

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 13.01.11.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.07.12 Bulletin 12/29.

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

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SOLETANCHE FREYSSINET
Société anonyme — FR.

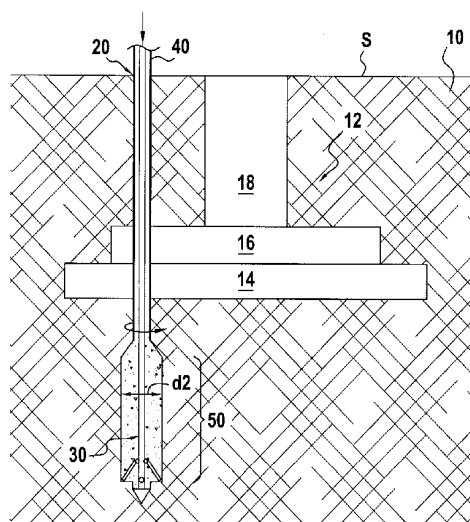
⑦② Inventeur(s) : LANDROT JULIEN, COQUILLAY
SOPHIE et BOREL SERGE.

⑦③ Titulaire(s) : SOLETANCHE FREYSSINET Société
anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤④ PROCÉDE DE RENFORCEMENT DES FONDATIONS D'UN PYLONE.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé de renforcement des fondations d'un pylône (100), les fondations comportant au moins une dalle (14, 16) enfouie dans un sol (10) et présentant une épaisseur verticale (e1), dans lequel on réalise un forage (20) traversant un volume de sol situé sur la dalle (14, 16) ainsi que l'épaisseur (e1) de la dalle (14, 16); puis on réalise un traitement d'une portion de sol située sous la dalle en mélangeant le sol en place (10) avec un liant rapporté de manière à former une première portion de colonne (50) ayant une section transversale supérieure à celle du forage (20). L'invention concerne également une structure de renforcement des fondations d'un pylône, pouvant notamment résulter de ce procédé.



La présente invention a pour objet un procédé de renforcement des fondations d'un pylône, notamment mais non exclusivement un pylône électrique pour lignes électriques à haute tension, et une structure de renforcement d'un tel pylône.

5 La présente invention est particulièrement adaptée pour renforcer les fondations d'un pylône susceptibles d'être soumises à un effort de compression.

La présente invention est notamment adaptée au confortement de fondations existantes d'un pylône ancien.

10 Le plus souvent, les fondations d'un pylône sont constituées de massifs enterrés en béton, formés d'une ou plusieurs dalles horizontales dont les sections vont en augmentant avec la profondeur et surmontées d'une cheminée dans laquelle sont ancrées des ferrures auxquelles est fixée l'embase du pylône.

15 A la conception, ces fondations sont dimensionnées de façon théorique sur la base d'une estimation des contraintes mécaniques prévisibles auxquelles sera sujet le pylône, notamment le poids des câbles et des équipements à supporter, la neige, etc.

20 Dans certains cas, par exemple lorsque des modifications d'exploitation des fondations entraînent une augmentation des charges (par exemple, augmentation du poids des câbles portés par les pylônes supportant des lignes électriques) ou lorsqu'on constate a posteriori un sous-dimensionnement des fondations vis-à-vis des charges réelles, il est nécessaire de consolider ces fondations en augmentant leur capacité
25 portante vis-à-vis de la compression.

Dans cette optique, une méthode habituelle consiste à installer des micro-pieux et à les liasonner avec le massif de fondation existant au moyen d'une dalle ou d'une poutre en béton armé. La demande de brevet FR 2 881 448 donne un exemple de mise en œuvre de tels micro-pieux.
30 Les micro-pieux sont généralement dimensionnés pour reprendre à eux seuls la totalité des efforts. En effet, leur raideur est en général beaucoup plus importante que celle du sol sous le massif, de sorte qu'on considère habituellement qu'ils reprennent la totalité de la charge. Par ailleurs, l'installation de micro-pieux est une intervention lourde, dont le coût élevé
35 est souvent disproportionné lorsque le déficit de capacité portante des fondations existantes n'est pas significatif.

Un premier objet de la présente invention est donc de fournir un procédé de renforcement des fondations d'un pylône, qui soit simple à mettre en œuvre, et dont le coût ne soit pas disproportionné par rapport au déficit de portance à compenser lorsque ce déficit n'est pas significatif.

5 Ce but est atteint grâce à un procédé de renforcement des fondations d'un pylône, les fondations comportant au moins une dalle enfouie dans un sol et présentant une épaisseur verticale, dans lequel on réalise un forage traversant un volume de sol situé sur la dalle ainsi que l'épaisseur de la dalle, puis on réalise un traitement d'une portion de sol
10 située sous la dalle en mélangeant le sol en place avec un liant rapporté de manière à former une première portion de colonne ayant une section transversale supérieure à celle du forage.

La solution selon l'invention permet de renforcer des fondations existantes en leur associant une structure de renforcement destinée à
15 compenser un déficit de portance, les autres efforts étant repris par lesdites fondations existantes.

La structure de renforcement est constituée d'une ou de plusieurs portions de colonnes réalisées par une technique parfaitement connue en soi sous le nom de « soil mixing ». Cette technique consiste à réutiliser le
20 sol découpé dans un forage en le mélangeant avec un liant, par exemple mais non exclusivement un coulis, notamment un coulis de bentonite-ciment, un mortier ou un béton, pour obtenir une structure rigide présentant la forme dudit forage. Elle est avantageuse sur le plan économique, puisque le sol en place est réutilisé directement dans
25 l'ouvrage, sans nécessité d'extraction et de traitement préalable. On utilise pour cela un outil de forage et malaxage connu par ailleurs. Cette technique permet de diminuer le volume des matériaux à transporter sur site, ce qui réduit les coûts liés aux matériaux et à leur transport. Dans le même temps, on diminue également le volume des déblais à évacuer, ce
30 qui permet d'accélérer le processus de construction, et de réduire encore les coûts et les contraintes de transport.

La ou les premières portions de colonne ainsi réalisées dans le sol constituent des appuis pour les fondations existantes, et assurent deux
35 types de fonction. D'une part, elles améliorent la qualité du sol sur lequel reposent les fondations existantes. D'autre part, elles offrent une certaine résistance à l'enfoncement dû au frottement avec le sol qui les entoure.

Des essais ont montré que les fondations mixtes ainsi réalisées peuvent supporter une charge supplémentaire pouvant atteindre jusqu'à 300 kN.

5 Selon un exemple avantageux de mise en œuvre du procédé selon l'invention, le forage est réalisé de manière à s'étendre en dessous de l'épaisseur de la dalle à une profondeur strictement supérieure à la profondeur maximale de la dalle, et le traitement de la portion de sol est réalisé à ladite profondeur, grâce à quoi la première portion de colonne est formée à distance de la dalle.

10 La couche de sol s'étendant verticalement entre la face inférieure de la dalle et l'extrémité supérieure de la première colonne, forme un « matelas » de répartition des efforts qui maintient un niveau de contraintes sensiblement homogène sur la face inférieure de la dalle (et donc du massif). Cette couche ou matelas de répartition permet de
15 diminuer le risque d'apparition de points durs à l'intersection du massif et de la ou des premières portions de colonne. De tels points durs peuvent apparaître lorsque le traitement de sol est réalisé depuis la racine du massif (i.e. la profondeur maximale de la dalle), et sont à éviter car ils modifient les caractéristiques intrinsèques du massif, et donc sa capacité
20 portante.

Selon un autre exemple de mise en œuvre, le forage et le traitement de la portion de sol destiné à former la première portion de colonne, sont réalisés en continu, l'un à la suite de l'autre, à l'aide d'un même outil ayant une double fonction de forage et de mélange.

25 Selon un autre exemple, le forage est réalisé avec un outil de forage qui est retiré du forage avant le traitement de la portion de sol.

Selon un autre exemple, un tubage est placé dans le forage avant la réalisation du traitement de la portion de sol. Le tubage peut notamment être introduit dans le sol lors de l'opération de forage, de préférence
30 simultanément à l'insertion de l'outil de forage. Il évite que le sol foré, et notamment le remblai situé au-dessus des dalles du massif, soit fragilisé et perde son homogénéité durant les phases transitoires de forage et de traitement.

Avantageusement, le tubage est introduit jusqu'à une profondeur
35 supérieure à la profondeur maximale de la dalle, de sorte que la portion du forage située au niveau du matelas de répartition défini précédemment

(i.e. entre la face inférieure de la dalle et l'extrémité supérieure de la première colonne) est lui-aussi protégé des éboulements.

Le tubage peut être retiré du forage une fois le traitement de la portion de sol terminé.

- 5 Selon un exemple, tout ou partie du forage est rempli avec un matériau de remplissage, après le traitement de la portion de sol, de manière à éviter les éboulements et à conserver inchangées les caractéristiques intrinsèques du sol après le retrait du tubage. La première portion de colonne est alors surmontée d'une seconde portion de colonne, s'étendant depuis ladite première portion de colonne, et présentant une section transversale inférieure à celle de la première portion de colonne.

10 Selon un exemple de réalisation, le matériau de remplissage est du sable, ou de la terre, par exemple de la terre réservée lors de la réalisation du forage.

- 15 Selon d'autres exemples de réalisation, le matériau de remplissage est un liant, tel qu'un coulis, notamment un coulis de bentonite-ciment, un mortier, un béton, ou encore un mélange de l'un quelconque de ces éléments avec le sol en place, résultant par exemple d'un procédé de « soil mixing ». De manière préférentielle, le matériau de remplissage
- 20 comprend le même liant que celui ayant servi à la réalisation du traitement de la portion de sol. Ainsi, il est possible de réaliser l'une à la suite de l'autre, sans changer d'outillage, les opérations de traitement de sol et de remplissage du forage.

- 25 La présente invention concerne également l'utilisation du procédé défini précédemment pour renforcer les fondations d'un pylône comportant quatre pieds, chacun des pieds étant solidaire d'une dalle entièrement enfouie dans le sol.

- 30 Selon un second aspect, l'invention concerne également une structure de renforcement des fondations d'un pylône, les fondations comportant au moins une dalle enfouie dans un sol et présentant une épaisseur verticale, ladite structure comprenant au moins une première portion de colonne disposée sous la dalle, à distance de cette dernière.

- 35 Dans le présent exposé, on entend par première portion de colonne toute structure rigide enfouie dans le sol, résultant du mélange de déblais et d'un liant tel qu'un coulis, un mortier ou un béton. Une telle

structure peut notamment résulter de la mise en œuvre d'un procédé de « soil mixing ».

5 Selon un exemple de réalisation, la structure comprend en outre au moins une seconde portion de colonne, solidaire de la première portion de colonne, présentant une section transversale inférieure à celle de la première portion de colonne, située au-dessus de la première portion de colonne et traversant l'épaisseur de la dalle.

10 La seconde portion de colonne peut par exemple être réalisée avec un liant tel qu'un coulis, un mortier ou un béton. Elle peut aussi être réalisée avec un mélange de l'un quelconque de ces éléments avec le sol, résultant par exemple d'un procédé de « soil mixing ». Elle peut également être réalisée avec un matériau grossier, non-liant, tel que de la terre ou du sable. La seconde portion de colonne peut encore être constituée de plusieurs tronçons réalisés avec des matériaux différents
15 choisis parmi ceux cités précédemment.

De manière préférentielle, la première et la seconde portion de colonne forment une colonne continue. En particulier, les première et seconde portions comprennent le même liant.

20 Selon un autre exemple, la première portion de colonne, et, le cas échéant, la seconde portion de colonne, sont inclinées par rapport à la verticale. De cette manière, il est possible d'atteindre et de renforcer des zones de sol situées à la verticale du pylône.

Plusieurs exemples de réalisation sont décrits dans le présent exposé. Sauf précision contraire, les caractéristiques décrites en liaison
25 avec un exemple de réalisation quelconque peuvent être appliquées à un autre exemple de réalisation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante d'exemples de réalisation de l'invention donnés à titre illustratif et non limitatif. Cette description fait référence aux
30 feuilles de dessins annexés sur lesquelles :

- Les figures 1A à 1F sont des vues en coupe transversale des fondations d'un pylône, illustrant différentes étapes du procédé de renforcement de ces fondations selon un exemple de mise en œuvre de la présente invention ;
- 35 - La figure 1A montre notamment la réalisation du forage et la mise en place simultanée du tubage à l'intérieur du forage ;

- La figure 1B illustre le début du traitement de sol sous le massif de fondation ;
- La figure 1C illustre une première portion de colonne une fois le traitement de sol achevé ;
- 5 - La figure 1D illustre la remontée de l'outillage de forage et de mélange et l'extraction simultanée du tubage ;
- La figure 1E illustre le remplissage du forage et ainsi la réalisation d'une deuxième portion de colonne, dans l'axe de la première portion de colonne ;
- 10 - La figure 1F montre les fondations du pylône une fois la structure de renforcement achevée ;
- Les figures 2 et 3 illustrent différentes possibilités fournies par le procédé objet de l'invention pour renforcer la résistance à la compression des fondations d'un pylône quadripode.

