

(19)



(11)

**EP 2 390 419 A2**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**30.11.2011 Bulletin 2011/48**

(51) Int Cl.:  
**E02D 3/08 (2006.01) E02D 5/48 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **11166557.6**

(22) Date de dépôt: **18.05.2011**

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

(72) Inventeurs:  
• **Cardona, Gérard**  
**92500, Rueil Malmaison (FR)**  
• **Bernasinski, Régis**  
**92500, Rueil Malmaison (FR)**

(30) Priorité: **27.05.2010 FR 1054090**

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

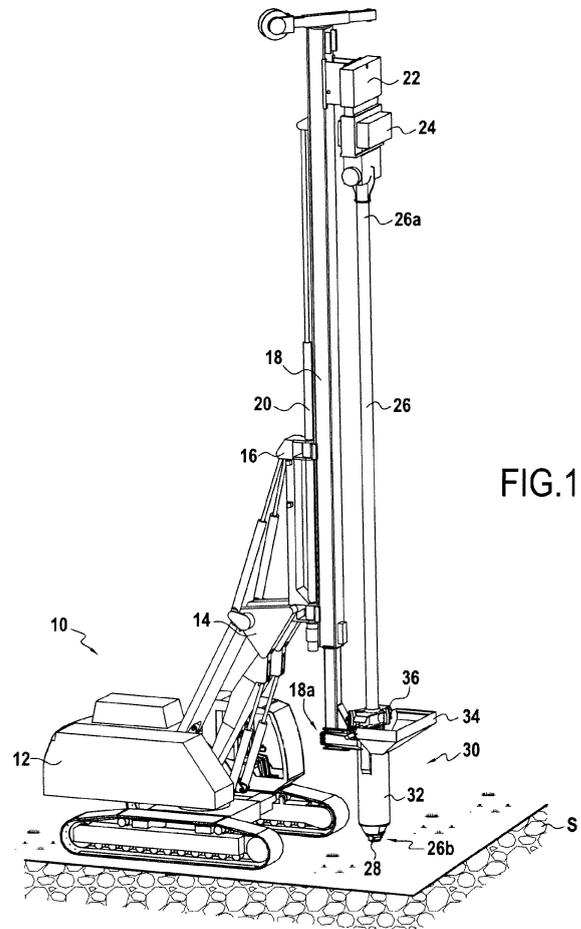
(71) Demandeur: **Soletanche Freyssinet**  
**92500 Rueil Malmaison (FR)**

(54) **Machine et procédé pour la réalisation de colonnes dans le sol**

(57) L'invention concerne une machine (10) pour la réalisation de colonnes dans un sol.

L'invention se caractérise par le fait que la machine comporte :

- un porteur (12) muni d'un mât (18) qui présente une direction longitudinale et une extrémité inférieure (18a) ;
- un chariot mobile (22) monté coulissant le long du mât
- un outil de perforation de sol (26) longitudinal fixé au chariot mobile, présentant une extrémité supérieure (26a,26b) reliée à des moyens d'alimentation en un premier matériau de construction, et une extrémité inférieure munie d'un orifice (28, 128) pour le refoulement du premier matériau de construction ;
- un réservoir (30, 130) destiné à recevoir un deuxième matériau de construction, ledit réservoir étant monté à l'extrémité inférieure du mât tout en s'étendant autour de l'outil de perforation de sorte que l'outil de perforation soit apte à coulisser au travers du réservoir, ledit réservoir présentant une extrémité inférieure (32a) munie d'une ouverture (33) pour déverser le deuxième matériau de construction ;
- des moyens pour introduire le réservoir (30) dans le sol (S).



**FIG.1**

**EP 2 390 419 A2**

## Description

### Arrière plan de l'invention

**[0001]** La présente invention concerne le domaine des techniques d'amélioration de sol et celui des fondations profondes.

**[0002]** De manière générale, les techniques d'amélioration de sol ont pour objectif de consolider des terrains présentant une structure hétérogène, notamment lorsqu'ils sont inconstructibles. Ces techniques permettent en outre de prévenir les risques sismiques.

**[0003]** Parmi ces techniques, il est connu de réaliser une ou plusieurs inclusions rigides dans le sol, par exemple sous la forme de colonnes. Ces inclusions sont réalisées pour améliorer la capacité portante du sol.

**[0004]** La présente invention concerne plus précisément une machine pour la réalisation de colonnes dans un sol, et un procédé utilisant ladite machine. On précise que ces colonnes peuvent également être des pieux de fondation.

**[0005]** La figure 3 du document EP 1 688 543 décrit une machine et un procédé pour réaliser une inclusion rigide présentant la forme d'une colonne. Ce procédé comporte deux phases. Dans un premier temps, on réalise la portion inférieure de la colonne à l'aide d'un outil de forage 23 muni d'une pompe à béton, cette portion inférieure présentant un diamètre constant sur toute sa hauteur. L'outil de forage est ensuite démonté puis remplacé par un autre outil, à savoir un vibreur. Après le changement d'outil, on réalise la portion supérieure de la colonne constituée de ballast.

**[0006]** Ce procédé permet de réaliser des colonnes de type mixte, c'est-à-dire constituées de deux matériaux différents.

**[0007]** Cependant, le démontage, le changement d'outillage et le remontage sont des étapes qui sont assez longues. Par suite, on comprend que la portion supérieure de la colonne ne peut pas être réalisée rapidement après la formation de la portion inférieure de la colonne.

**[0008]** Cette discontinuité temporelle dans la réalisation d'une colonne mixte présente plusieurs inconvénients. Tout d'abord, le ballast de la portion supérieure risque de mal s'associer avec le béton de la portion inférieure, créant ainsi une discontinuité dans la structure de la colonne, notamment à l'interface des deux matériaux. Par ailleurs, ce procédé est lent, complexe à mettre en oeuvre et surtout ne permet pas de maîtriser les caractéristiques géométriques de la colonne.

### Objet et résumé de l'invention

**[0009]** Un but de l'invention est de proposer une machine et un procédé de réalisation de colonnes dans un sol qui remédient aux inconvénients précités.

**[0010]** Ce but est atteint par le fait que la machine selon l'invention comporte :

- un porteur muni d'un mât qui présente une direction longitudinale et une extrémité inférieure ;
- un chariot mobile monté coulissant le long du mât ;
- un outil de perforation de sol longitudinal fixé au chariot mobile, présentant une extrémité supérieure reliée à des moyens d'alimentation en un premier matériau de construction, et une extrémité inférieure munie d'un orifice pour le refoulement du premier matériau de construction ;
- un réservoir destiné à recevoir un deuxième matériau de construction, ledit réservoir étant monté à l'extrémité inférieure du mât tout en s'étendant autour de l'outil de perforation de sorte que l'outil de perforation soit apte à coulisser au travers du réservoir, ledit réservoir présentant une extrémité inférieure munie d'une ouverture pour déverser le deuxième matériau de construction ;
- des moyens pour introduire le réservoir dans le sol.

**[0011]** Ainsi, la machine selon l'invention permet-elle de réaliser des colonnes mixtes avec un seul outillage et en une seule phase. Ces colonnes présentent au moins une portion supérieure et une portion inférieure.

**[0012]** On comprend par ailleurs que la portion inférieure de la colonne est réalisée grâce à l'outil de perforation, tandis que la portion supérieure de la colonne est réalisée grâce au réservoir qui est introduit dans le sol. Par suite, la forme géométrique de la portion supérieure de la colonne correspond à la forme géométrique du réservoir.

**[0013]** On comprend également que la portion supérieure de la colonne est constituée du deuxième matériau de construction, tandis que la portion inférieure est préférentiellement, mais pas nécessairement, constituée du premier matériau de construction.

**[0014]** Par rapport à l'art antérieur décrit ci-dessus, la machine selon l'invention présente l'intérêt de pouvoir réaliser des colonnes de manière simple et rapide, réduisant ainsi le coût de fabrication desdites colonnes.

**[0015]** Par ailleurs et surtout, les colonnes réalisées à l'aide de la machine selon l'invention présentent une meilleure continuité structurelle, notamment à l'interface entre les deux matériaux de construction. En effet, le deuxième matériau étant déversé plus rapidement dans le sol, les premier et deuxième matériaux ont le temps de se mélanger à l'interface, grâce à quoi on obtient une continuité structurelle entre les deux matériaux nettement améliorée.

**[0016]** On obtient ainsi facilement et rapidement des colonnes mixtes de meilleure qualité, présentant des caractéristiques géométriques et structurelles améliorées.

**[0017]** Le premier matériau de construction est préférentiellement du béton, tandis que le deuxième matériau est préférentiellement du ballast, à la suite de quoi la portion inférieure de la colonne est constituée de béton, tandis que la portion supérieure de la colonne est constituée de ballast.

**[0018]** De manière préférentielle, le réservoir présente

un diamètre supérieur à celui de l'outil de perforation de sol, grâce à quoi la portion supérieure de la colonne présente avantageusement un diamètre supérieur à celui de la portion inférieure de la colonne.

**[0019]** La machine selon l'invention permet donc de réaliser des colonnes mixtes, présentant un diamètre variable.

**[0020]** Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le porteur comporte en outre un mécanisme de déplacement pour déplacer le mât selon la direction longitudinale dudit mât, le réservoir étant fixé à l'extrémité inférieure du mât, et les moyens pour introduire le réservoir dans le sol comprenant ledit mécanisme de déplacement du mât.

**[0021]** Par conséquent, le réservoir est introduit dans le sol par une translation longitudinale du mât du porteur. Pour ce faire, le mât est préférentiellement déplacé verticalement vers le sol, par exemple par le biais d'un vérin monté entre le châssis du porteur et le mât.

**[0022]** Selon un deuxième mode de réalisation, le réservoir est monté coulissant le long de l'extrémité inférieure du mât, et les moyens pour introduire le réservoir dans le sol comprennent des moyens pour faire coulisser le réservoir le long de l'extrémité inférieure du mât. On comprend donc que le réservoir peut être descendu le long du mât de manière à être introduit dans le sol, et que le réservoir et le chariot peuvent coulisser le long du mât, indépendamment l'un de l'autre.

**[0023]** Pour chacun de ces deux modes de réalisation, selon une première variante de réalisation, l'outil de perforation est avantageusement une aiguille de vibrofonçage, et le chariot est équipé en outre d'un vibreur.

**[0024]** Dès lors, la perforation du sol est réalisée en enfonçant l'aiguille dans le sol tout en la faisant vibrer pour faciliter son enfoncement.

**[0025]** Par ailleurs, afin de faciliter l'introduction du réservoir dans le sol, la machine selon l'invention comporte en outre, de manière avantageuse, des moyens de solidarisation pour solidariser le réservoir avec l'outil de perforation. On comprend que lorsque le réservoir est solidarisé à l'aiguille, les vibrations générées par le vibreur du chariot sont transmises au réservoir. Le réservoir vibrant peut alors être plus facilement être introduit dans le sol, par déplacement du mât (premier mode de réalisation) ou par déplacement du réservoir le long du mât (deuxième mode de réalisation).

**[0026]** De préférence, les moyens de solidarisation comportent au moins un vérin fixé au réservoir tout en étant arrangé pour exercer une pression transversale sur l'outil de perforation. Les moyens de solidarisation comprennent de préférence au moins une mâchoire qui est apte à venir enserrer l'outil de perforation.

**[0027]** Dans chacun des deux modes de réalisation précédents, selon une deuxième variante, l'extrémité inférieure de l'outil de perforation porte un outil de coupe, et le chariot comporte en outre des moyens pour entraîner en rotation l'outil de perforation, par exemple un moteur. On comprend donc que la perforation est ici réalisée

en entraînant l'outil de perforation en rotation autour de son axe.

**[0028]** Dans cette deuxième variante, le réservoir est préférentiellement muni d'un vibreur ou bien d'un oscillateur qui peut être activé de manière à faciliter l'introduction du réservoir dans le sol.

**[0029]** Par ailleurs et de manière avantageuse, le réservoir présente un corps cylindrique qui est coaxial à l'outil de perforation, tandis que son extrémité inférieure présente une forme tronconique. Cette forme en ogive permet de faciliter l'introduction du réservoir dans le sol. On peut néanmoins prévoir d'autres formes en fonction de la géométrie de la colonne que l'on souhaite obtenir.

**[0030]** Pour contrôler l'évacuation du deuxième matériau de construction dans le sol, le réservoir présente avantageusement un clapet commandable permettant d'obturer l'ouverture du réservoir.

**[0031]** De préférence, le clapet est monté à l'extrémité d'un tube rotatif dans lequel l'outil de perforation peut coulisser. Ce tube rotatif constitue par ailleurs une chemise interne du réservoir. De préférence, une rotation du tube rotatif d'un quart de tour permet de faire passer l'ouverture du réservoir d'une position fermée à une position ouverte, et réciproquement, le pivotement du tube rotatif étant opéré grâce à un dispositif de pivotement.

**[0032]** Pour déverser le premier matériau de construction dans le sol, l'outil de perforation de la machine selon l'invention est, de préférence, également pourvu d'un obturateur apte à obturer l'orifice, ledit obturateur étant arrangé de telle manière qu'il obture l'orifice lorsque l'extrémité inférieure de l'outil de perforation vient au contact de l'extrémité inférieure du réservoir.

**[0033]** L'obturateur selon l'invention permet notamment de fermer l'extrémité de l'outil de perforation, et donc stopper le déversement du premier matériau de construction dans le sol, après que la portion inférieure de la colonne a été moulée.

**[0034]** La présente invention porte également sur un procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon l'invention, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, le procédé comportant les étapes suivantes, ces dernières pouvant être réalisées plusieurs fois, et dans un ordre différent de celui indiqué ci-dessous:

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée;
- on introduit le réservoir dans le sol;
- on remonte l'outil de perforation, tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne ;
- on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;
- on remonte le réservoir tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol via l'ouverture, de manière à former la portion supérieure de

la colonne.

**[0035]** Ce procédé permet d'obtenir une colonne mixte. Il peut être mis en oeuvre avec l'une ou l'autre des première et deuxième variantes des premier et second modes de réalisation de la machine selon l'invention.

**[0036]** En particulier, la mise en oeuvre de ce procédé permet d'obtenir une colonne mixte dont la portion supérieure présente un diamètre supérieure à celui de la portion inférieure, lorsque le diamètre du réservoir est supérieur à celui de l'outil de perforation.

**[0037]** On précise que le remplissage du réservoir peut également être réalisé avant son introduction dans le sol ou juste après.

**[0038]** L'invention porte également sur un procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon le premier mode de réalisation de l'invention, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant vibrer l'outil de perforation ; puis
- on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on descend, selon une première longueur, l'ensemble constitué du réservoir et de l'outil de perforation tout en faisant vibrer cet ensemble, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;
- on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on remonte l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne ;
- on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;
- on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on remonte l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol de manière à former la portion supérieure de la colonne.

**[0039]** Là encore, le remplissage du réservoir peut avoir lieu avant l'introduction du réservoir dans le sol ou juste après.

**[0040]** Selon une variante du procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon le premier mode de réalisation de l'invention, on réalise les étapes suivantes afin d'obtenir une colonne constituée d'une portion inférieure, d'une portion médiane et d'une portion supérieure :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant vibrer l'outil de perforation ;
- on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on descend, selon une première longueur, l'ensemble constitué du réservoir et de l'outil de perforation

tout en faisant vibrer cet ensemble, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;

- on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on remonte partiellement l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation, de manière à former la portion inférieure de la colonne ;
- on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;
- on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on remonte légèrement l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation ;
- on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on remonte complètement l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion médiane de la colonne ;
- on remonte l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol afin de former la portion supérieure de la colonne.

**[0041]** Ici encore, le remplissage du réservoir peut avoir lieu avant l'introduction du réservoir dans le sol ou juste après.

**[0042]** Un autre objet de l'invention concerne un procédé de réalisation d'une colonne dont les portions inférieure et supérieure sont constituées par du premier matériau de construction, ce procédé étant mis en oeuvre à l'aide d'une machine selon le premier mode de réalisation de l'invention et comportant les étapes suivantes :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant vibrer l'outil de perforation ; puis
- on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on descend, selon une première longueur, l'ensemble constitué du réservoir et de l'outil de perforation tout en faisant vibrer cet ensemble, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;
- on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
- on remonte partiellement l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne
- on remonte l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion supérieure de la colonne.

**[0043]** La colonne obtenue est donc constituée du premier matériau de construction. De préférence, le diamètre du réservoir est supérieur à celui de l'outil de perforation de sorte que la colonne obtenue présente un dia-

mètre non constant.

**[0044]** L'invention porte également sur un procédé de réalisation d'une colonne mixte dans un sol à l'aide d'une machine selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant tourner l'outil de perforation autour de son axe ; puis
- on descend le réservoir tout en faisant vibrer ledit réservoir, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;
- on remonte l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne ;
- on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;
- on remonte le réservoir tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol de manière à former la portion supérieure de la colonne.

**[0045]** Ici aussi, le remplissage du réservoir peut également avoir lieu avant son introduction dans le sol ou juste après.

**[0046]** Par ailleurs, la descente du réservoir peut avoir lieu en descendant le mât ou en déplaçant le réservoir le long du mât.

**[0047]** En outre, dans les procédés définis ci-dessus, on réalise de préférence une étape lors de laquelle on opère un déplacement alterné du réservoir et/ou de l'outil de perforation, lors de la remontée du réservoir et/ou de l'outil de perforation, de manière à compacter le deuxième matériau.

#### Brève description des dessins

**[0048]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure **1** représente une machine pour la réalisation de colonnes dans un sol selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure **2A** est une vue de détail de la figure **1** montrant l'extrémité inférieure du mât portant le réservoir ;
- la figure **2B** est une vue en coupe de la figure **2A** ;
- la figure **3** illustre de manière schématique les moyens de solidarisation pour solidariser le réservoir et l'outil de perforation ;
- la figure **4** est vue en perspective du réservoir de la figure **2B**, montrant l'extrémité inférieure de l'outil de perforation et le tube rotatif déposé à l'intérieur du

corps ;

- les figures **5A** et **5B** illustrent le principe de fonctionnement de l'obturateur disposé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation ;
- la figure **6** illustre les différentes étapes du procédé de réalisation d'une colonne, à l'aide de la machine de la figure **1** ;
- les figures **7A** à **7D** montrent différentes colonnes pouvant être réalisées grâce à la machine selon l'invention ;
- la figure **8** illustre une machine pour la réalisation de colonnes selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure **9** illustre les différentes étapes du procédé de réalisation d'une colonne à l'aide de la machine de la figure **8**.

#### Description détaillée de l'invention

**[0049]** Sur la figure **1** on a représenté machine **10** pour la réalisation de colonnes dans un sol **S** selon un premier mode de réalisation de l'invention.

**[0050]** Cette machine **10** comporte un porteur à chenilles **12** qui est équipé d'un bras articulé **14**. Ce bras articulé **14** comprend un organe de maintien **16** prévu pour maintenir un mât **18** qui s'étend selon une direction longitudinale. Plus précisément, le mât **18** peut coulisser, selon sa direction longitudinale, par rapport à l'organe de maintien **16**. A cet effet, il est prévu un mécanisme de déplacement, en l'espèce un vérin **20** fixé à l'organe de maintien **16** d'une part, et au mât **18** d'autre part, permettant de déplacer le mât selon sa direction longitudinale. Dans l'exemple de la figure **1**, le vérin **20** permet de déplacer le mât selon une direction sensiblement verticale.

**[0051]** Par ailleurs, un chariot mobile **22** est monté coulisant le long du mât **18**. Ce chariot mobile **22** peut être déplacé le long du mât **18** par des moyens connus par ailleurs et non représentés ici.

**[0052]** Le chariot **22** comporte en outre un vibreur **24** relié à l'extrémité supérieure **26a** d'un outil de perforation de sol longitudinal **26**. Dans cet exemple, l'outil de perforation de sol **26** est une aiguille de vibrofonçage. Comme on le voit sur la figure **1**, l'aiguille de vibrofonçage **26** s'étend selon une direction parallèle au mât **18**. On comprend donc que le vibreur **24** est prévu pour faire faire vibrer l'aiguille de vibrofonçage **26**.

**[0053]** L'extrémité supérieure **26a** de l'aiguille de vibrofonçage **26** est reliée à des moyens d'alimentation (non représentés ici) en un premier matériau de construction, en l'espèce du béton.

**[0054]** L'extrémité inférieure **26b** de l'aiguille de vibrofonçage **26** est quant à elle munie d'un orifice **28** pour le refoulement du premier matériau de construction dans le sol **S**.

**[0055]** Selon l'invention, la machine **10** comporte en outre un réservoir **30** qui est fixé solidairement à l'extrémité inférieure **18a** du mât **18**. Ce réservoir **30** comporte

un corps **32** présentant la forme générale d'un cylindre, tandis que l'extrémité inférieure **32a** du corps **32** présente une forme tronconique. L'extrémité inférieure **32a** du corps présente en l'espèce une ouverture **33** permettant de vider le réservoir **30**. On constate également que le diamètre du corps **32** du réservoir **30** est supérieur à celui de l'aiguille de vibrofonçage. A titre d'exemple non limitatif, l'aiguille de vibrofonçage présente un diamètre de 270 mm, tandis que le réservoir présente un diamètre de 700 mm et une hauteur comprise entre 1 et 10 m.

[0056] L'extrémité supérieure du réservoir présente une portion formant entonnoir **34** qui permet de faciliter le remplissage du réservoir **30** ; avec un deuxième matériau de construction, en l'espèce du ballast.

[0057] Comme on le voit mieux sur les figures **2A** et **2B**, le réservoir **30** et l'aiguille de vibrofonçage sont coaxiaux, le réservoir **30** s'étendant autour de l'aiguille de vibrofonçage. Plus précisément, l'aiguille de vibrofonçage peut coulisser axialement au travers du réservoir **30** lors du déplacement du chariot mobile **22** le long du mât.

[0058] On comprend donc que lorsque le chariot **22** est amené vers l'extrémité inférieure du mât, l'aiguille de perforation pénètre dans le sol tout en coulisant dans le réservoir **30**.

[0059] La machine **10** est également équipée de moyens de solidarisation **36** pour permettre la solidarisation du réservoir **30** avec l'aiguille de vibrofonçage **26**. Ces moyens de solidarisation, dont le principe de fonctionnement se comprend mieux à l'aide de la figure **3**, comprennent en l'espèce une paire de mâchoires **38** actionnés par des vérins **40** orientés transversalement par rapport à la direction longitudinale de l'aiguille de vibrofonçage. Ces moyens de solidarisation **36** sont préférentiellement disposés au dessus du réservoir **30**.

[0060] Lorsque les vérins **40** sont actionnés, les mâchoires **38** viennent enserrer l'aiguille de vibrofonçage de sorte que cette dernière ne peut plus se déplacer par rapport au réservoir **30**. Par suite, les vibrations générées par le vibreur **24** du chariot **22** sont avantageusement transmises au réservoir **30** par le biais des moyens de solidarisation. De ce fait, le réservoir peut être vibro-foncé dans le sol **S**.

[0061] En se référant maintenant à la figure **4**, on constate que la machine **10** comporte en outre un tube rotatif **42** disposé à l'intérieur du corps cylindrique **32** du réservoir **30**. L'aiguille de vibrofonçage et le tube rotatif **42** sont coaxiaux.

[0062] De plus, le tube rotatif **42** présente un diamètre légèrement supérieur à celui de l'aiguille de vibrofonçage **26** de sorte que cette dernière peut coulisser à l'intérieur du tube rotatif **42**. On précise que le tube rotatif **42** est monté pivotant à une platine **44**, laquelle platine est solidaire du réservoir **30**. En l'espèce, cette platine **44** porte les moyens de solidarisation **36** et est fixé à l'extrémité inférieure du mât **18**. Le tube rotatif **42** s'étend jusqu'à l'extrémité inférieure du corps cylindrique **32**.

[0063] Par ailleurs, l'extrémité inférieure du tube rotatif

comporte un clapet **46** présentant la forme d'une plaque incurvée dont les dimensions sont adaptées pour pouvoir recouvrir l'ouverture **33** du réservoir. Autrement dit, le clapet **46** est destiné à boucher l'ouverture **33**.

5 [0064] La machine **10** comporte en outre un vérin **48**, fixé au réservoir, permettant de faire pivoter le tube rotatif **42** autour de son axe, de préférence d'un quart de tour.

[0065] Ainsi, l'actionnement du vérin **48** permet de commander l'ouverture et la fermeture du clapet **46**, et donc l'ouverture et la fermeture du réservoir **30**.

10 [0066] En se référant encore à la figure **4**, on comprend que le volume du réservoir s'étend radialement entre le tube rotatif **42** et le corps **32**. En d'autres termes, le tube rotatif constitue avantageusement la chemise interne du réservoir.

15 [0067] A l'aide des figures **5A** et **5B**, on va maintenant expliquer le principe de fermeture de l'orifice **28** qui est disposé à l'extrémité inférieure **26** de l'aiguille de vibrofonçage **26**.

20 [0068] Comme on l'a mentionné ci-dessus, le béton est destiné à s'écouler au travers de l'orifice **28**, cet écoulement étant ici symbolisé par la flèche **F**.

[0069] Comme on l'explique plus en détail ci-après, le pompage du béton est effectué lors de la remontée de

25 l'aiguille de vibrofonçage **26**.  
[0070] On souhaite néanmoins que le pompage de béton s'arrête lorsque l'extrémité inférieure **26b** de l'aiguille de vibrofonçage **26** vient au contact de l'extrémité inférieure **32a** du corps du réservoir **30**.

30 [0071] Pour ce faire, un obturateur **50** est monté pivotant à l'extrémité inférieure de l'aiguille de vibrofonçage, autour d'un axe de rotation **52**. Plus précisément, l'obturateur **50** est fixé à une came **54** présentant une surface de butée **56**. Cette came **54** est montée en liaison pivot par rapport à l'axe **52**. Par ailleurs, l'extrémité inférieure **32a** du corps cylindrique **32** comporte un doigt **58** faisant axialement saillie vers la surface de butée **56**.

35 [0072] Dès lors, on comprend à l'aide des figures **5A** et **5B** que lorsque l'aiguille de vibrofonçage est remontée à proximité du réservoir, la surface de butée **56** vient au contact du doigt **58**, ce qui provoque la rotation de la came **56** et donc de l'obturateur **50** à la suite de quoi ce dernier vient obturer l'orifice **28**. Ainsi, l'écoulement de béton est stoppé.

40 [0073] De préférence, l'extrémité inférieure **26b** de l'aiguille de vibrofonçage porte une butée **60** permettant de bloquer la remontée de ladite aiguille lorsque l'extrémité de cette dernière arrive au contact de l'extrémité inférieure du corps **32** du réservoir **30**.

45 [0074] A l'aide de la figure **6**, on va maintenant décrire un exemple du procédé de réalisation d'une colonne **C** dans un sol **S** selon l'invention à l'aide de la machine **10** que l'on vient de décrire.

[0075] A l'étape (1), le mât est en position haute et le chariot **22** est positionné en haut du mât **18**, de sorte que le réservoir **30** et l'aiguille de vibrofonçage **26** sont disposés hors du sol.

50 [0076] A l'étape (2), le vibreur **24** est actionné et le

chariot **22** est amené à l'extrémité inférieure du mât **18** de sorte que l'aiguille de vibrofonçage pénètre dans le sol **S** sur une profondeur prédéterminée **P**. Au cours de cette étape, le réservoir n'est pas solidarisé avec l'aiguille de vibrofonçage **26**.

[0077] A l'étape (3), on solidarise le réservoir **30** avec l'aiguille de vibrofonçage afin de faire vibrer l'aiguille et le réservoir. On actionne le vérin **20** de manière à descendre le mât **18** verticalement, ce qui entraîne l'introduction du réservoir **30** dans le sol **S** sur une profondeur **L**, d'une part, et le déplacement de l'aiguille de perforation jusqu'à une profondeur  $P' = P + L$ , d'autre part.

[0078] A l'étape (4), on désolidarise le réservoir **30** de l'aiguille de vibrofonçage **26**, puis on amène le chariot **22** vers l'extrémité supérieure du mât **18** de manière à remonter l'aiguille de vibrofonçage **26**. Pendant la remontée de l'aiguille, l'obturateur **50** est ouvert et l'on pompe du béton dans le sol au travers de l'orifice **28**, grâce à quoi on forme la portion inférieure de colonne **C1**. Dans cette étape, le réservoir **30** est donc maintenu enfoncé dans le sol sur la profondeur **L**. Comme on l'a vu précédemment, l'obturateur **28** se referme lorsque l'aiguille est remontée. A la fin de cette étape, on remplit le réservoir avec du ballast **B**.

[0079] A l'étape (5), on fait pivoter le tube rotatif de manière à ouvrir le clapet **46**, puis on remonte le mât **18** de manière à remonter le réservoir **30**. Au cours de cette étape, le ballast **B** est déversé dans le sol (au travers de l'ouverture **33** au dessus de la portion de colonne inférieure **C1**, de manière à former la portion de colonne supérieure **C2**.

[0080] Ainsi, à l'issue de l'étape (5), on obtient la colonne mixte **C**, constituée d'une portion inférieure **C1** en béton, et d'une portion supérieure **C2** en ballast.

[0081] Cette colonne est mieux visible sur la figure **7A**.

[0082] Entre les portions supérieure et inférieure, il existe une interface **I** où le ballast a pu se mélanger avec le béton avant le durcissement de ce dernier, grâce à la rapidité d'exécution du procédé selon l'invention.

[0083] Cette interface **I**, constituée d'un mélange béton/ballast assure la continuité structurelle de la colonne **C**, grâce à quoi on obtient une colonne présentant une résistance mécanique améliorée.

[0084] Sur les figures **7B** à **7D**, on a représenté d'autres types de colonnes que l'on peut obtenir à l'aide de la machine selon l'invention.

[0085] Les colonnes **C'** et **C''** des figures **7B** et **7C** sont réalisées en réalisant les étapes (1) à (3) précités. Puis on réalise une étape (4') au cours de laquelle on remonte partiellement l'aiguille de vibrofonçage tout en pompant du béton dans le sol de manière à former les portions inférieures **C'1** et **C''1**. A ce stade, l'obturateur est en position ouverte.

[0086] Au cours d'une étape (5'), on solidarise le réservoir **30** et l'aiguille de vibrofonçage **26**, on remonte légèrement l'ensemble formé du réservoir et de l'aiguille, en l'espèce en remontant légèrement le mât **18**. Puis, on désolidarise le réservoir **30** et l'aiguille **26**.

[0087] Au cours d'une étape (6'), on remonte complètement l'aiguille de vibrofonçage tout en pompant du béton dans le sol de manière à former les portions médianes **C'3** et **C''3** des colonnes **C'** et **C''**. A l'issue de cette étape (6'), l'obturateur **50** est en position fermée et obture l'orifice **28**.

[0088] En suite, au cours d'une étape (7'), le réservoir ayant été préalablement rempli avec du ballast, on ouvre le clapet **46** et on remonte complètement le mât tout en déversant le ballast dans le sol afin de former les portions supérieures de colonne **C'2** et **C''2**.

[0089] Ainsi, on obtient les colonnes mixtes **C'** et **C''** représentées sur les figures **7B** et **7C**. On précise que pour obtenir la colonne **C''** de la figure **7C**, on remonte davantage l'ensemble formé du réservoir et de l'aiguille au cours de l'étape (5'), qu'il n'est remonté pour la réalisation de la colonne de la figure **7B**.

[0090] Comme on le comprend à l'aide des figures **7B** et **7C**, l'interface **I'**, **I''** entre le béton et le ballast présente une géométrie tronconique qui permet encore d'améliorer la continuité structurelle entre le ballast et le béton.

[0091] La machine **10** selon l'invention permet également de réaliser des colonnes **C'''** mono matière telle que celle représentée sur la figure **7D**. Pour ce faire, on met en oeuvre les étapes (1) à (3) de la figure 6. On réalise ensuite une étape (4'') au cours de laquelle on remonte partiellement l'aiguille de vibrofonçage **26** tout en pompant du béton dans le sol de manière à former la portion inférieure **C'''1**.

[0092] Puis, au cours d'une étape (5''), on remonte complètement l'ensemble formé du réservoir **30** et de l'aiguille de vibrofonçage **26**, en l'espèce en remontant le mât **18**, tout en pompant du béton dans le sol **S** de manière à former la portion supérieure de colonne **C'''2**. On comprend donc que les portions supérieure et inférieure sont constituées de béton.

[0093] Par suite, le procédé selon l'invention permet de réaliser rapidement et facilement une colonne mono-matière dont la portion supérieure présente un diamètre supérieur à celui de la portion inférieure.

[0094] A l'aide de la figure **8**, on va maintenant décrire un deuxième mode de réalisation de la machine **110** selon l'invention. Cette machine **110** comporte un mât longitudinal **118** fixé à un porteur **112**. De préférence, l'extrémité inférieure du mât vient en appui sur le sol **S**.

[0095] La machine **110** comporte en outre un chariot **122** monté coulissant le long du mât **118**, de manière similaire au chariot **22** du premier mode de réalisation.

[0096] Par ailleurs, la machine **110** comprend également un réservoir **130** similaire au réservoir **30** du premier mode de réalisation.

[0097] Dans ce mode de réalisation, le mât **118** n'est pas prévu pour être translaté selon sa direction longitudinale.

[0098] Pour permettre l'introduction du réservoir **130** dans le sol, ce dernier est monté coulissant le long du mât **118**. Autrement dit, les moyens pour introduire le réservoir **130** dans le sol **S** comprennent des moyens

pour faire coulisser le réservoir **130** le long de l'extrémité inférieure **118a** du mât **118**. Ces moyens peuvent par exemple comprendre un câble de traction fixé au réservoir d'une part et à un treuil d'autre part, et passant par une poulie montée à l'extrémité supérieure du mât **118**.

**[0099]** Le réservoir **130** peut donc passer d'une position haute, dans laquelle il est situé en dehors du sol, à une position basse, dans laquelle il est introduit dans le sol.

**[0100]** La machine **110** comporte également un outil de perforation **126** fixé au chariot **122** et traversant le réservoir **130**. L'extrémité supérieure de l'outil de perforation **126** est reliée à des moyens d'alimentation en un premier matériau de construction, en l'espèce du béton, tandis que l'extrémité inférieure **126b** est munie d'un orifice **128** pour le pompage du béton dans le sol.

**[0101]** Dans l'exemple représenté sur la figure **8**, l'outil de perforation **126** est un arbre rotatif dont l'extrémité inférieure **126b** comporte un outil de coupe **127**. Le chariot **122** comporte donc un moteur pour entraîner l'outil de coupe **127** en rotation.

**[0102]** On comprend donc que dans cet exemple, la pénétration de l'arbre rotatif dans le sol est réalisée en descendant le chariot **122** tout en faisant tourner l'arbre rotatif, ce dernier pouvant en effet tourner dans le réservoir **130** puisque ledit arbre présente un diamètre inférieur à celui du tube rotatif.

**[0103]** Pour faciliter l'introduction du réservoir **130** dans le sol, ce dernier comporte en outre un vibreur **131**. On comprend donc que le réservoir **130** est vibrofoncé dans le sol de manière autonome.

**[0104]** Il n'est donc pas prévu dans cet exemple de moyens de solidarisation de l'arbre rotatif avec le réservoir **130**.

**[0105]** On précise que l'on pourrait tout à fait remplacer l'arbre rotatif par une aiguille de vibrofonçage telle que celle décrite dans le premier mode de réalisation. Dans ce cas, le chariot **122** est muni d'un vibreur et la machine comprend des moyens de solidarisation du réservoir avec l'aiguille de vibrofonçage.

**[0106]** De même, on peut également remplacer l'aiguille de vibrofonçage du premier mode de réalisation par un arbre rotatif muni d'un outil de coupe tel que celui décrit dans le deuxième mode de réalisation en référence à la figure **8**. Dans ce cas, le réservoir est préférentiellement muni d'un vibreur.

**[0107]** A l'aide de la figure **9**, on va maintenant décrire un procédé selon l'invention de réalisation d'une colonne mixte **D** à l'aide du deuxième mode de réalisation de la machine **110** de la figure **8**.

**[0108]** A l'étape **(1)**, le chariot est disposé à l'extrémité supérieure du mât **122**, tandis que le réservoir **130** est placé en position haute.

**[0109]** A l'étape **(2)**, l'arbre rotatif **126** est entraîné en rotation et le chariot **122** est descendu vers l'extrémité inférieure du mât **118**, à une profondeur **P**.

**[0110]** A l'étape **(3)**, le vibreur du réservoir **130** est actionné et celui-ci est introduit dans le sol jusqu'à une pro-

fondeur **L**. Simultanément, l'arbre rotatif **126** est descendu d'une même longueur **L**. Autrement dit, l'extrémité inférieure de l'arbre rotatif **126** atteint la profondeur  $P'=P+L$ .

**[0111]** A l'étape **(4)** on remonte l'arbre rotatif **126** tout en pompant du béton dans le sol (l'obturateur **150** étant ouvert) de manière à former la portion inférieure **D1** de la colonne **D**. A l'issue de cette étape, l'arbre rotatif **126** est remonté de sorte que l'obturateur **150** est fermé, à la suite de quoi le déversement du béton est stoppé.

**[0112]** A l'étape **(5)**, on remonte le réservoir, préalablement rempli, tout en déversant du ballast **B** dans le sol de manière à former la portion supérieure **D2** de la colonne. De préférence, lors de la remontée du réservoir, on opère un déplacement alterné du réservoir, de manière à compacter le ballast.

**[0113]** On obtient donc la colonne mixte **D**, similaire à la colonne mixte **C** de la figure **6**.

**[0114]** Bien évidemment, la machine **110** selon le second mode de réalisation de l'invention permet également d'obtenir les autres types de colonne illustrés aux figures **7B** à **7D**.

## 25 Revendications

1. Machine (10, 110) pour la réalisation de colonnes dans un sol (S), **caractérisée en ce qu'elle** comporte :

- un porteur (12, 112) muni d'un mât (18, 118) qui présente une direction longitudinale et une extrémité inférieure (18a) ;
- un chariot mobile (22, 122) monté coulissant le long du mât ;
- un outil de perforation de sol (26, 126) longitudinal fixé au chariot mobile, présentant une extrémité supérieure (26a, 26b, 126b) reliée à des moyens d'alimentation en un premier matériau de construction, et une extrémité inférieure munie d'un orifice (28, 128) pour le refoulement du premier matériau de construction ;
- un réservoir (30, 130) destiné à recevoir un deuxième matériau de construction, ledit réservoir étant monté à l'extrémité inférieure du mât tout en s'étendant autour de l'outil de perforation de sorte que l'outil de perforation soit apte à coulisser au travers du réservoir, ledit réservoir présentant une extrémité inférieure (32a, 132a) munie d'une ouverture (33) pour déverser le deuxième matériau de construction ;
- des moyens pour introduire le réservoir (30, 130) dans le sol (S).

2. Machine selon la revendication **1**, **caractérisée en ce que** le porteur (12) comporte en outre un mécanisme de déplacement (20) pour déplacer le mât (18) selon la direction longitudinale dudit mât, **en ce que**

- le réservoir (30) est fixé à l'extrémité inférieure du mât, et **en ce que** les moyens pour introduire le réservoir dans le sol comprennent ledit mécanisme de déplacement du mât.
3. Machine selon la revendication **1**, **caractérisée en ce que** le réservoir (130) est monté coulissant le long de l'extrémité inférieure du mât (118), et **en ce que** les moyens pour introduire le réservoir dans le sol comprennent des moyens pour faire coulisser le réservoir le long de l'extrémité inférieure du mât.
  4. Machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 3**, **caractérisée en ce que** l'outil de perforation est une aiguille de vibrofonçage (26), et **en ce que** le chariot (22) est équipé en outre d'un vibreur (24).
  5. Machine selon la revendication **4**, **caractérisée en ce qu'**elle comporte en outre des moyens de solidarisation (36) pour solidariser le réservoir avec l'outil de perforation.
  6. Machine selon la revendication **5**, **caractérisée en ce que** les moyens de solidarisation (36) comportent au moins un vérin (40) fixé au réservoir tout en étant arrangé pour exercer une pression transversale sur l'outil de perforation.
  7. Machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 3**, **caractérisée en ce que** l'extrémité inférieure (126b) de l'outil de perforation (126) porte un outil de coupe (127), et **en ce que** le chariot comporte en outre des moyens pour entraîner en rotation l'outil de perforation.
  8. Machine selon la revendication **7**, **caractérisée en ce que** le réservoir (130) comporte un dispositif vibreur (131).
  9. Machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 8**, **caractérisée en ce que** le réservoir (30,130) présente un diamètre supérieur à celui de l'outil de perforation (26,126).
  10. Machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 9**, **caractérisée en ce que** le réservoir présente un corps cylindrique (32,132) qui est coaxial à l'outil de perforation (26,126), tandis que son extrémité inférieure (32a, 132a) présente une forme tronconique.
  11. Machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 10**, **caractérisée en ce que** le réservoir (30, 130) présente un clapet commandable permettant d'obturer l'ouverture du réservoir.
  12. Machine selon la revendication **11**, **caractérisée en ce que** le clapet (46) est monté à l'extrémité d'un tube rotatif (42) dans lequel l'outil de perforation (26,126) peut coulisser.
  13. Machine selon la revendication **12**, **caractérisée en ce qu'**elle comporte un dispositif de pivotement (48) pour faire pivoter le tube rotatif (42), de manière à commander l'ouverture ou la fermeture du clapet.
  14. Machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 13**, **caractérisée en ce que** l'outil de perforation (26,126) comporte en outre un obturateur (50,150) apte à obturer l'orifice, ledit obturateur étant arrangé de telle manière qu'il obture l'orifice lorsque l'extrémité inférieure de l'outil de perforation vient au contact de l'extrémité inférieure du réservoir.
  15. Procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon l'une quelconque des revendications **1 à 14**, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :
    - on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée;
    - on introduit le réservoir dans le sol;
    - on remonte l'outil de perforation, tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne ;
    - on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;
    - on remonte le réservoir tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol via l'ouverture, de manière à former la portion supérieure de la colonne.
  16. Procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon la revendication **5** ou **6**, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :
    - on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant vibrer l'outil de perforation ; puis
    - on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
    - on descend, selon une première longueur, l'ensemble constitué du réservoir et de l'outil de perforation tout en faisant vibrer cet ensemble, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;
    - on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;
    - on remonte l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à

former la portion inférieure de la colonne ;  
 - on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;  
 - on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on remonte l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol de manière à former la portion supérieure de la colonne.

- 17.** Procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon la revendication **5** ou **6**, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure, d'une portion médiane et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant vibrer l'outil de perforation ;  
 - on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on descend, selon une première longueur, l'ensemble constitué du réservoir et de l'outil de perforation tout en faisant vibrer cet ensemble, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;  
 - on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on remonte partiellement l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation, de manière à former la portion inférieure de la colonne ;  
 - on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;  
 - on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on remonte légèrement l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation ;  
 - on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on remonte complètement l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion médiane de la colonne ;  
 - on remonte l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol afin de former la portion supérieure de la colonne.

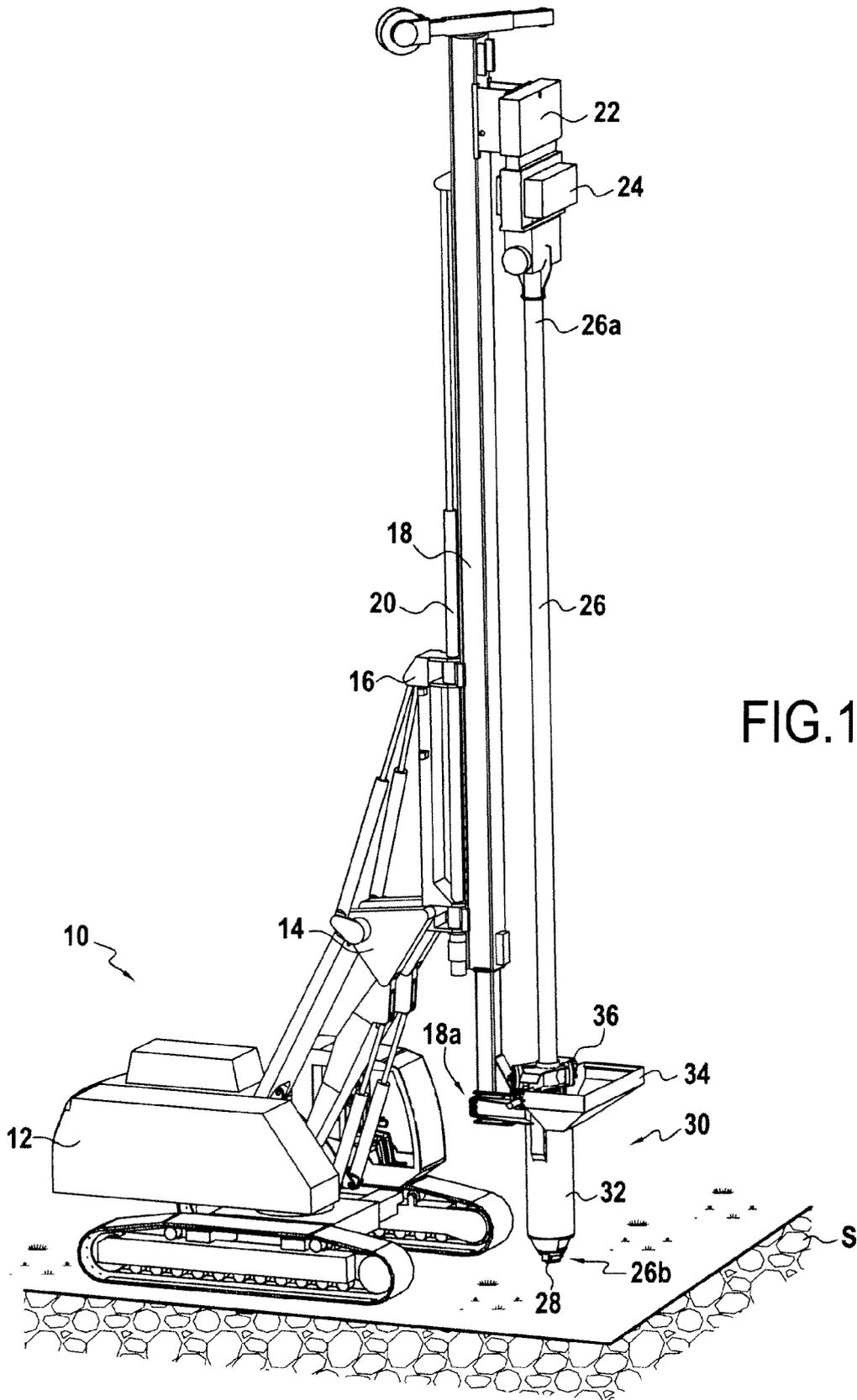
- 18.** Procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon la revendication **5** ou **6**, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant vibrer l'outil de perforation ; puis  
 - on solidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on descend, selon une première longueur, l'ensemble constitué du réservoir et de l'outil de perforation tout en faisant vibrer cet ensemble, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;  
 - on désolidarise le réservoir et l'outil de perforation ;  
 - on remonte partiellement l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne ;  
 - on remonte l'ensemble formé du réservoir et de l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion supérieure de la colonne.

- 19.** Procédé de réalisation d'une colonne dans un sol à l'aide d'une machine selon la revendication **8**, ladite colonne étant constituée d'une portion inférieure et d'une portion supérieure, procédé dans lequel :

- on fait pénétrer dans le sol l'outil de perforation jusqu'à une profondeur prédéterminée tout en faisant tourner l'outil de perforation autour de son axe ; puis  
 - on descend le réservoir tout en faisant vibrer ledit réservoir, de sorte que le réservoir pénètre dans le sol ;  
 - on remonte l'outil de perforation tout en pompant le premier matériau de construction dans le sol au travers de l'orifice situé à l'extrémité inférieure de l'outil de perforation de manière à former la portion inférieure de la colonne ;  
 - on remplit le réservoir avec un deuxième matériau de construction ;  
 - on remonte le réservoir tout en déversant le deuxième matériau de construction dans le sol de manière à former la portion supérieure de la colonne.

- 20.** Procédé selon l'une quelconque des revendications **15** à **19**, dans lequel, lors de la remontée du réservoir et/ou de l'outil de perforation, on opère un déplacement alterné du réservoir et/ou de l'outil de perforation.





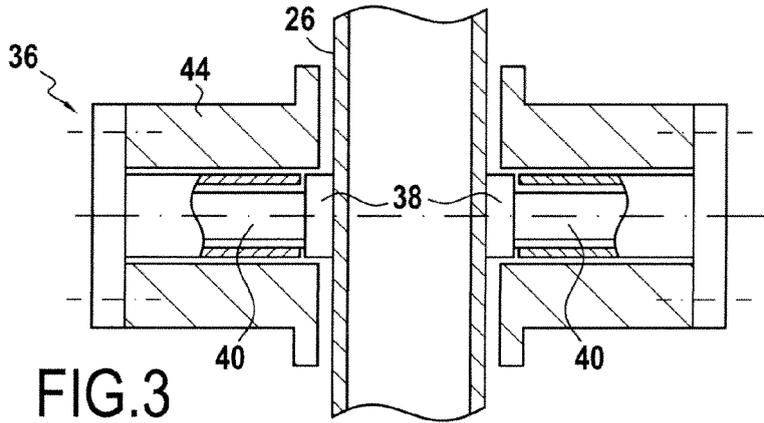


FIG.3

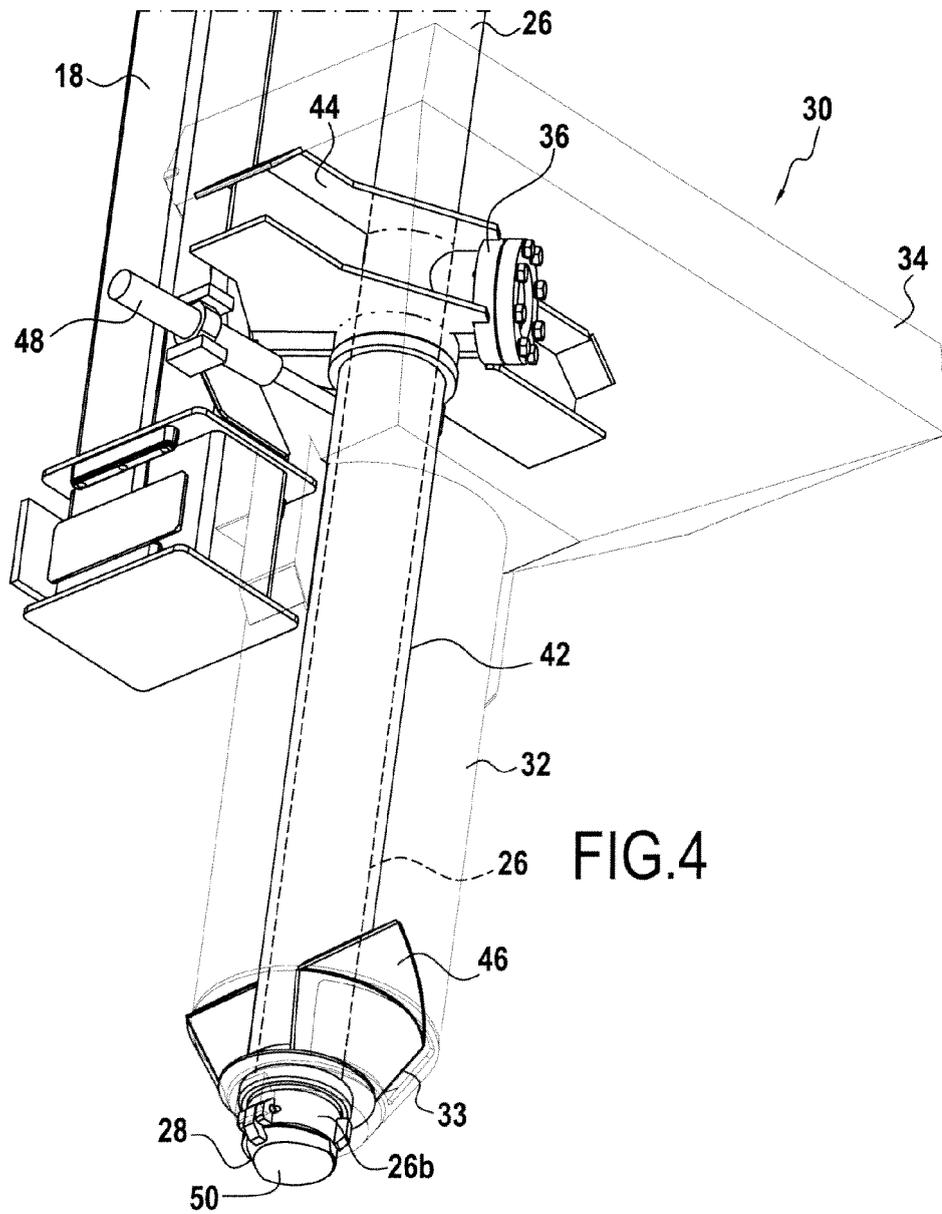


FIG.4

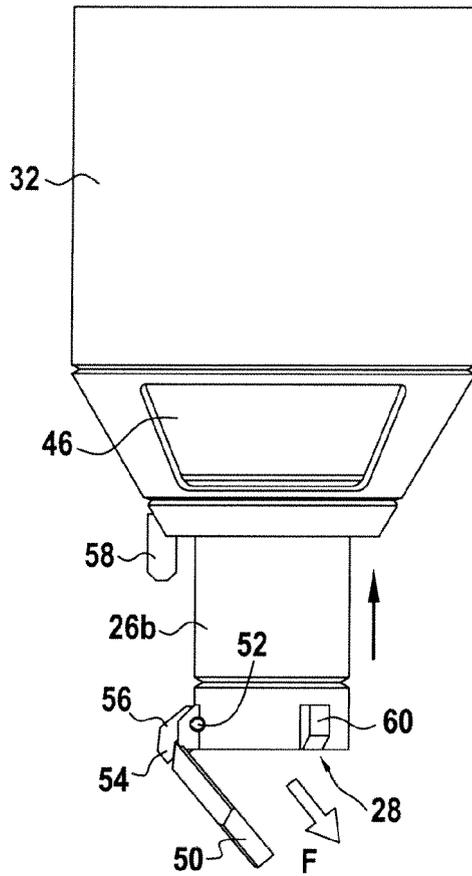


FIG. 5A

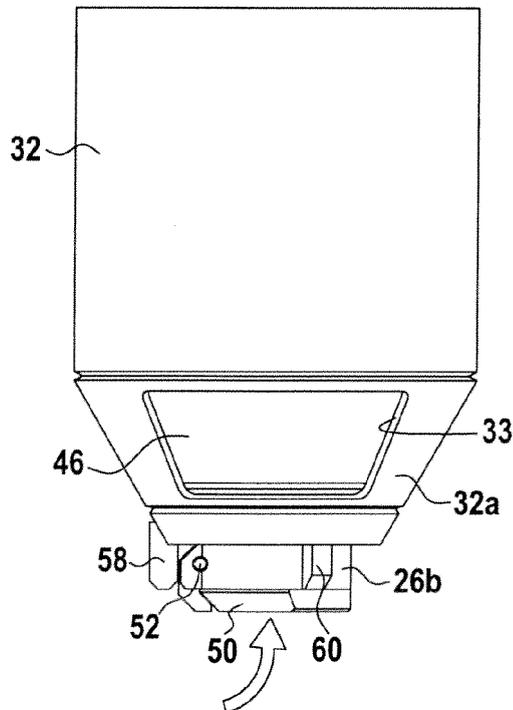


FIG. 5B

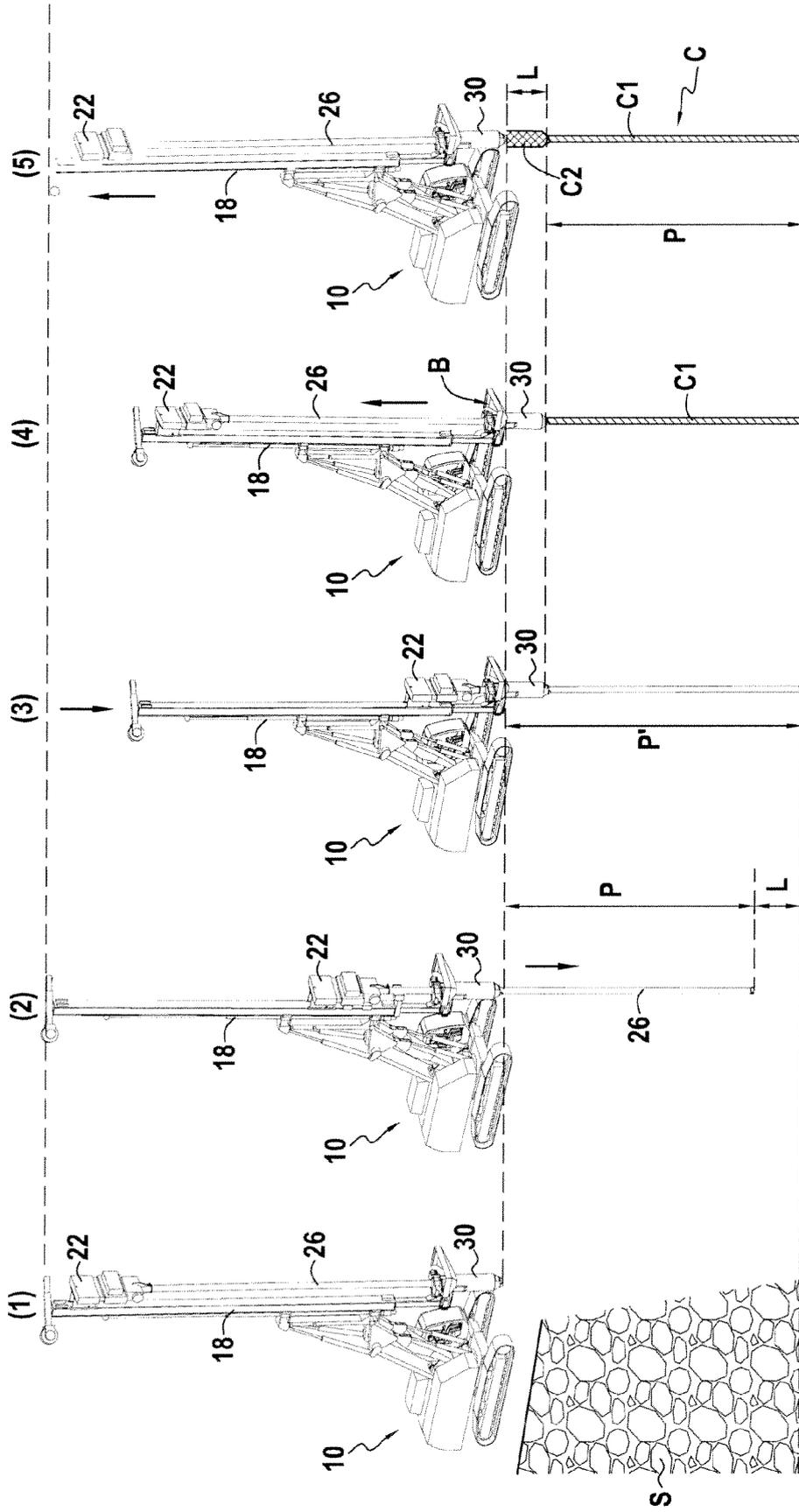


FIG.6

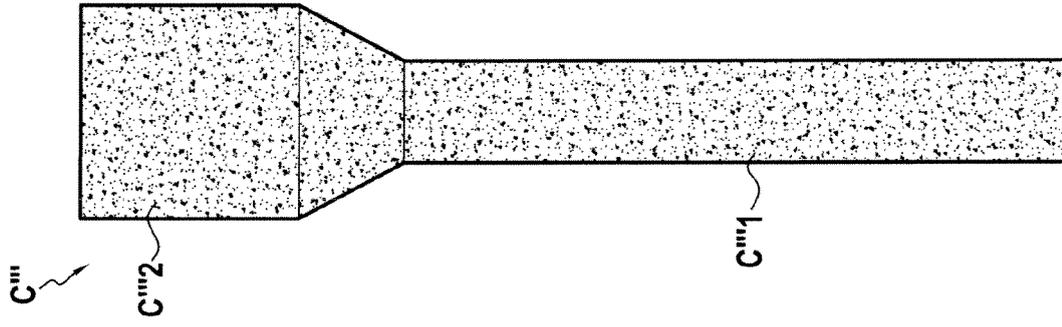


FIG. 7D

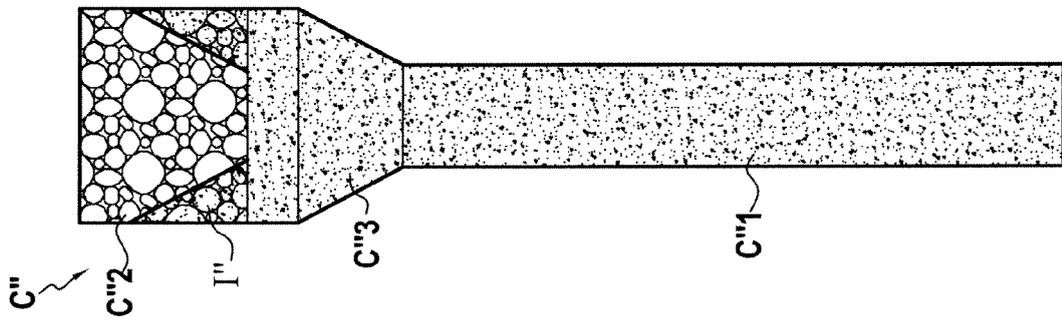


FIG. 7C

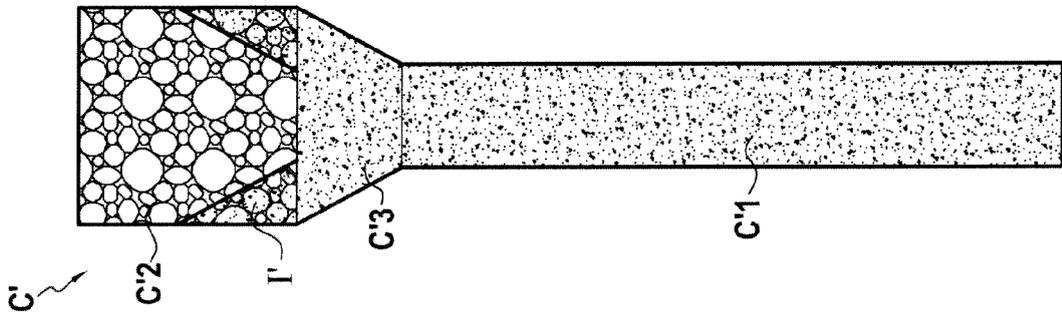


FIG. 7B

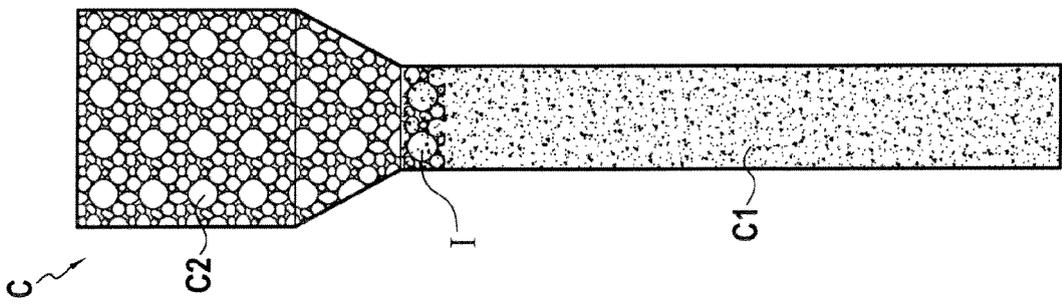


FIG. 7A

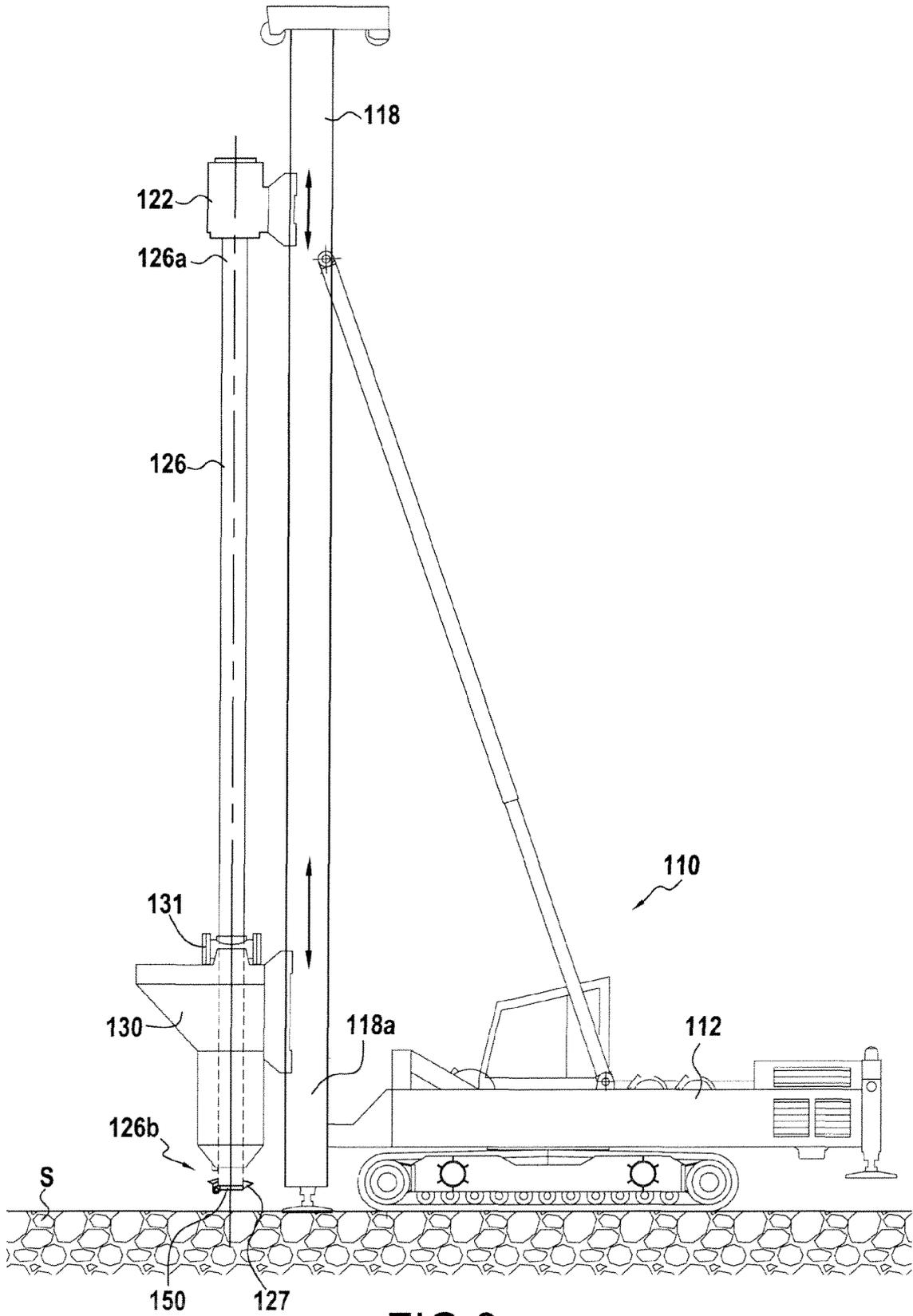


FIG.8

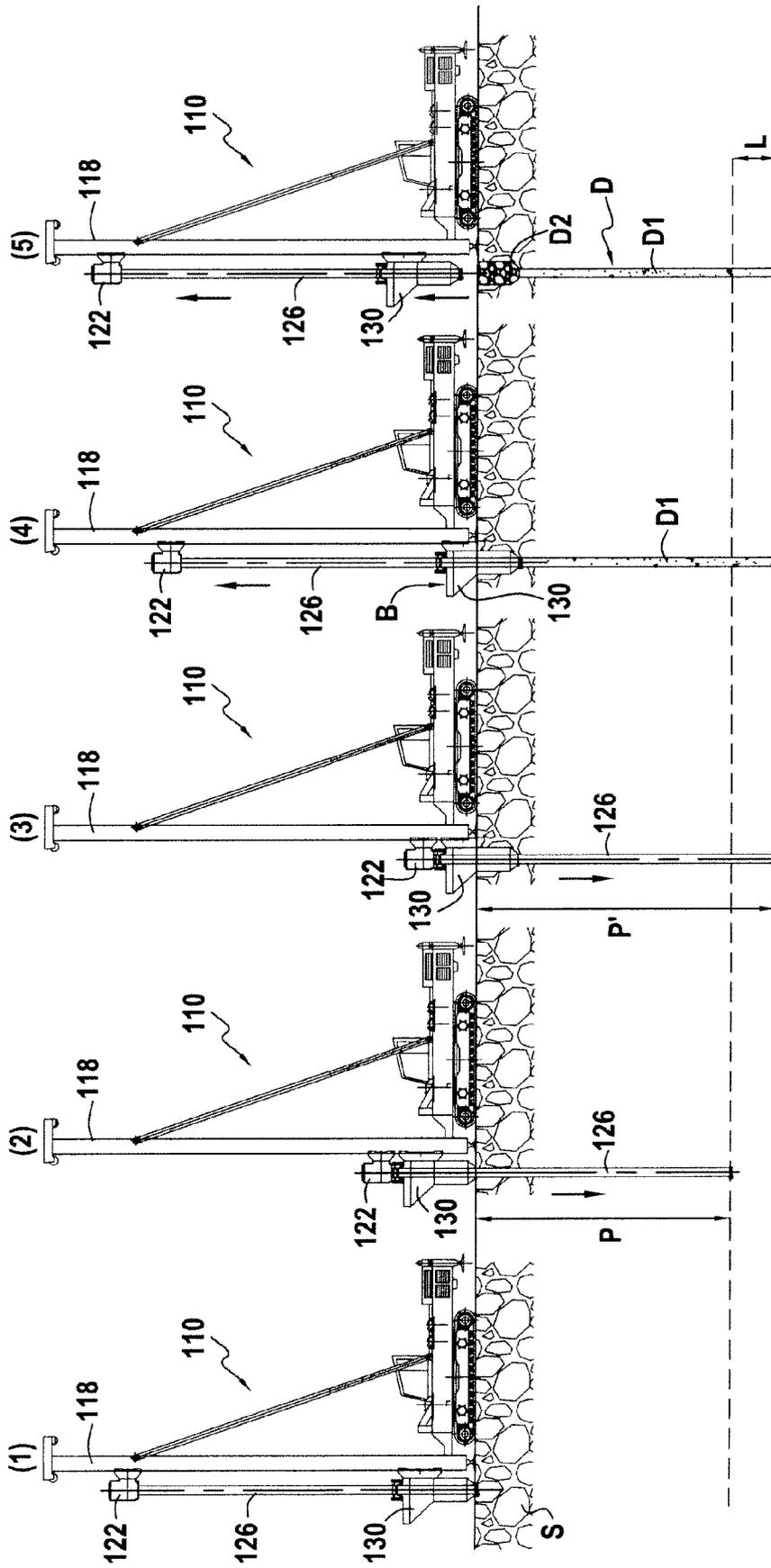


FIG.9

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

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

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 1688543 A [0005]