



(11) **EP 1 936 039 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**18.08.2010 Bulletin 2010/33**

(51) Int Cl.:  
**E02D 27/42<sup>(2006.01)</sup> E02D 37/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **07122090.9**

(22) Date de dépôt: **03.12.2007**

(54) **Procédé de renforcement de fondations comportant une dalle enfouie dans le sol, notamment de fondations pour pylônes, et structure obtenue**

Verfahren zur Fundamentverstärkung, das eine in den Boden eingelassene Fundamentplatte umfasst, insbesondere für Fundamente von Masten, und so erhaltene Konstruktion

Method of strengthening foundations comprising a slab buried in the ground, in particular foundations for pylons, and structure obtained

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE  
SI SK TR**

(30) Priorité: **05.12.2006 FR 0655316**

(43) Date de publication de la demande:  
**25.06.2008 Bulletin 2008/26**

(73) Titulaire: **Soletanche Freyssinet  
92500 Rueil Malmaison (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Renoud-Lias, Bruno  
92000, Nanterre (FR)**

• **Landrot, Julien  
92000, Nanterre (FR)**  
• **Borel, Serge  
92000, Nanterre (FR)**

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

(56) Documents cités:  
**WO-A-2006/018590 FR-A- 2 881 448  
FR-A1- 2 845 705 JP-A- 10 025 734**

**EP 1 936 039 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention a pour objet un procédé de renforcement de fondations de pylônes, notamment mais non exclusivement de pylônes électriques pour les lignes électriques à haute tension et une structure de renforcement.

**[0002]** Les fondations de pylônes sont le plus souvent constituées de massifs enterrés en béton, généralement de forme cylindrique ou rectangulaire et formés d'une cheminée surmontant une ou plusieurs dalles horizontales dont les sections vont en augmentant avec la profondeur. La profondeur de la dalle inférieure varie typiquement de 1,5 m à 5 m sous la surface du terrain naturel. Afin d'améliorer l'ancrage de la fondation, un redan est parfois creusé dans le sol naturel.

**[0003]** Plusieurs raisons peuvent motiver le renforcement des fondations de pylônes déjà existantes. Par exemple, on peut citer :

- la modification des règles de calcul, en particulier pour prendre en compte des cas de calcul plus sévères (par exemple des rafales de vent lors d'une tempête) ;
- la modification des conditions d'exploitation de la fondation (par exemple une augmentation du poids des câbles portés par les pylônes supportant les lignes électriques) ; ou
- la découverte qu'une fondation a une géométrie réelle qui diffère de la géométrie théorique.

**[0004]** Pour résoudre ce problème, la solution habituellement mise en oeuvre consiste à installer des micro-pieux qui sont liaisonnés 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 dispositifs de renforcement du type mentionné ci-dessus.

**[0005]** En général, les micro-pieux sont dimensionnés pour reprendre l'ensemble des efforts de la structure ignorant ainsi la contribution de la fondation superficielle existante. En effet, le comportement du micro-pieux est généralement beaucoup plus raide que celui du massif et dans la majorité des cas on ne peut plus considérer la part de charge reprise par le massif superficiel.

**[0006]** Lorsque les nouveaux efforts ne diffèrent pas très significativement des efforts pour lesquels la fondation a été dimensionnée, il est judicieux de renforcer la fondation existante en la combinant avec un dispositif complémentaire destiné à reprendre uniquement le déficit de portance. C'est en particulier le cas pour les efforts à l'arrachement où il s'agit souvent d'augmenter de 10 à 30 % la résistance à l'arrachement ou encore de l'augmenter l'ordre d'une dizaine de tonnes.

**[0007]** Un premier objet de la présente invention est de proposer un procédé de renforcement de fondation de pylônes qui soit plus simple de mise en oeuvre et d'une efficacité plus grande par rapport au coût des tra-

vaux engagés, tout en évitant de fragiliser la fondation pendant les opérations de renforcement.

**[0008]** L'invention est basée sur les observations suivantes :

**[0009]** Lorsqu'elle est soumise à des efforts de compression, la fondation résiste en transférant la charge de la structure par une pression sur le terrain situé sous la semelle inférieure du massif.

**[0010]** La figure 1 annexée illustre la façon dont résiste la fondation lorsque celle-ci est soumise à des efforts d'arrachement.

**[0011]** Sur cette figure, on a représenté le sol naturel 10 avec sa surface S. On y a fait figurer également la fondation 12 constituée par les dalles horizontales 14 et 16 et par sa cheminée 18 sur la face supérieure 18a de laquelle est fixé le pylône. Sur cette figure, on a également représenté dans le sol le remblai 20 qui doit être remis en place après la réalisation de la fondation 12.

**[0012]** Il s'avère que soumis à des efforts d'arrachement, le massif de fondation résiste par son poids propre augmenté du poids d'un cône de terrain représenté par les lignes 22 surmontant la semelle inférieure, cône dont le volume dépend essentiellement des caractéristiques mécaniques du sol.

**[0013]** L'invention est basée sur le principe qui consiste par des travaux de terrassement à augmenter le volume de sol qui va résister aux efforts d'arrachement appliqués à la fondation 12 tout en limitant ces travaux au maximum et en limitant également, pendant ces travaux, la réduction de la portance et enfin en s'adaptant aux restrictions de possibilité d'intervention dues aux conditions d'accès sous la structure portée par le massif de fondation. Un but supplémentaire de l'invention est que ce procédé ne nécessite que peu d'apport de matériau extérieur.

**[0014]** Pour atteindre ce but selon l'invention, le procédé de renforcement de fondations notamment pour pylônes, lesdites fondations comportant au moins une dalle sensiblement horizontale enfouie dans le sol, se caractérise en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

a) on réalise au moins une tranchée verticale dans le sol dont le tracé intersecte une partie de ladite dalle, ladite tranchée ayant une largeur très inférieure aux dimensions horizontales de ladite dalle et une hauteur supérieure à sa largeur et, en projection horizontale, une partie de ladite tranchée s'étendant au-delà du contour de ladite dalle ; et

b) on remplit ladite tranchée avec un matériau comprenant au moins en partie un liant hydraulique pour former dans le sol une paroi résistante mécaniquement reliée à ladite dalle.

**[0015]** On comprend que la paroi ou les parois verticale(s) réalisée(s) dans le sol qui coopère(nt) mécaniquement avec la fondation augmente(nt) le volume de terrain participant à la résistance aux efforts d'arrachement susceptibles d'être appliqués aux pylônes et donc

à la fondation, en raison de leurs dimensions.

**[0016]** En outre, le procédé comprend la réalisation de tranchées verticales dont les dimensions peuvent être relativement réduites tout en conférant une amélioration très sensible de la résistance aux efforts d'arrachement. De plus, selon l'invention, la ou les tranchées est(sont) réalisée(s) en ajoutant au moins en partie un liant hydraulique.

**[0017]** Par paroi verticale dans le sol, il faut entendre un ouvrage d'art constitué par un matériau résistant enfoui dans le sol dont la hauteur est très sensiblement supérieure à sa largeur.

**[0018]** De préférence, pour réaliser l'élément de renforcement on découpe le sol pour réaliser cette tranchée et on mélange le sol découpé avec un liant hydraulique pour obtenir une paroi résistante dans le sol.

**[0019]** Cette technique de mélange in situ du sol découpé avec un liant hydraulique sans extraction du sol découpé de la tranchée est habituellement appelée "soil mixing".

**[0020]** Le tracé de la paroi ou des parois par rapport au contour de la dalle de la fondation peut prendre différentes formes dès lors que cette paroi coopère mécaniquement avec la fondation.

**[0021]** Les parois peuvent en particulier être disposées de part et d'autre de la cheminée de la fondation ou ne pas passer par cette cheminée mais bien sûr intersecter la dalle de la fondation.

**[0022]** De préférence, la largeur de la tranchée et donc de la paroi est comprise entre 20 et 50 cm.

**[0023]** Plus généralement, de préférence, la largeur de la tranchée, c'est-à-dire de la paroi est inférieure au quart de la largeur de la dalle.

**[0024]** Un deuxième objet de l'invention est de fournir une structure de renforcement d'une fondation du type obtenu par la mise en oeuvre du procédé.

**[0025]** La structure de renforcement d'une fondation, notamment pour pylônes, ladite fondation comportant au moins une dalle sensiblement horizontale, se caractérise en ce qu'elle comprend au moins une paroi verticale mécaniquement résistante réalisée dans le sol, le tracé de ladite paroi, en projection horizontale, intersectant ladite dalle de la fondation pour coopérer mécaniquement avec ladite fondation, une partie de ladite paroi s'étendant au-delà du contour de ladite dalle.

**[0026]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de plusieurs modes de mise en oeuvre de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux figures annexées, sur lesquelles :

- la figure 1 déjà décrite illustre le principe de l'invention ;
- la figure 2 est une vue en perspective d'un premier exemple de renforcement de fondation ;
- la figure 2A est une vue de dessus d'un premier mode de mise en oeuvre du procédé représenté sur la figure 2 ;

- la figure 2B est une coupe dans le sol montrant les moyens de renforcement de la figure 2A ;
- la figures 3A, 3B et 3C montrent des formes possibles de tranchées et de parois pour réaliser le système de renforcement de la fondation ;
- la figure 4 illustre les possibilités fournies par le procédé objet de l'invention pour renforcer une structure tétrapode de fondations pour un pylône électrique en treillis ; et
- les figures 5A et 5B illustrent l'utilisation d'un outil permettant de réaliser les tranchées et parois nécessaires à la mise en oeuvre du procédé.

**[0027]** En se référant tout d'abord aux figures 2, 2A et 2B, on va décrire un premier exemple de mise en oeuvre du procédé de renforcement de la fondation. Sur ces figures, cette fondation 12 est constituée par des dalles horizontales 14 et 16 et par la cheminée 18.

**[0028]** Ainsi qu'on l'a déjà expliqué, le procédé consiste à réaliser une ou plusieurs parois résistante(s) enfouie(s) dans le sol qui coopère(nt) avec la fondation et qui permet d'augmenter très sensiblement le volume de sol naturel participant à la résistance aux efforts d'arrachement.

**[0029]** Dans l'exemple représenté sur les figures 2, 2A, 2B, on trouve deux parois 26 et 28 alignées et disposées de part et d'autre de la cheminée 18, la partie inférieure 26a, 28a des parois coopérant avec les dalles horizontales 14 et 16. Il pourrait, bien sûr, y avoir plusieurs parois.

**[0030]** On comprend ainsi que le volume de sol naturel qui va participer à la résistance aux efforts d'arrachement est non seulement celui qui est disposé au-dessus des dalles 14 et 16, mais également le volume de sol qui coopère avec les deux parois 26 et 28. Cela permet pour une surface totale de parois d'obtenir un accroissement très sensible du volume de sol participant à la résistance aux efforts d'arrachement du fait que les parois s'étendent au-delà du contour de la dalle.

**[0031]** Dans tous les cas, la largeur 1 des parois 26 et 28 est très inférieure aux dimensions L et L' de la dalle de la fondation. Typiquement, cette largeur est de l'ordre de 20 à 50 cm et de toute manière très inférieure au quart des dimensions L et L' de la fondation.

**[0032]** En revanche, la longueur L1, L2 de chaque paroi 26, 28 est telle qu'une partie de la paroi s'étend au-delà du contour de la dalle.

**[0033]** De préférence, pour réaliser les parois mécaniquement résistantes 26, 28, on utilise une technique qui consiste à découper une tranchée 26', 28' dans le sol dont la forme correspond à celle de la paroi à réaliser et, tout en réalisant cette découpe, à mélanger le sol découpé avec un liant hydraulique convenable. Cette technique est en soi parfaitement connue et appelée "soil mixing" en langue anglo-saxonne. Il n'y a donc pas lieu de la décrire plus en détail.

**[0034]** La quantité de liant hydraulique dépend de la nature du sol en place et des caractéristiques mécaniques que l'on veut obtenir pour le mélange sol/liant hy-

draulique. Cette quantité varie typiquement de 75 kg/m<sup>3</sup> à 400 kg/m<sup>3</sup> de sol en place. De préférence, cette quantité est comprise entre 125 kg/m<sup>3</sup> et 250 kg/m<sup>3</sup>.

**[0035]** Le liant peut être introduit soit par voie humide, c'est-à-dire sous forme d'un coulis injecté au niveau de l'outil de mélange, soit par voie sèche, c'est-à-dire sous forme pulvérulente, disposée à la surface du sol dans une prétranchée ou encore injectée au niveau de l'outil dans un flux d'air comprimé.

**[0036]** Sur les figures 5A et 5B, on a représenté un exemple d'outil permettant la réalisation des tranchées et donc des parois.

**[0037]** Cet outil est constitué par un engin mobile 30 de préférence pourvu de chenilles 32 dont la plate-forme est équipée d'un bras mécanique 36 à l'extrémité 36a duquel est monté l'outil 38 de découpe du sol et de mélange de celui-ci avec le liant hydraulique.

**[0038]** Dans l'exemple considéré, l'outil 38 est constitué par une chaîne sans fin 40 portant des ergots de découpe 42 et des éléments de mélange 44. La structure centrale 46 de l'outil comporte de plus une canalisation 48 pour injecter dans le sol le liant hydraulique. Cette canalisation 48 comporte une ou plusieurs buses d'injection telles que 50 réparties sur toute la hauteur de l'outil. Lorsque la chaîne sans fin est mise en mouvement et l'injection initiée, on obtient ainsi un mélange efficace du sol découpé avec le liant hydraulique. En outre, on comprend que ces travaux sont relativement légers et peuvent être réalisés avec des machines de type classique.

**[0039]** Il va de soi que d'autres outils pourraient être utilisés pour réaliser la tranchée et la paroi par soil mixing. Cependant, l'outil décrit ci-dessus est bien adapté au problème d'accès que peut présenter la fondation à renforcer.

**[0040]** Comme cela est connu, au lieu d'injecter le liant hydraulique à l'aide de l'outil servant à réaliser la tranchée, il est possible, sur le tracé de la tranchée à réaliser, de déposer le liant hydraulique sous forme pulvérulente dans une pré-tranchée et de mélanger celui-ci avec le sol découpé au fur et à mesure de la réalisation de cette tranchée.

**[0041]** Bien entendu, de préférence après la réalisation des parois 26, 28, il est possible que leur partie supérieure 26b, 28b s'arrête en dessous de la surface du sol de telle manière que l'on puisse mettre un remblai au-dessus de cette face supérieure pour redonner au sol son état initial.

**[0042]** Il est important de souligner que lors de la réalisation de la ou des tranchées en vue de constituer la ou les parois en projection horizontale, la surface de la fondation et plus précisément de ses dalles 14 et 16 qui se trouve ainsi découverte est très limitée puisqu'elle se réduit à la surface d'intersection de la ou des parois ou tranchées avec ces dalles. Cela permet ainsi d'éviter que, dans la phase de réalisation des travaux, la résistance à l'arrachement de la fondation ne soit très significativement diminuée, ce qui bien sûr pourrait être très

préjudiciable en cas de survenance d'événements, par exemple météorologiques, exceptionnels durant les travaux.

**[0043]** Les figures 3A, 3B et 3C montrent différentes formes possibles pour la paroi de renforcement de la fondation 12.

**[0044]** Sur la figure 3A, on trouve trois parois 40, 42 et 44 qui sont disposées de façon radiale par rapport à la cheminée 18 de la fondation et décalée mutuellement de 120 degrés. Les différentes parois, en projection horizontale, s'étendent au-delà du pourtour de la dalle de la fondation.

**[0045]** Sur la figure 3B, on trouve quatre parois 46, 48, 50 et 52 disposées radialement par rapport à la cheminée 18 et décalées mutuellement de 90 degrés, dont une partie s'étend au-delà du pourtour de la dalle.

**[0046]** Dans le cas de la figure 3C, on trouve deux parois 54 et 56 qui intersectent la fondation 12 et plus précisément ses dalles 14, 16 sans passer par la cheminée 18 de la fondation 12. Les parois s'étendent également au-delà du contour de la dalle de la fondation.

**[0047]** Ces différentes formes possibles de tranchées et de parois montrent que le procédé objet de l'invention peut s'adapter très facilement aux différents obstacles qui peuvent se présenter à proximité de la fondation à renforcer. Elles montrent aussi qu'il est possible d'adapter les éléments de renforcement aux directions privilégiées d'efforts à l'arrachement susceptibles d'être appliqués à la fondation.

**[0048]** Sur la figure 4, on a représenté de façon simplifiée un mode de renforcement des fondations d'un pylône tétrapode 60 qui repose donc sur quatre fondations 62, 64, 66 et 68. Pour chaque élément de fondations 62 à 68, on réalise deux parois 62', 64', 66' et 68' qui présentent des tracés compatibles et donc accessibles compte tenu de la présence du pylône tétrapode 60.

**[0049]** On voit que ce procédé qui ne nécessite que la réalisation pour chaque fondation d'une ou plusieurs tranchées permet d'avoir un accès simple au terrain même dans le cas de structures relativement encombrantes telles qu'un pylône tétrapode. Il est en effet possible de définir le tracé des différentes tranchées et parois de telle manière qu'elles soient sensiblement entièrement disposées à l'extérieur du polygone reliant les différentes fondations ou plus précisément les cheminées des différentes fondations.

## Revendications

1. Procédé de renforcement de fondations notamment pour pylônes, lesdites fondations (12) comportant au moins une dalle (14, 16) sensiblement horizontale enfouie dans le sol, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

a) on réalise au moins une tranchée verticale dans le sol dont le tracé intersecte une partie de

- ladite dalle (14, 16), ladite tranchée ayant une largeur très inférieure aux dimensions horizontales de ladite dalle, une hauteur très supérieure à sa largeur et, en projection horizontale, une partie de ladite tranchée s'étendant au-delà du contour de ladite dalle ; et
- b) on remplit ladite tranchée avec un matériau comprenant au moins en partie un liant hydraulique pour former dans le sol une paroi (26, 28, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 62', 64', 66', 68') résistante qui est mécaniquement reliée à ladite dalle.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'étape b) consiste à découper le sol pour réaliser ladite tranchée et à mélanger le sol découpé avec un liant hydraulique pour obtenir ladite paroi résistante dans le sol.
  3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'on** réalise deux tranchées (26, 28) disposées de part et d'autre de la cheminée de ladite fondation, chaque tranchée reposant en partie sur ladite dalle (14, 16).
  4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** le tracé de ladite tranchée (54, 56), ne passe pas par la cheminée de ladite fondation.
  5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la largeur de ladite tranchée est inférieure au quart de la largeur de ladite dalle (14, 16).
  6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la largeur de ladite tranchée (26, 28) est comprise entre 20 et 50 cm.
  7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** lesdites fondations comprennent une pluralité d'éléments de fondation (62, 64, 66, 68) distants les uns des autres, chaque élément de fondation comportant au moins une dalle sensiblement horizontale et une cheminée, et **en ce qu'on** réalise plusieurs tranchées (62, 64, 66, 68) chaque tranchée intersectant la dalle d'un élément de fondation.
  8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** lesdites tranchées sont disposées sensiblement à l'extérieur du polygone dont les sommets sont les cheminées desdits éléments de fondation (62, 64, 66, 68).
  9. Fondation comportant au moins une dalle (14, 16) sensiblement horizontale, **caractérisée en ce qu'elle** comprend en outre au moins une paroi (26, 28, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 62', 64', 66', 68') verticale mécaniquement résistante réalisée dans le sol, le tracé de ladite paroi, en projection horizontale, intersectant ladite dalle de la fondation pour coopérer mécaniquement avec ladite fondation, une partie de ladite paroi, en projection horizontale, s'étendant au-delà du contour de la dalle.
  10. Fondation selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** ladite paroi est réalisée par découpe du sol pour obtenir une tranchée verticale ayant le tracé de la paroi et par mélange du sol découpé avec un liant hydraulique.
  11. Fondation selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, **caractérisée en ce que** la largeur de la paroi est au plus égale au quart des dimensions de la dalle (14, 16) de la fondation.

## Claims

1. A method of reinforcing a foundation, in particular for a pylon, said foundation (12) comprising at least one substantially horizontal slab (14, 16) buried in the ground, and the method being **characterized in that** it comprises the following steps:

a) forming at least one vertical trench in the ground on a path that crosses a portion of said slab (14, 16), said trench having a width that is much smaller than the horizontal dimensions of said slab, having a depth that is much greater than its width, and in horizontal projection, having a portion that extends beyond the outline of said slab; and

b) filling said trench with a material comprising at least in part a hydraulic binder to form a strong wall (26, 28, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 62', 64', 66', 68') in the ground, which wall is mechanically connected to said slab.

2. A method according to claim 1, **characterized in that** step b) consists in cutting away the ground to form said trench and in mixing the cut-away ground with a hydraulic binder in order to obtain said strong wall in the ground.
3. A method according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** two trenches (26, 28) are made that are disposed on either side of the chimney of said foundation, each trench resting in part on said slab (14, 16).
4. A method according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** the path of said trench (54, 56) does not pass via the chimney of said foundation.

5. A method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the width of said trench is less than one-fourth of the width of said slab (14, 16).
6. A method according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the width of said trench (26, 28) lies in the range 20 cm to 50 cm.
7. A method according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** said foundation comprises a plurality of foundation elements (62, 64, 66, 68) that are spaced apart from one another, each foundation element comprising at least one substantially horizontal slab and a chimney, and **in that** a plurality of trenches (62, 64, 66, 68) are made, each trench crossing the slab of a foundation element.
8. A method according to claim 7, **characterized in that** said trenches are disposed substantially outside the polygon having vertices constituted by the chimneys of said foundation elements (62, 64, 66, 68).
9. A foundation including at least one substantially horizontal slab (14, 16), the foundation being **characterized in that** it further includes at least one mechanically strong vertical wall (26, 28, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 62', 64', 66', 68') made in the ground, the path of said wall, in horizontal projection, crossing said foundation slab so as to co-operate mechanically with said foundation, a portion of said wall, in horizontal projection, extending beyond the outline of the slab.
10. A foundation according to claim 9, **characterized in that** said wall is made by cutting away the ground to obtain a vertical trench along the path of the wall, and by mixing the cut-away ground with a hydraulic binder.
11. A foundation according to claim 9 or claim 10, **characterized in that** the width of the wall is no more than one-fourth of the dimensions of the foundation slab (14, 16).

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verstärken von Fundamenten, insbesondere für Masten, wobei die Fundamente (12) wenigstens eine im wesentlichen horizontale Platte (14, 16) aufweisen, die im Boden eingegraben ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** es die folgenden Schritte aufweist:
  - a) man stellt mindestens einen senkrechten Graben in dem Boden her, dessen Verlauf einen Teil der Platte (14, 16) schneidet, wobei der Graben eine Breite, die viel kleiner ist als die hori-

zontalen Maße der Platte, und eine Höhe besitzt, die viel größer ist als seine Breite, wobei sich in horizontaler Projektion ein Teil des Grabens über die Kontur der Platte hinaus erstreckt, und

b) man füllt den Graben mit einem Material, das mindestens zum Teil ein hydraulisches Bindemittel enthält, um in dem Boden eine widerstandsfähige Wand (26, 28, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 62', 64', 66', 68') zu bilden, die mechanisch mit der Platte verbunden ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schritt b) darin besteht, den Boden zu zerschneiden, um den Graben herzustellen, und den zerschnittenen Boden mit einem hydraulischen Bindemittel zu vermischen, um die widerstandsfähige Wand in dem Boden zu erzielen.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** man zwei Gräben (26, 28) herstellt, die zu beiden Seiten des Schachts des Fundaments angeordnet sind, wobei jeder Graben zum Teil auf der Platte (14, 16) ruht.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verlauf des Grabens (54, 56) nicht durch den Schacht des Fundaments verläuft.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Breite des Grabens kleiner ist als ein Viertel der Breite der Platte (14, 16).
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Breite des Grabens (26, 28) zwischen 20 und 50 cm liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Fundamente mehrere Fundamentelemente (62, 64, 66, 68) aufweisen, die voneinander beabstandet sind, wobei jedes Fundamentelement mindestens eine im wesentlichen horizontale Platte und einen Schacht aufweist, und daß man mehrere Gräben (62, 64, 66, 68) herstellt, wobei jeder Graben die Platte eines Fundamentelements schneidet.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gräben im wesentlichen außerhalb des Vielecks liegen, dessen Scheitel die Schächte der Fundamentelemente (62, 64, 66, 68) sind.
9. Fundament mit mindestens einer im wesentlichen horizontalen Platte (14, 16), **dadurch gekennzeichnet, daß** es ferner mindestens eine vertikale, me-

chanische widerstandsfähige Wand (26, 28, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 62', 64', 66', 68') aufweist, die in dem Boden hergestellt ist, wobei der Verlauf der Wand in horizontaler Projektion die Platte des Fundaments schneidet, um mechanisch mit dem Fundament zusammenzuwirken, wobei sich ein Teil der Wand in horizontaler Projektion über die Kontur der Platte hinaus erstreckt. 5

10. Fundament nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wand durch Zerschneiden des Bodens, um einen vertikalen Graben zu erzielen, der den Verlauf der Wand hat, und durch Mischen des zerschnittenen Bodens mit einem hydraulischen Bindemittel hergestellt wird. 10 15

11. Fundament nach einem der Ansprüche 9 und 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Breite der Wand mindestens gleich dem Viertel der Maße der Platte (14, 16) des Fundaments ist. 20

25

30

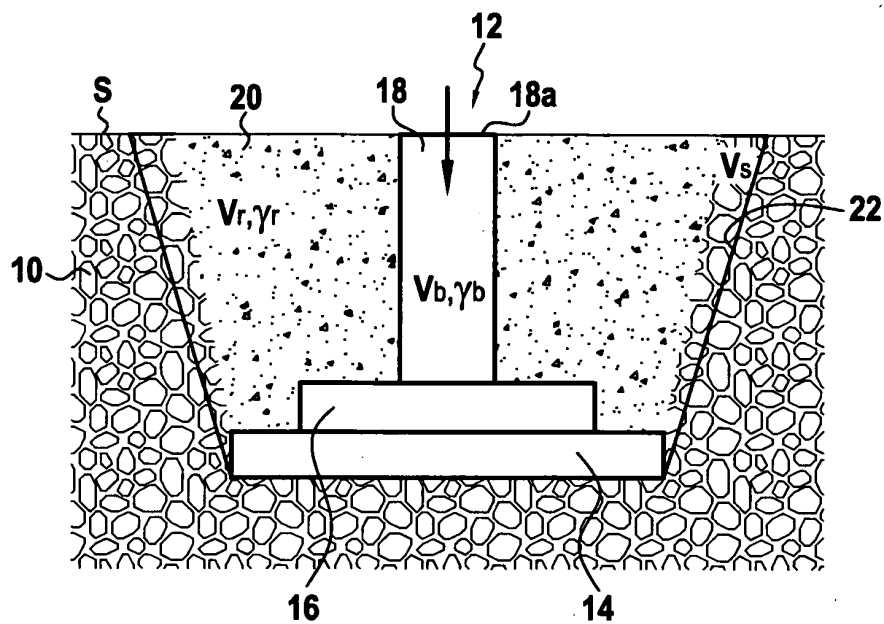
35

40

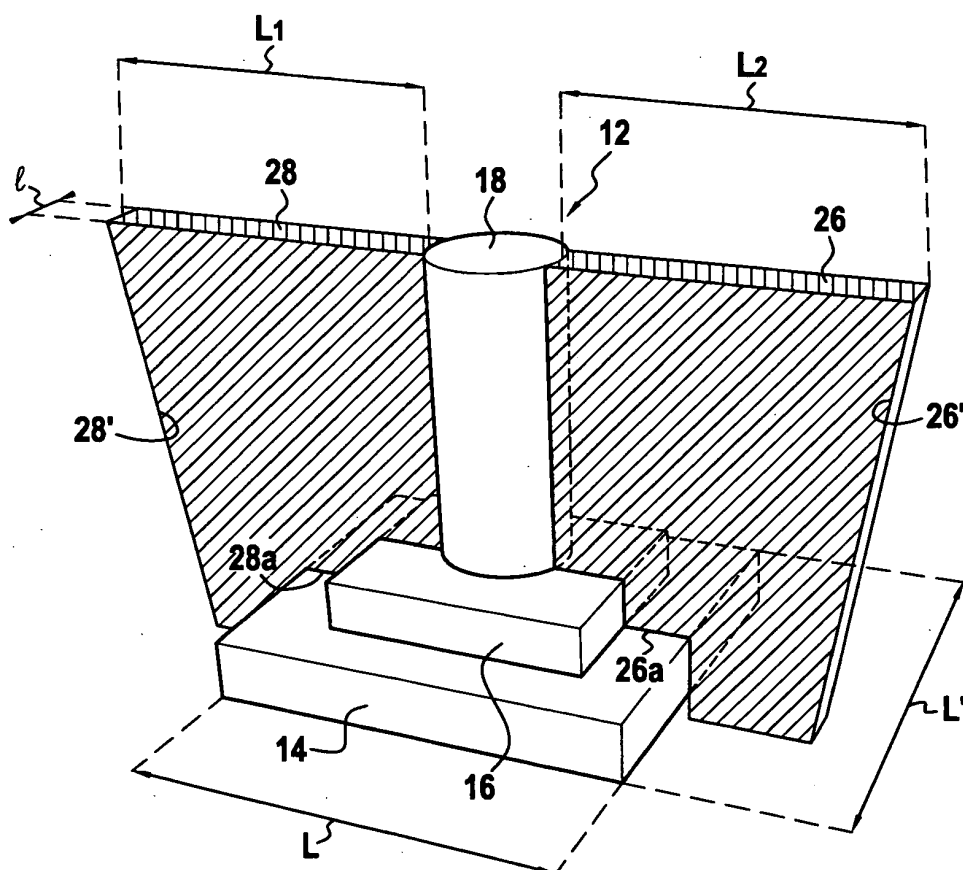
45

50

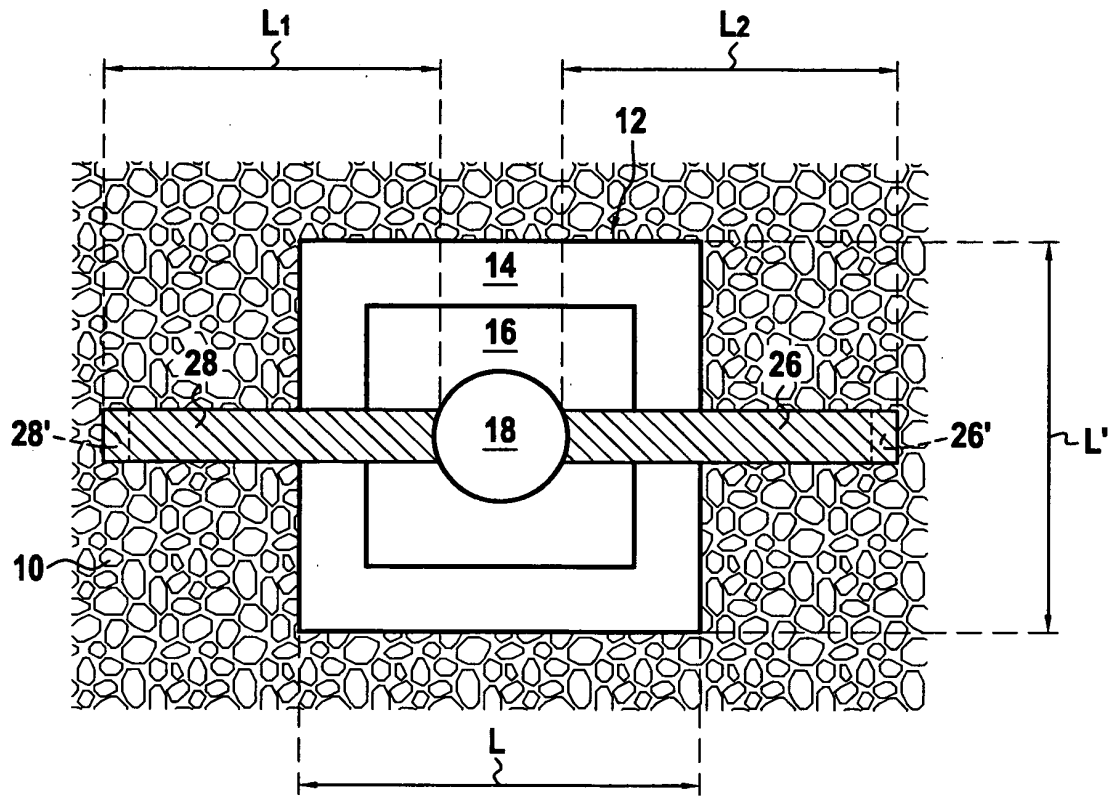
55



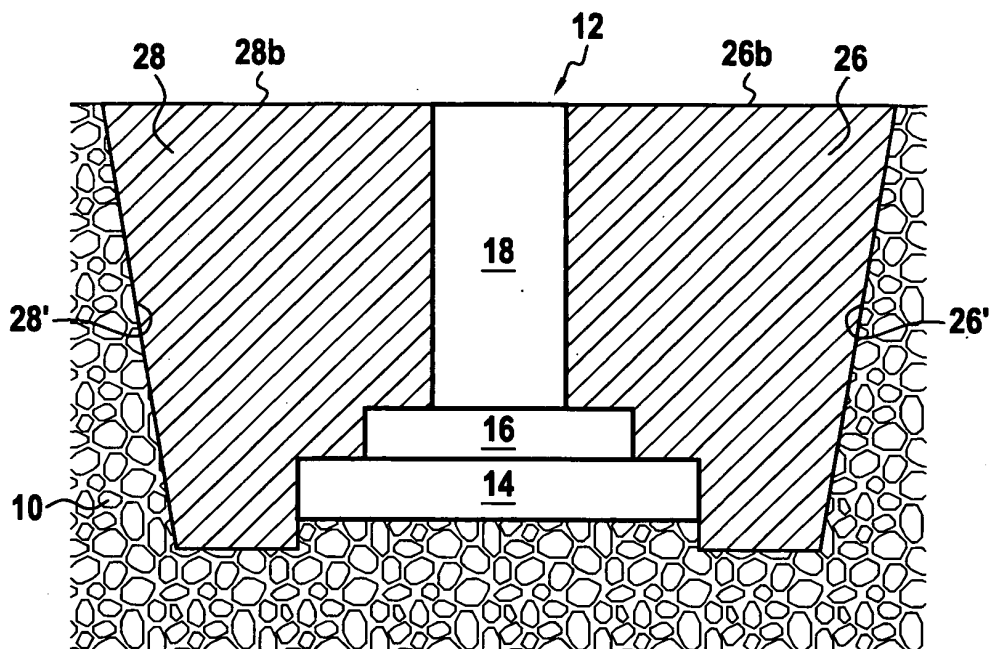
**FIG.1**



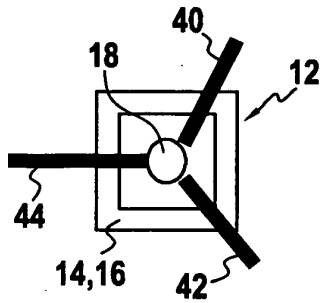
**FIG.2**



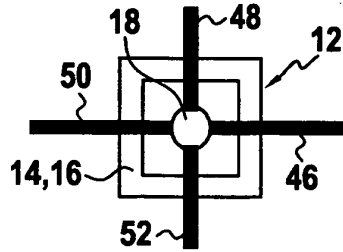
**FIG. 2A**



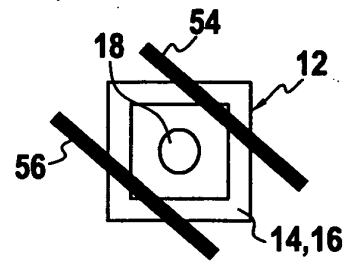
**FIG. 2B**



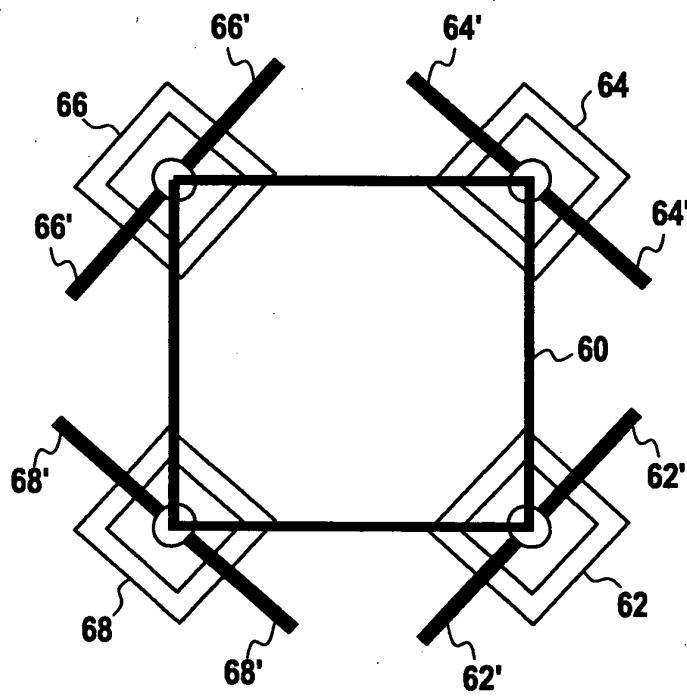
**FIG. 3A**



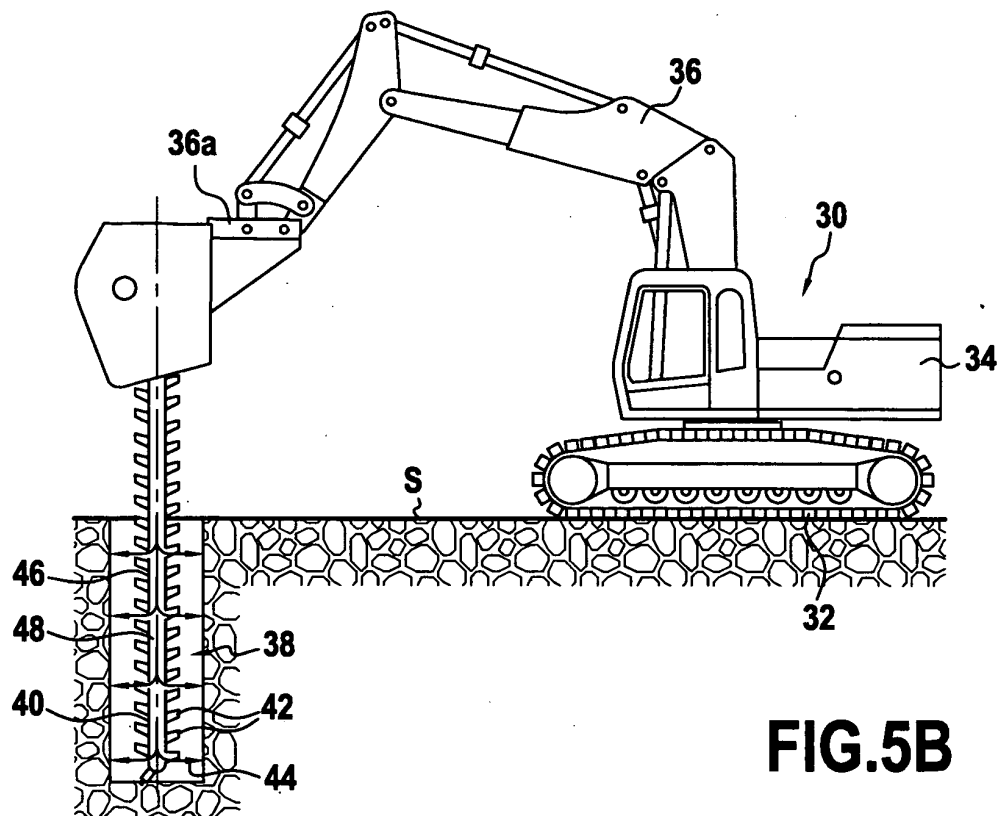
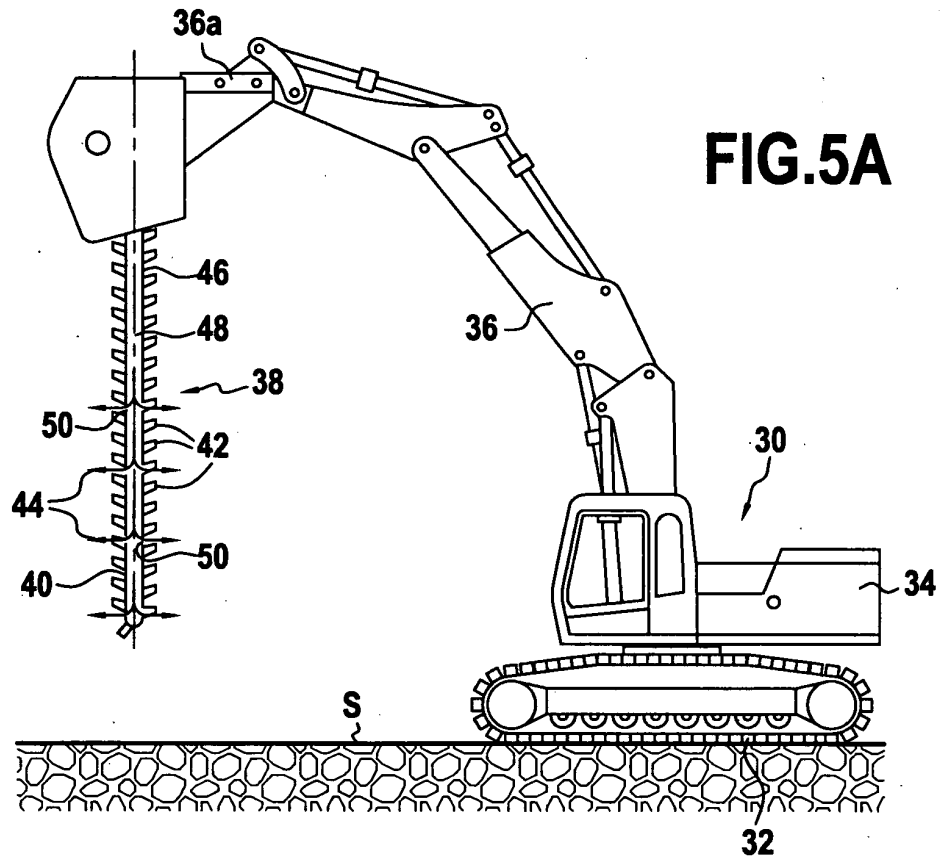
**FIG. 3B**



**FIG. 3C**



**FIG. 4**



**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**

- FR 2881448 [0004]