15 En se référant tout d'abord aux figures 1A à 1F, on va décrire un premier exemple de mise en œuvre du procédé de renforcement des fondations d'un pylône, selon la présente invention.

20 Dans l'exemple, on considère un pylône tétrapode 100 tel que représenté schématiquement en vue de dessus sur les figures 2 et 3, dont l'embase repose sur quatre massifs en béton enterrés comprenant chacun une succession de plusieurs dalles horizontales dont les sections, habituellement rectangulaires, carrées ou circulaires, vont en s'élargissant avec la profondeur, et une cheminée surmontant cette succession de dalles.

25 Sur la figure 1A, on a représenté la surface S du terrain naturel ainsi qu'un massif de fondation 12 d'un pylône quadripode 100 tel que défini ci-dessus. Le massif de fondation 12, enfoui dans le sol 10, comprend ici la cheminée 18 et deux dalles horizontales 14, 16. Typiquement, la hauteur H de la cheminée est comprise entre 80 centimètres et 3 mètres,

30 l'épaisseur verticale e1 totale des deux dalles horizontales est comprise entre 20 centimètres et 2 mètres et la largeur horizontale maximale L1 du massif 12 (i.e. de la dalle inférieure 14) est comprise entre 80 centimètres et 4 mètres.

35 Ainsi qu'on l'a déjà expliqué, le procédé selon l'invention consiste à réaliser, dans le sol situé sous les dalles horizontales 14 et 16, une ou

plusieurs portions de colonnes formant des appuis verticaux ou légèrement obliques pour le massif de fondation existant 12.

Il est donc nécessaire de forer à travers les dalles horizontales 14 et 16 pour accéder à la zone de sol située sous le massif 12.

5 Une première étape du procédé illustrée sur la figure 1A consiste à réaliser un forage 20 traversant le volume de remblai situé au-dessus des dalles 14, 16, l'épaisseur verticale e_1 de ces deux dalles 14, 16 et un volume de sol situé en-dessous de la dalle inférieure 14. De préférence, le forage 20 présente un diamètre d_1 suffisamment faible pour que le massif
10 12 ne soit pas fragilisé, par exemple environ 150 millimètres.

Le forage 20 peut par exemple être réalisé au moyen d'un outil de forage et de mélange 30 tel que représenté schématiquement sur les figures 1A à 1E. Cet outil 30, qui entraîne dans son mouvement de descente un tubage 40, comprend un arbre rotatif 32 terminé à son
15 extrémité inférieure par une dent de forage 34 et des éléments mélangeurs rétractables 36 aptes à se déployer une fois extraits du tubage 40. Un outil de ce type est décrit par exemple dans la demande FR 2 903 711.

Dans l'exemple, le forage 20 est réalisé selon une direction
20 sensiblement verticale. Comme le montre la figure 1B, il est arrêté à une profondeur P_2 supérieure à la profondeur maximale P_1 du massif 12.

La mise en place d'un tubage 40 à l'intérieur du forage 20 permet d'éviter les éboulements de sol à l'intérieur dudit forage 20 et de conserver intactes les caractéristiques intrinsèques du sol
25 en-dessous des dalles 14 et 16.

Une fois le forage 20 achevé, l'extrémité inférieure 40a du tubage 40 entraîné par l'outil de forage et de mélange 30 se trouve à une distance verticale L_2 de la face inférieure de la dalle 14 (voir la figure 1B). Typiquement, cette distance L_2 est comprise entre 20 et 50 centimètres.

30 L'outil de forage et de mélange 30 est alors désolidarisé du tubage 40 et déplacé relativement à ce dernier de manière à s'enfoncer plus en avant dans le sol. Le tubage 40 lui, reste en place à l'intérieur du forage 20.

Lorsque l'extrémité inférieure de l'outil 30 commence à sortir de
35 l'extrémité inférieure 40a du tubage 40, tout en étant animée d'un mouvement de rotation autour de l'axe de l'arbre 32, les bras 36

commencent à se déployer, par exemple sous l'action de ressorts (non représentés), pour parvenir à une position déployée dans laquelle leur envergure est supérieure au diamètre externe du tubage 40.

5 Dans une deuxième étape du procédé représentée sur la figure 1B, une portion de sol située sous la dalle inférieure 14, dans le prolongement du forage 20, est traitée en déplaçant verticalement l'outil 30 dont les bras mélangeurs 36 se trouvent en position déployée.

10 Ce traitement est réalisé par la technique en soi parfaitement connue appelée « soil mixing » en langue anglo-saxonne, qui consiste à mélanger le sol déstructuré par l'action de l'outil rotatif avec un fluide, notamment un liant tel qu'un coulis, un mortier ou un béton, afin de modifier les caractéristiques de la portion de sol traitée.

15 Dans l'exemple, le traitement est réalisé par la mise en rotation de l'arbre 32 de l'outil de forage et de mélange 30 et l'injection simultanée d'un liant, dans le sol déstructuré par la rotation des bras 36. Le mélange de sol en place et de liant forme une première portion de colonne 50 de diamètre d_2 sensiblement constant égal à l'envergure des bras 36 de l'outil de forage et de mélange 30 en position déployée, 400 millimètres par exemple.

20 La figure 1C illustre l'achèvement de la première portion de colonne 50, qui s'étend typiquement sur une hauteur comprise entre 2 et 5 mètres.

25 Comme représenté sur la figure 1D ou 1E, l'outil de forage et de mélange 30 est remonté avant que le liant ne fasse prise avec le sol. Le tubage 40 est lui-aussi retiré du forage 20.

30 Lors de la remontée, du liant est injecté dans le forage pour le combler et former une seconde portion de colonne 52, solidaire de la première portion de colonne 50 mais de section transversale inférieure à celle de la première portion de colonne. La seconde portion de colonne a pour vocation d'empêcher les éboulements dans le forage 20, une fois l'intervention terminée (et le tubage retiré), et permet de maintenir une certaine homogénéité du sol et donc des efforts appliqués sur le massif 12. Dans cet exemple non limitatif, le forage est comblé à l'aide du même liant que celui ayant servi au traitement de sol et à la réalisation de la
35 première portion de colonne. La première et la seconde portion de colonne

sont ainsi réalisées l'une à la suite de l'autre, à l'aide du même outil, ce qui optimise la durée de mise en œuvre du procédé.

On notera que selon d'autres exemples de réalisation, le forage peut être comblé après retrait de l'outil de forage et de mélange, avec un autre
5 matériau, moins noble que le liant utilisé pour le traitement de sol, notamment de la terre ou du sable. La seconde portion de colonne n'ayant aucune fonction particulière de renforcement, elle peut en effet être réalisée dans des matériaux meubles qui ne sont pas particulièrement destinés à se solidifier.

10 On notera en outre que la seconde portion de colonne est entièrement facultative, et résulte uniquement de la nécessité de réaliser un forage provisoire préalablement au traitement de sol, et de l'intérêt de reboucher ledit forage pour éviter d'éventuels éboulements.

La figure 1F illustre la structure de renforcement résultant du
15 procédé selon l'invention.

Cette structure de renforcement comprend une première portion de colonne 50 située sous la dalle inférieure du massif, s'étendant verticalement, et constituée du mélange durci d'un liant tel qu'un coulis, un mortier ou un béton, avec de la terre (ici le sol in situ 10).

20 La première portion de colonne 50 forme une inclusion sur laquelle repose le massif de fondation 12, et qui présente une certaine capacité portante liée au frottement latéral développé à l'interface avec le sol adjacent. Cette capacité portante s'ajoute à celle, généralement normalisée, du massif de fondation existant 12.

25 La première portion de colonne 50 est surmontée d'une seconde portion de colonne 52, constituée ici de liant durci, et solidaire de la première. La seconde portion de colonne 52 s'étend depuis l'extrémité supérieure de la première portion de colonne 50 jusqu'à la surface S du terrain naturel 10. Dans l'exemple, la première et la seconde portion de
30 colonne 50, 52 forment une colonne continue 54.

Comme il ressort de la figure 1F, la structure de renforcement d'un même massif de fondation 12 peut comprendre plusieurs colonnes. Sur la figure, on a ainsi représenté, outre la colonne 54, une deuxième colonne 54', inclinée par rapport à la verticale, comprenant une première portion
35 de colonne 50' formant appui et une seconde portion de colonne 52' surmontant cette première portion de colonne 50'.

Les figures 2 et 3 montrent différents exemples de configurations possibles pour la structure de renforcement selon l'invention.

La figure 2 illustre en vue de dessus, quatre massifs de fondation 12a, 12b, 12c, 12d comparables dans leur structure à celui illustré sur les figures 1A à 1F décrites précédemment. Chacun de ces massifs 12a, 12b, 12c, 12d comprend deux dalles superposées 14, 16 à sections carrées et une cheminée 18 sur laquelle est ancré l'un des quatre pieds d'un pylône quadripode 100 à section horizontale carrée représenté schématiquement par une ligne continue sur les figures 2 et 3.

Dans cet exemple, les dalles 14, 16 de chaque massif 12a, 12b, 12c, 12d sont disposées de sorte que leurs côtés s'étendent selon une direction formant un angle de 45° avec chaque face latérale du pylône 100.

Chaque massif est renforcé par deux colonnes 154a, 154b, 154c, 154d situées respectivement au droit des deux coins de la dalle supérieure 16 les plus espacés du pylône 100 (i.e. les deux coins non recouverts au moins partiellement par le pylône 100).

La figure 3 est une vue partielle, de dessus, de deux massifs de fondation 12e, 12f d'un pylône quadripode 100, comprenant chacun deux dalles superposées 14, 16 surmontées d'une cheminée 18, et dont les côtés sont cette fois ci parallèles ou orthogonaux à chaque face latérale du pylône.

Dans l'exemple illustré sur la gauche de la figure 3, la structure de renforcement comprend deux colonnes 154e s'étendant respectivement au droit des milieux des deux côtés de la dalle supérieure 16 les plus espacés du pylône (i.e. les côtés non recouverts au moins partiellement par le pylône).

Dans l'exemple illustré sur la droite de la figure 3, la structure de renforcement comprend trois colonnes 154f s'étendant respectivement à la verticale de chaque coin de la dalle supérieure 16 du massif qui n'est pas recouvert par le pylône.

Evidemment, d'autres configurations que celles décrites précédemment pourront être envisagées en fonction du cas d'espèce.

Typiquement, la structure de renforcement comprend entre un et quatre appuis par massif de fondation, mais elle peut en comprendre plus.

Elle comprend des colonnes verticales, ou obliques, ou une combinaison de colonnes verticales et obliques, selon les besoins. En

particulier, des colonnes obliques pourront être mises en place afin d'atteindre et de renforcer des zones de sol situées verticalement sous l'embase du pylône. Il est en effet essentiel que l'embase ne soit pas détériorée par l'intervention de renforcement.

5 De préférence, le maillage des appuis est régulier, c'est-à-dire qu'il est sensiblement identique pour chaque massif de fondation d'un même pylône.

On notera que le procédé décrit précédemment en liaison avec les figures 1A à 1F n'est pas limitatif de la présente invention.

10 Ainsi, notamment lorsque l'épaisseur des dalles en béton du massif de fondation est très importante et qu'un outil particulier est nécessaire pour les traverser, le forage traversant le remblai et les dalles horizontales du massif (et éventuellement un volume de sol situé sous le massif) peut être réalisé lors d'une étape de pré-forage, au moyen d'un outil
15 exclusivement destiné au forage, par exemple un outil du type tricône ou taillant qui est plus approprié au perçage de structure béton. Un tel pré-forage a principalement pour vocation le pré-perçage des dalles en béton, en vue de faciliter la mise en œuvre des étapes décrites précédemment en référence à la figure 1A.

20 Toutefois, selon un exemple de réalisation, le tubage peut être descendu dans le forage au stade du pré-forage.

On notera également que, bien que dans les exemples décrits précédemment, les diamètres d_1 et d_2 du forage 20 et des appuis 50 soit sensiblement constants, le diamètre de la ou des premières et/ou
25 secondes portions de colonne peut varier sur une partie ou sur l'ensemble de leur hauteur.

En outre, on notera que le procédé selon l'invention peut être réalisé sans tubage, notamment lorsque le sol est peu friable et que les risques d'éboulement sont maîtrisés. Dans ce cas, l'outil de forage et de mélange
30 est un outil à élargissement contrôlé, dont l'envergure peut varier entre au moins un premier diamètre adapté à l'étape de forage et au moins un second diamètre, plus grand, adapté à l'étape de traitement. Dans ce cas notamment, le remplissage du forage en fin de traitement et la réalisation d'une seconde portion de colonne peut ne pas être nécessaire.

35

REVENDECATIONS

- 5 1. Procédé de renforcement des fondations d'un pylône, les fondations comportant au moins une dalle (14, 16) enfouie dans un sol (10) et présentant une épaisseur verticale (e_1), caractérisé en ce que :

 - on réalise un forage (20) traversant un volume de sol (10) situé sur la dalle ainsi que l'épaisseur (e_1) de la dalle (14, 16) ; puis
 - 10 - on réalise un traitement d'une portion de sol située sous la dalle (14, 16) en mélangeant le sol en place (10) avec un liant rapporté de manière à former une première portion de colonne (50, 50') ayant une section transversale supérieure à celle du forage (20).
- 15 2. Procédé de renforcement selon la revendication 1, dans lequel le forage (20) et le traitement de la portion de sol sont réalisés en continu, l'un à la suite de l'autre, à l'aide d'un même outil de forage et de mélange (30).
- 20 3. Procédé de renforcement selon la revendication 1, dans lequel on réalise le forage (20) avec un outil de forage (30) qui est retiré du forage (20) avant le traitement de la portion de sol.
- 25 4. Procédé de renforcement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le forage (20) est réalisé de manière à s'étendre en dessous de l'épaisseur (e_1) de la dalle (14, 16) à une profondeur (P_2) strictement supérieure à la profondeur maximale (P_1) de la dalle (14, 16), et le traitement

30 de la portion de sol est réalisé à ladite profondeur (P_2), grâce à quoi la première portion de colonne (50, 50') est formée à distance de la dalle (14, 16).
- 35 5. Procédé de renforcement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on place un tubage (40) dans

le forage (20) avant la réalisation du traitement de la portion de sol.

- 5 6. Procédé de renforcement selon la revendication 5, dans lequel on introduit le tubage (40) jusqu'à une profondeur (P2) supérieure à la profondeur maximale (P1) de la dalle (14, 16).
- 10 7. Procédé de renforcement selon la revendication 5 ou 6, dans lequel on retire le tubage (40) une fois que le traitement de la portion de sol est terminé.
- 15 8. Procédé de renforcement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le forage (20) est incliné par rapport à la verticale.
- 20 9. Procédé de renforcement selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel on injecte au moins un matériau de remplissage dans tout ou partie du forage (20) après le traitement de la portion de sol, de manière à former une seconde portion de colonne (52, 52'), solidaire de la première portion de colonne (50, 50'), de sorte que la seconde portion de colonne (52, 52') présente une section transversale inférieure à celle de la première portion de colonne (50, 50').
- 25 10. Procédé de renforcement selon la revendication 9, dans lequel ledit matériau de remplissage est le même liant que celui utilisé pour le traitement de la portion de sol, et la première et la seconde portion de colonne (50, 50', 52, 52') sont réalisées en continu, l'une à la suite de l'autre.
- 30 11. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 pour renforcer les fondations d'un pylône (100) comportant quatre pieds, chacun des pieds étant solidaire d'une dalle (14, 16) entièrement enfouie dans le sol (10).
- 35

- 5 12. Structure de renforcement des fondations d'un pylône (100), les fondations comportant au moins une dalle (14, 16) enfouie dans un sol et présentant une épaisseur verticale (e_1), caractérisé en ce qu'elle comprend au moins une première portion de colonne (50, 50') disposée sous la dalle (14, 16), à distance de cette dernière.
- 10 13. Structure de renforcement selon la revendication 12, dans laquelle la première portion de colonne (50, 50') est une structure rigide comportant un liant tel qu'un coulis, un mortier ou un béton.
- 15 14. Structure de renforcement selon la revendication 12 ou 13, comprenant en outre au moins une seconde portion de colonne (52, 52'), s'étendant depuis la première portion de colonne (50, 50'), présentant une section transversale inférieure à celle de la première portion de colonne, située au-dessus de la première portion de colonne (50, 50') et traversant l'épaisseur (e_1) de la dalle (14, 16).
- 20 15. Structure de renforcement selon la revendication 14, dans laquelle la première et la seconde portion de colonne (50, 52, 50', 52') forment une colonne continue.
- 25 16. Structure de renforcement selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans laquelle la première portion de colonne (50, 50') est inclinée par rapport à la verticale.

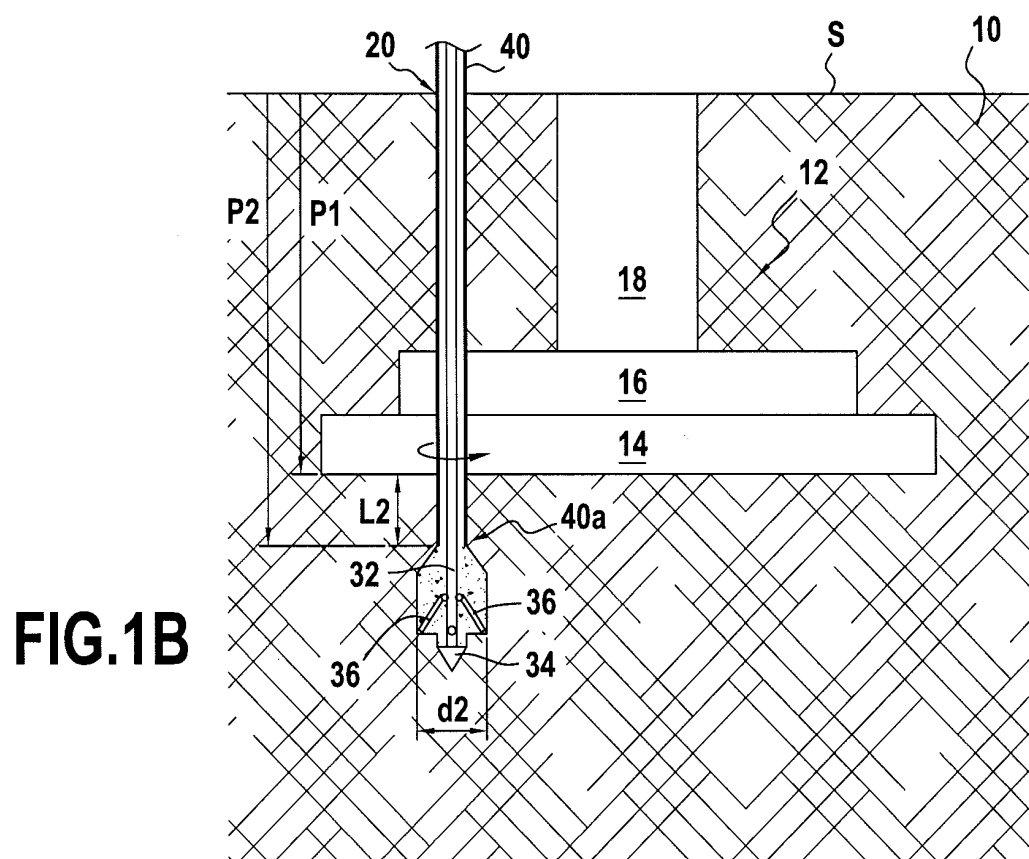
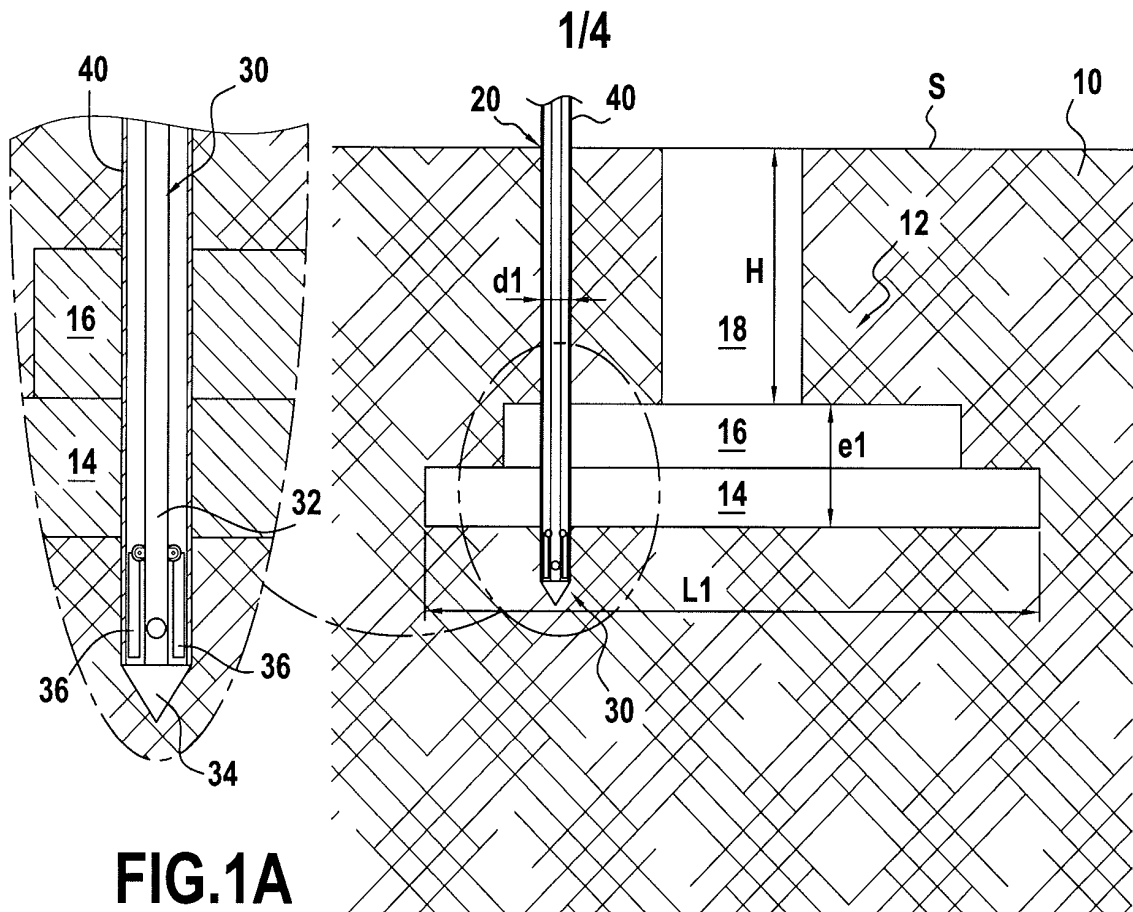


FIG.1C

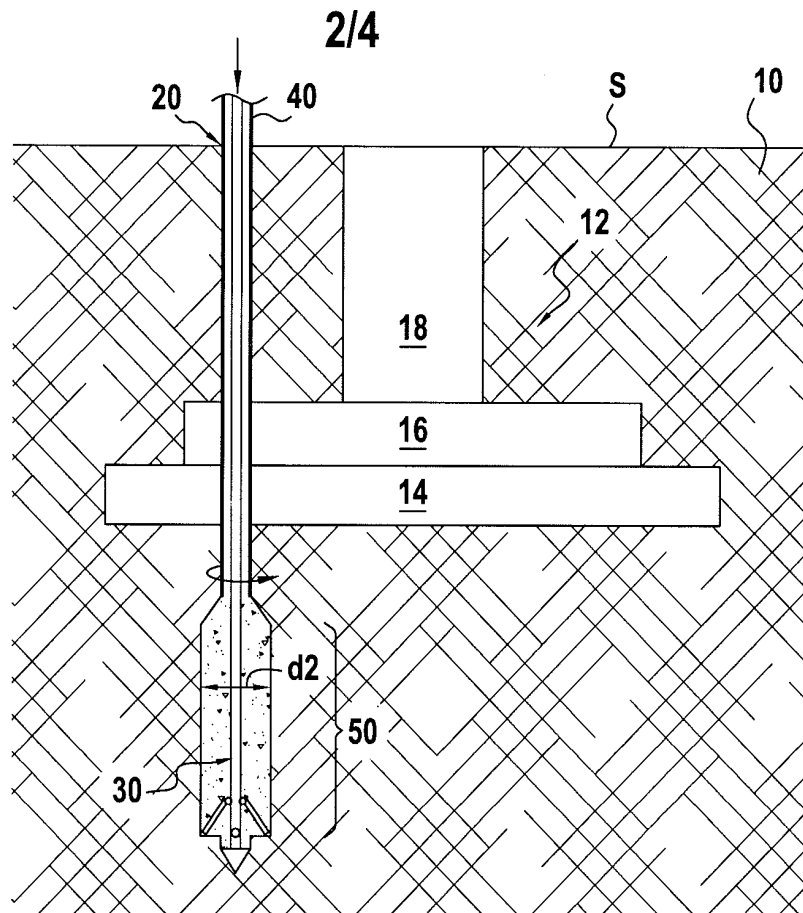


FIG.1D

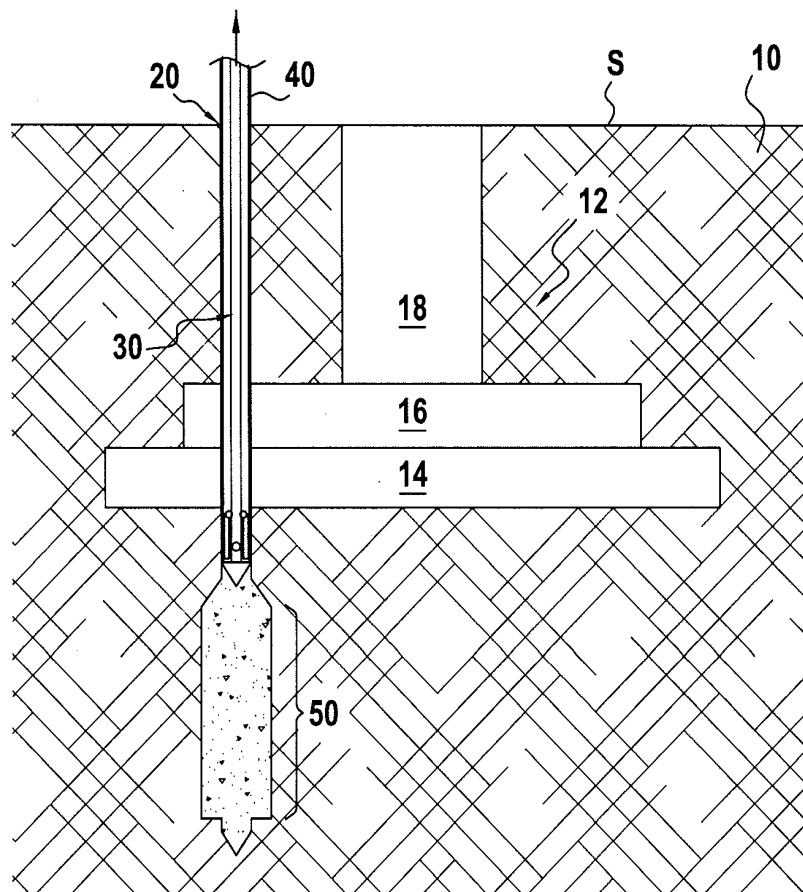


FIG.1E

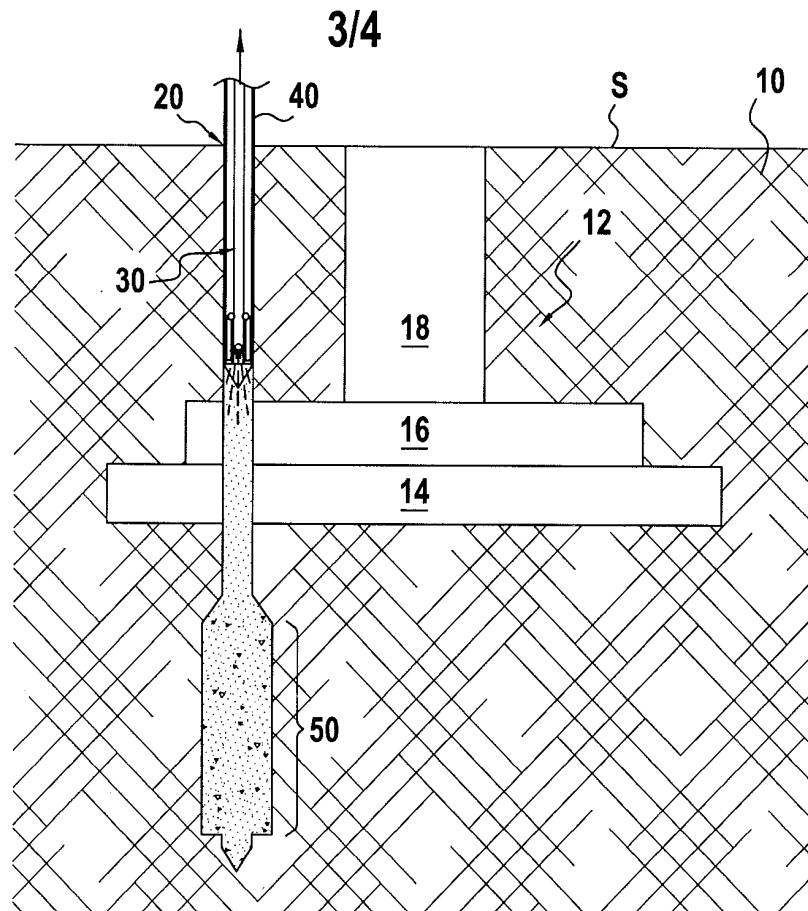
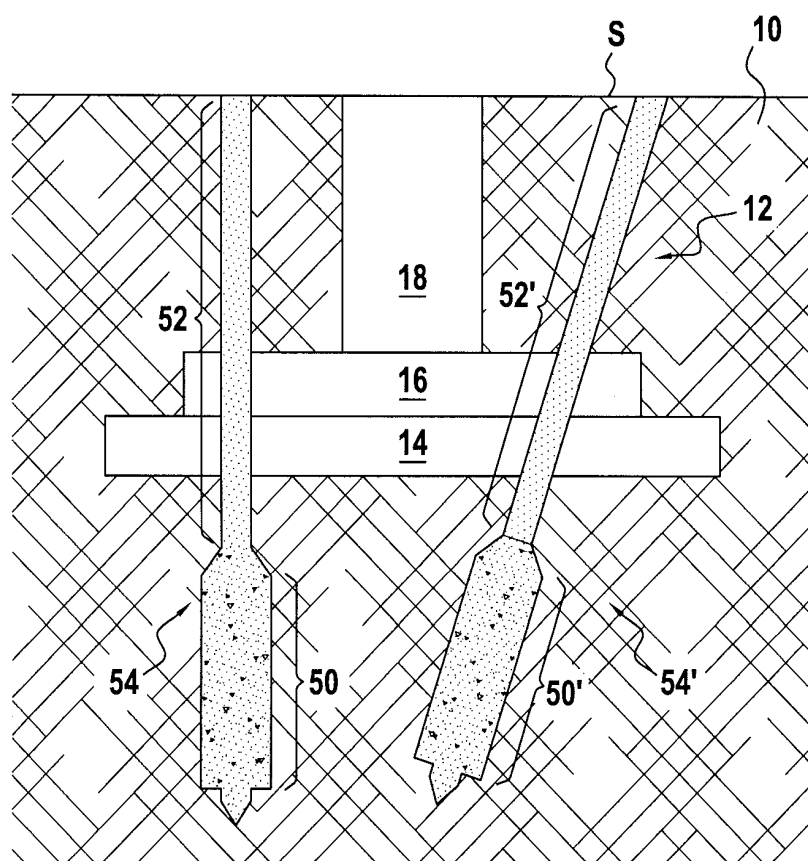
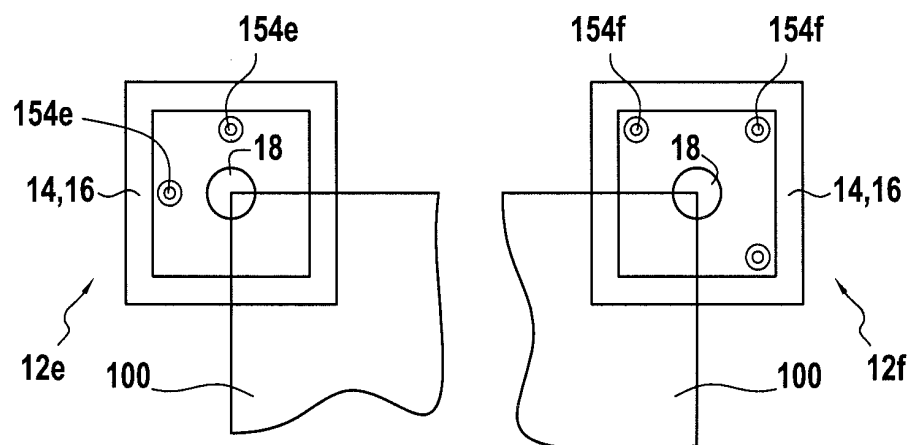
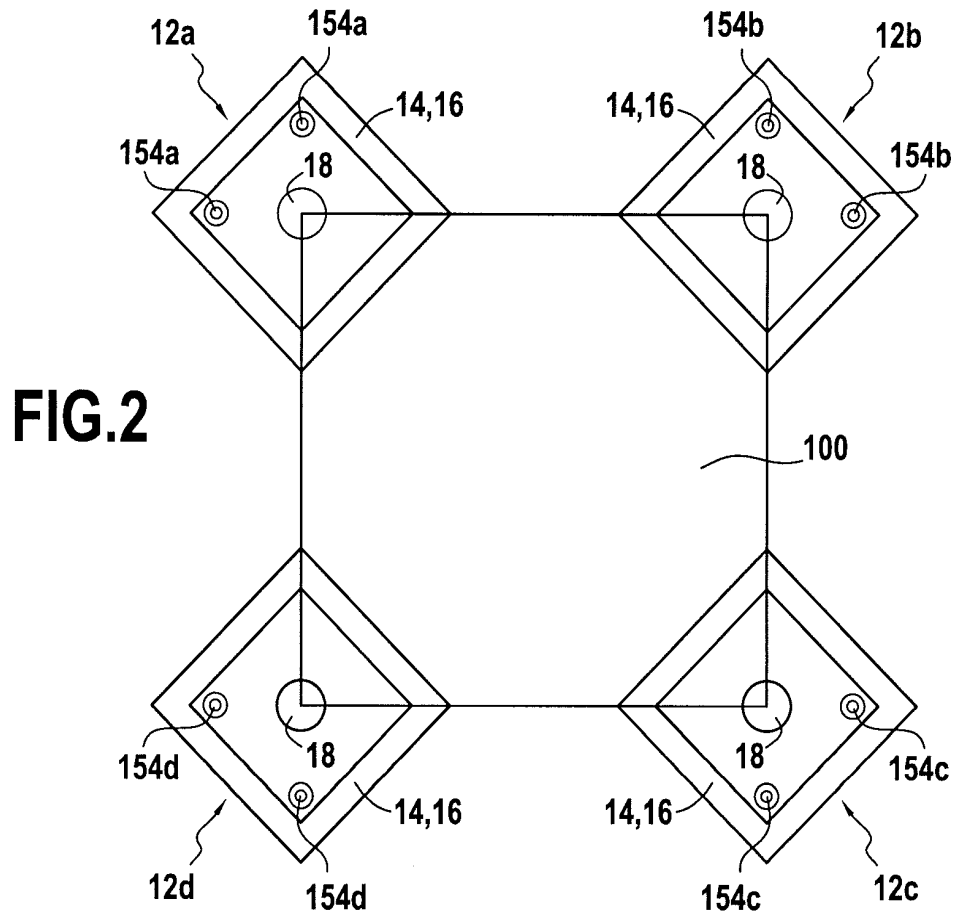


FIG.1F



4/4





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 746619
FR 1150278

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		
X	EP 1 205 605 A2 (LEEUVEN HARMELEN B V GEB VAN [NL]; WOPB B V V D [NL]) 15 mai 2002 (2002-05-15) * alinéa [0017] - alinéa [0036]; figure 1 *	1,2,4,8, 12-16	E02D27/48 E02D27/42
X	FR 2 837 509 A1 (GTM [FR]; DELTASOL T S [FR]) 26 septembre 2003 (2003-09-26) * le document en entier *	12-15	
A		1-11	
X	US 2010/031589 A1 (FERNALD CHRISTOPHER M [US] ET AL) 11 février 2010 (2010-02-11) * le document en entier *	12-16	
A		1-10	
X	FR 2 874 223 A1 (SCERER [FR]) 17 février 2006 (2006-02-17) * le document en entier *	12,14-16	
A		1-10	
X	JP 60 003320 A (KANSAI ELECTRIC POWER CO; YAMAMOTO MINORU) 9 janvier 1985 (1985-01-09) * abrégé *	12,13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			E02D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 août 2011		Geiger, Harald	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1150278 FA 746619**

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 **09-08-2011**

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 1205605	A2	15-05-2002	NL 1016588 C1	14-05-2002
FR 2837509	A1	26-09-2003	AUCUN	
US 2010031589	A1	11-02-2010	AUCUN	
FR 2874223	A1	17-02-2006	AT 404740 T	15-08-2008
			BR PI0514614 A2	31-08-2010
			CA 2576628 A1	23-02-2006
			CN 101040088 A	19-09-2007
			DK 1794375 T3	08-12-2008
			EP 1794375 A2	13-06-2007
			ES 2313425 T3	01-03-2009
			WO 2006018590 A2	23-02-2006
			MA 28797 B1	01-08-2007
			PT 1794375 E	25-11-2008
			SI 1794375 T1	30-06-2009
			US 2008056830 A1	06-03-2008
JP 60003320	A	09-01-1985	AUCUN	