

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 229 172 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
28.04.2004 Bulletin 2004/18

(51) Int Cl.7: **E02D 13/06, E21B 44/00**

(21) Numéro de dépôt: **02290128.4**

(22) Date de dépôt: **18.01.2002**

(54) **Procédé et machine pour la réalisation de pieux forés en terrain dur**

Verfahren und Einrichtung zur Herstellung von Bohrpfählen im harten Untergrund

Method and apparatus for making drilled piles in hard ground

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **01.02.2001 FR 0101353**

(43) Date de publication de la demande:
07.08.2002 Bulletin 2002/32

(73) Titulaire: **COMPAGNIE DU SOL
92000 Nanterre (FR)**

(72) Inventeur: **Gouvenot, Daniel
92000 Nanterre (FR)**

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

(56) Documents cités:
EP-A- 0 401 119 US-A- 6 109 368

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no.
01, 28 février 1995 (1995-02-28) & JP 06 299531
A (KOKUDO KISO:KK;OTHERS: 01), 25 octobre
1994 (1994-10-25)**

EP 1 229 172 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention a pour objet un procédé et une machine pour la réalisation de pieux forés en terrain dur et notamment dans des terrains granitiques.

[0002] Lorsque l'on doit réaliser un ensemble de pieux forés pour servir notamment de base à la réalisation de constructions ultérieures, il est bien connu que, dans un premier temps, on réalise un forage de diamètre et de profondeur requis, puis on coule dans le forage ainsi réalisé du béton éventuellement armé pour constituer le pieu, le forage constituant le moule dans lequel le pieu est fabriqué.

[0003] Un des problèmes qui se posent pour assurer la réalisation convenable des pieux forés est de s'assurer que le fond du forage réalisé est bien situé sur une profondeur suffisante dans un sol de propriétés physiques convenables pour servir d'ancrage aux pieux. Le sol de propriétés physiques convenables sera par exemple une roche dure et notamment du granite. Dans le cas de cette dernière roche, il est nécessaire de s'assurer que la zone granitique est suffisamment saine, c'est-à-dire que le granite est non friable et qu'il ne présente pas ou peu de fissures qui seraient susceptibles d'altérer la résistance mécanique de la zone granitique ou, plus généralement, de la zone à résistance mécanique élevée.

[0004] Pour résoudre ce problème, la solution utilisée actuellement consiste à réaliser, dans le terrain où l'on veut fabriquer les pieux, des carottages de diamètre relativement réduit de l'ordre de 20 à 30 cm servant à effectuer des prélèvements de roche sur la profondeur du carottage.

[0005] On comprend cependant que, dans certains cas, ces carottages, du fait de leur diamètre relativement réduit et du fait qu'ils sont nécessairement relativement espacés les uns des autres, ne permettent pas d'assurer que les pieux forés effectivement réalisés présenteront un ancrage dans une couche de terrain dur présentant les propriétés physiques requises.

[0006] Un premier objet de l'invention est de fournir un procédé qui permet d'assurer que le pieu foré réalisé présente effectivement un ancrage dans une couche de terrain présentant les propriétés physiques requises.

[0007] