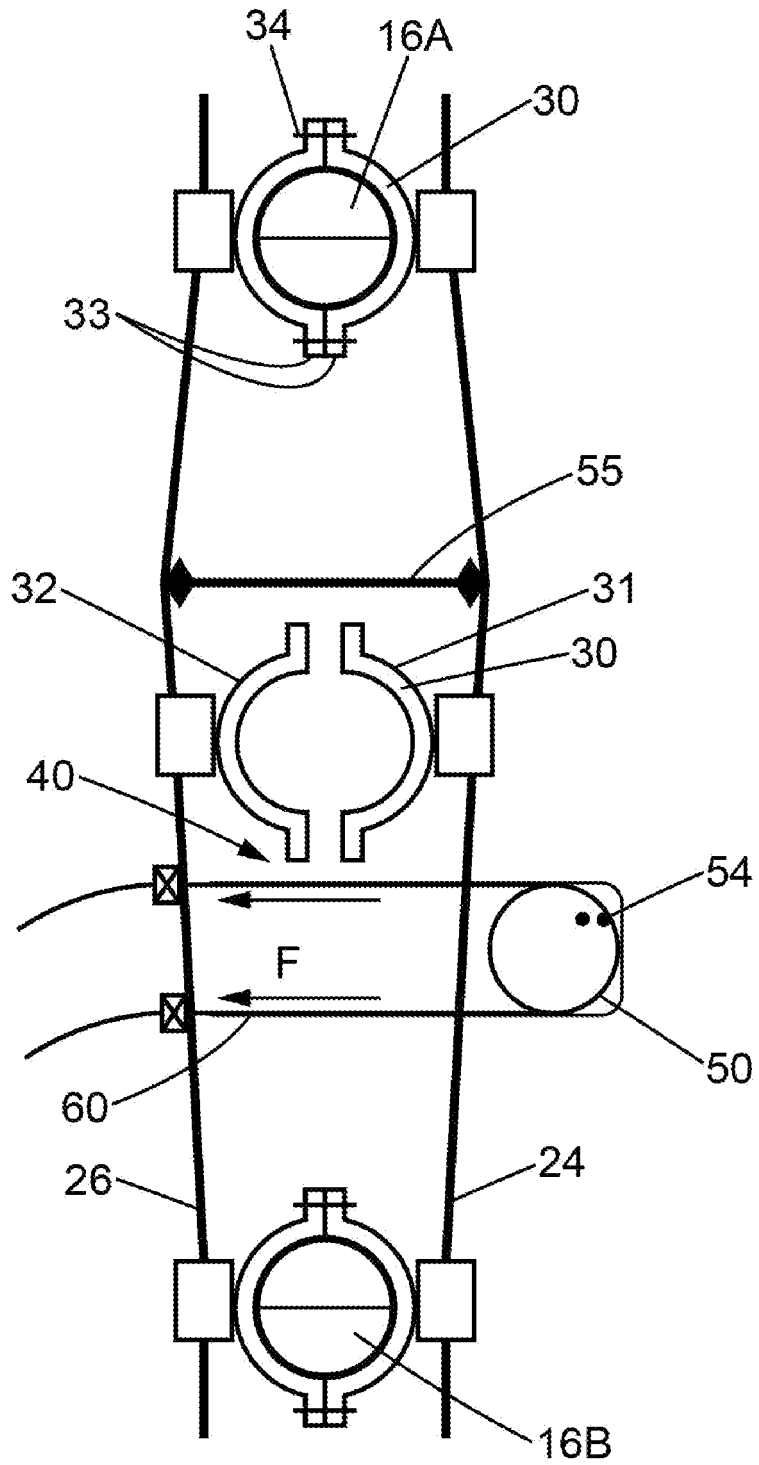


**FIG. 2**

[Fig. 3]

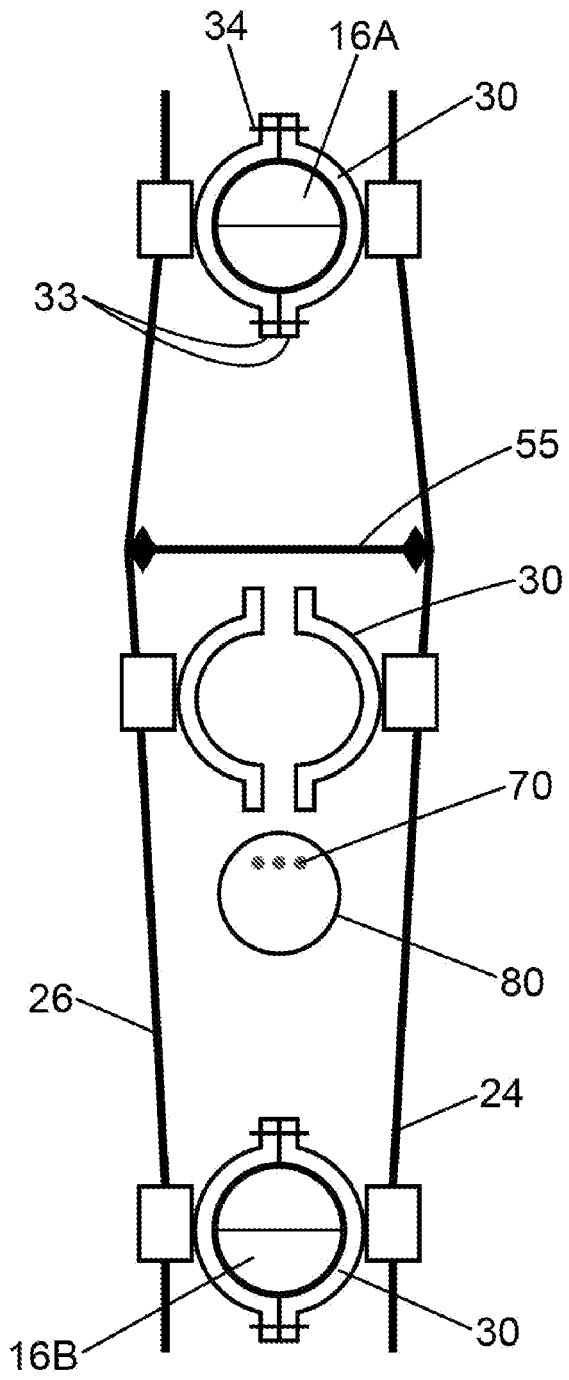
**FIG. 3**

[Fig. 4]

**FIG. 4**

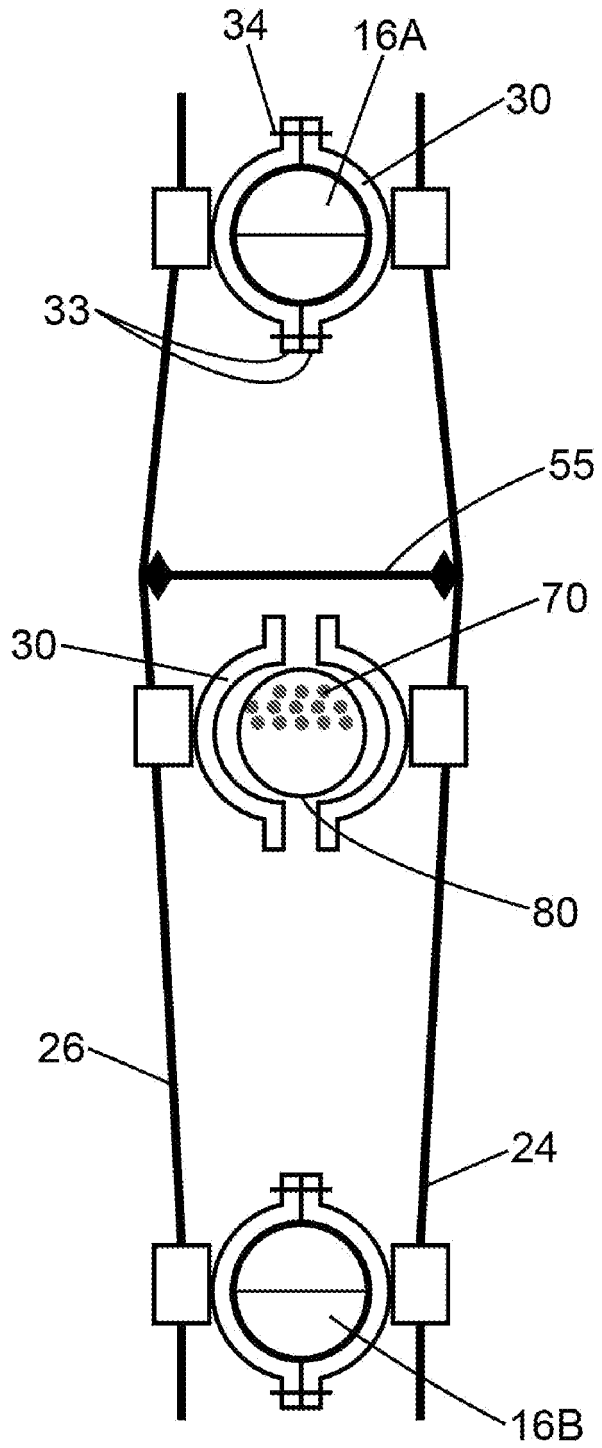


[Fig. 6]

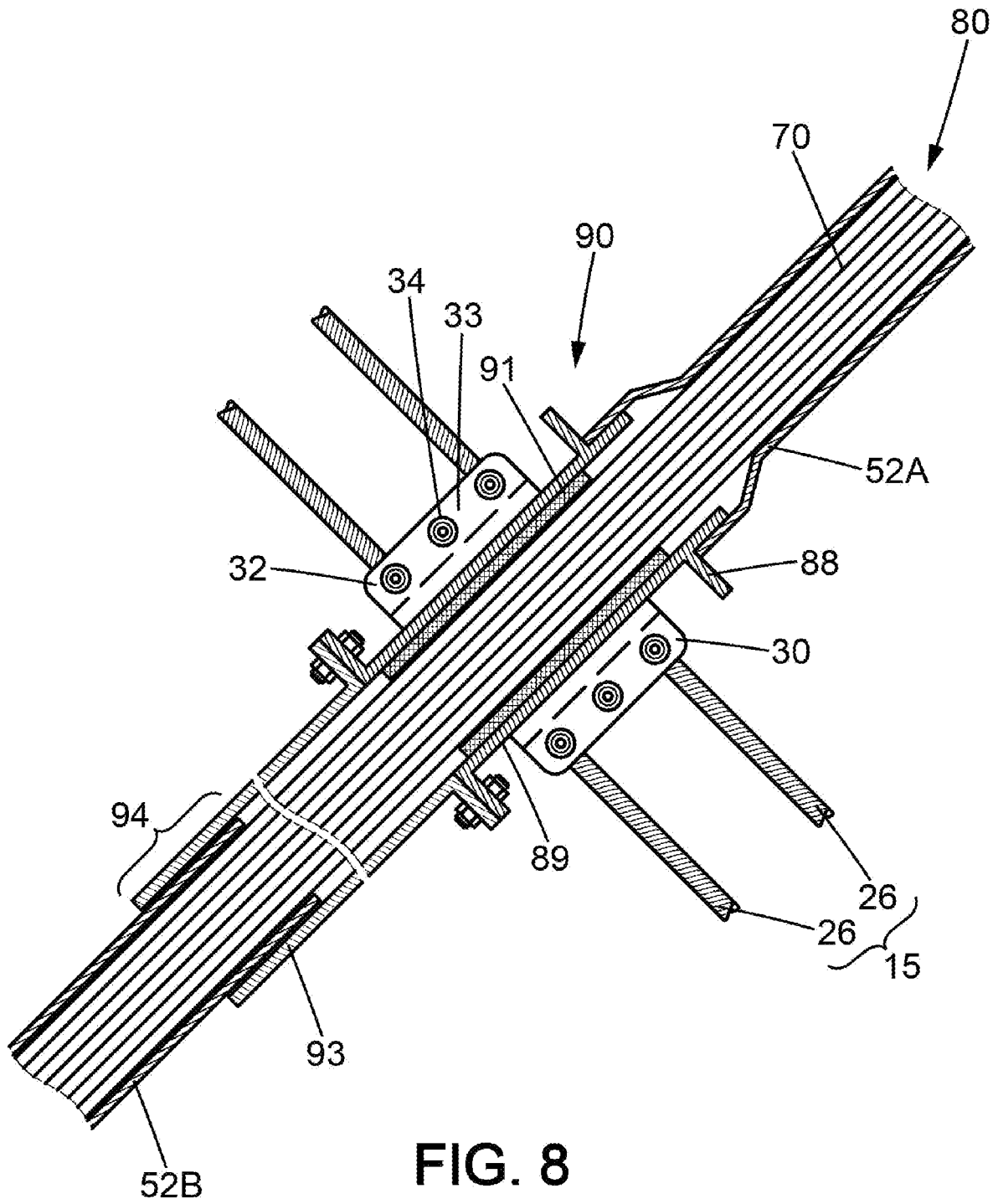


**FIG. 6**

[Fig. 7]

**FIG. 7**

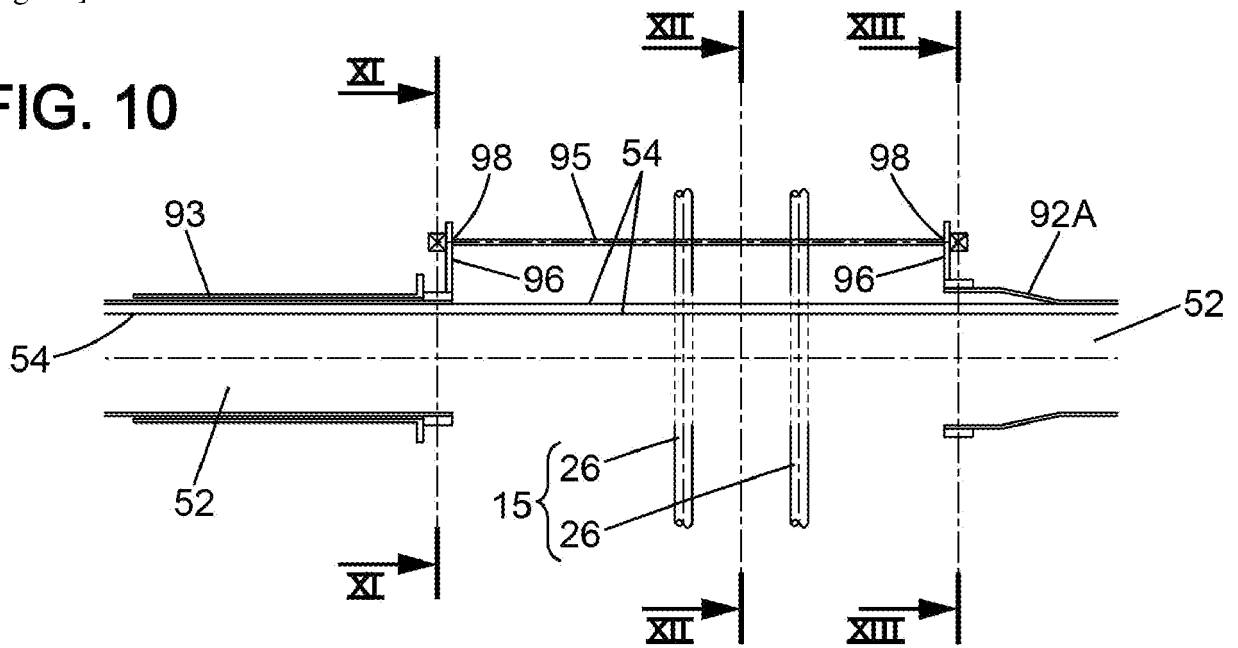
[Fig. 8]



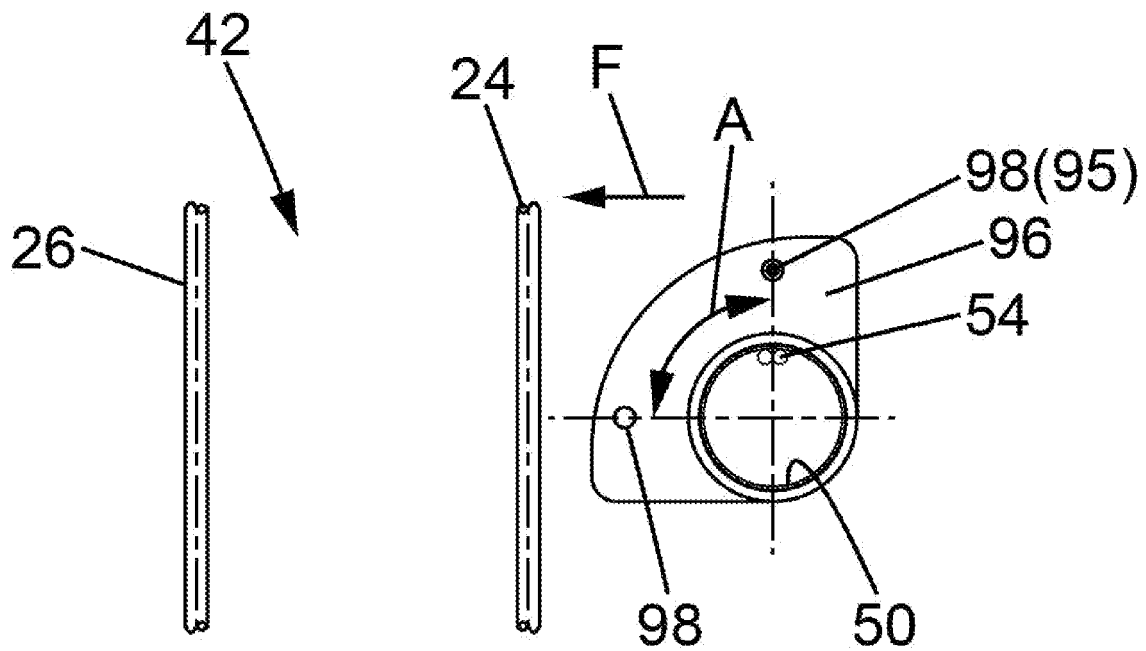




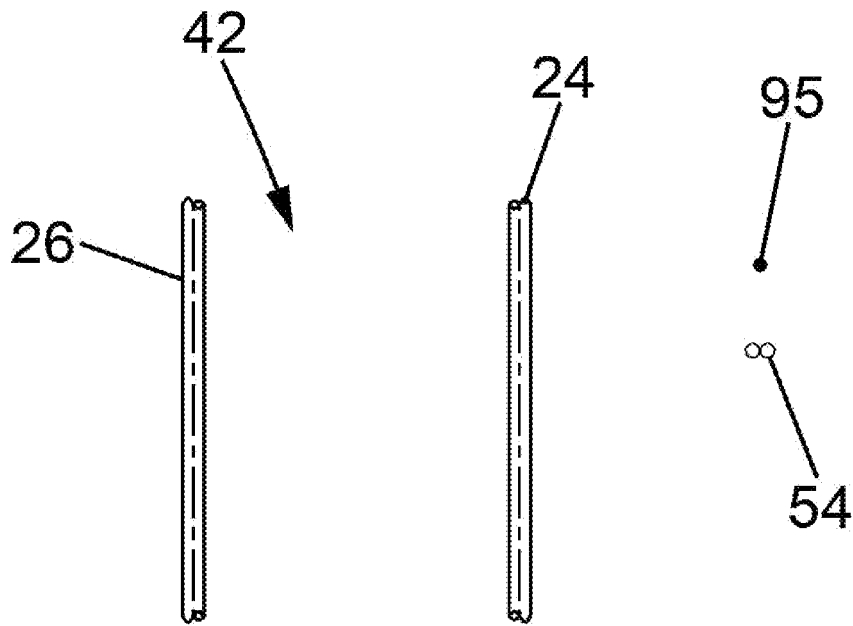
[Fig. 10]

**FIG. 10**

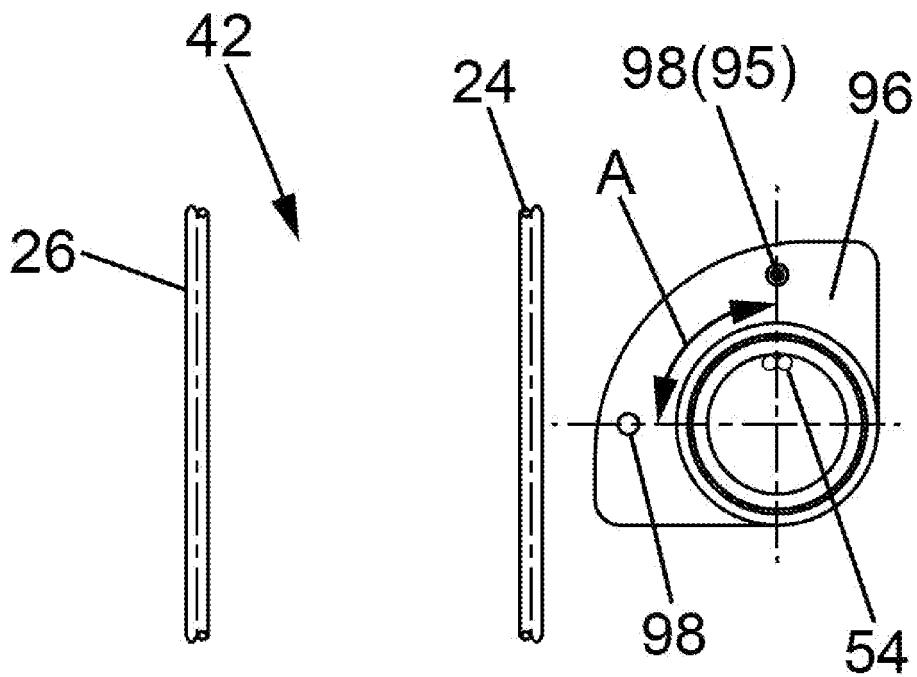
[Fig. 11]

**FIG. 11**

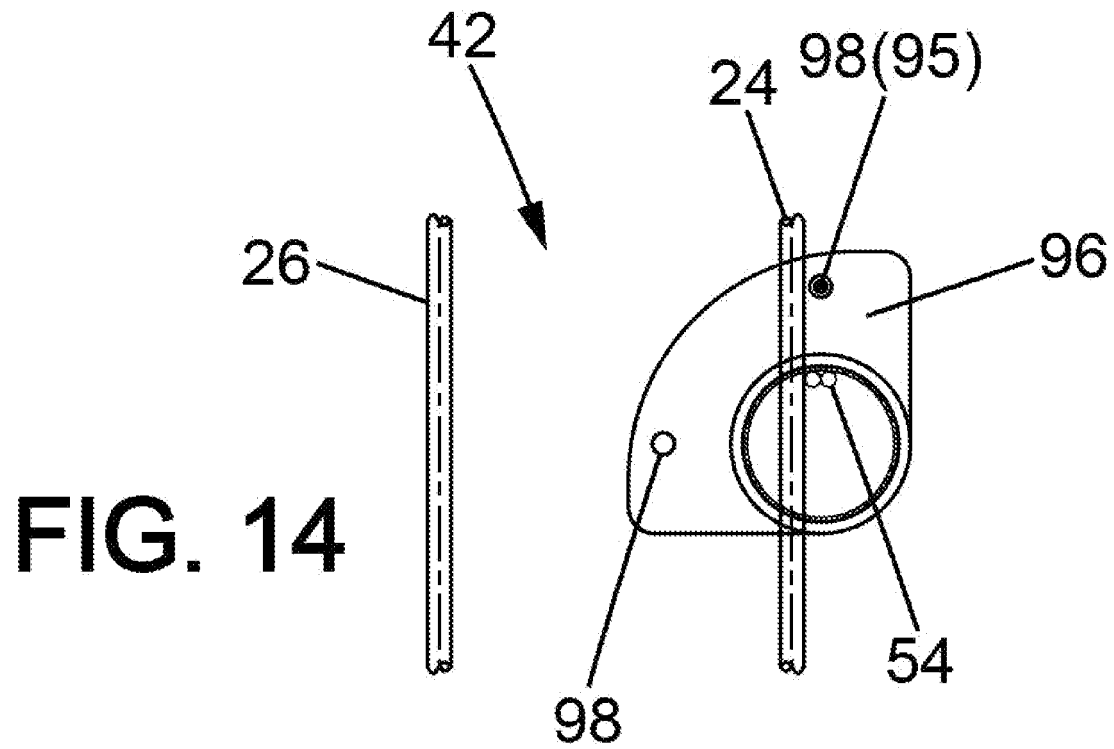
[Fig. 12]

**FIG. 12**

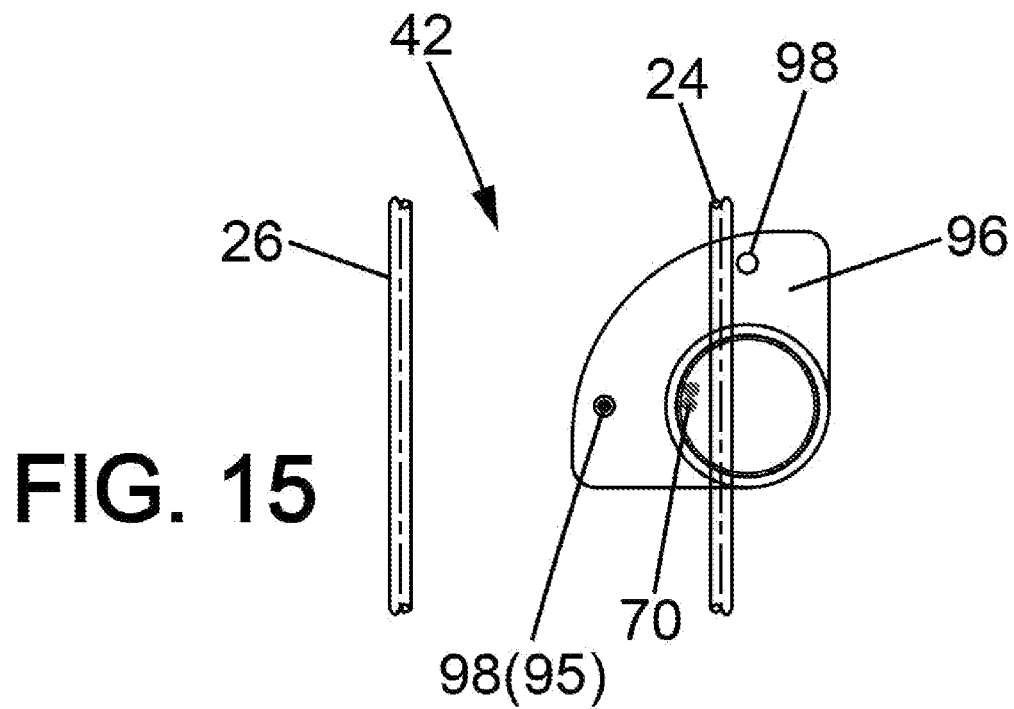
[Fig. 13]

**FIG. 13**

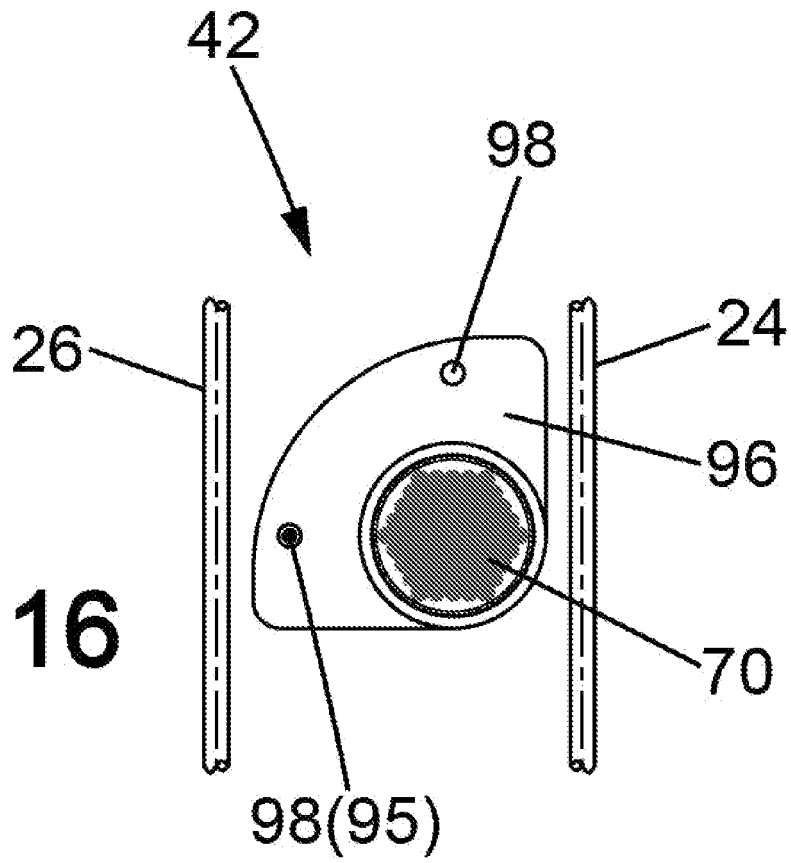
[Fig. 14]



[Fig. 15]



[Fig. 16]



**FIG. 16**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications  
 déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement  
nationalFA 881349  
FR 2000928

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 2 868 804 A1 (SOLETANCHE FREYSSINET [FR]) 6 mai 2015 (2015-05-06) * alinéas [0038] - [0052]; figures 1,9 * -----	1-12	E01D22/00 E01D11/04 E01D19/16
A	US 2015/052694 A1 (KAWABATA SATOSHI [JP] ET AL) 26 février 2015 (2015-02-26) * alinéas [0065] - [0077]; figures 6-8 * -----	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			E01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 décembre 2020		Saretta, Guido	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2000928 FA 881349**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-12-2020**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2868804	A1	06-05-2015	CN 104594181 A	06-05-2015
			DK 2868804 T3	28-09-2020
			EP 2868804 A1	06-05-2015
			FR 3012479 A1	01-05-2015
			HK 1205212 A1	11-12-2015
			JP 6503178 B2	17-04-2019
			JP 2015086694 A	07-05-2015
			KR 20150050510 A	08-05-2015
			RU 2014143967 A	27-05-2016
			US 2015113744 A1	30-04-2015
-----				
US 2015052694	A1	26-02-2015	JP 5572668 B2	13-08-2014
			JP 2013249678 A	12-12-2013
			US 2015052694 A1	26-02-2015
			WO 2013179549 A1	05-12-2013
-----				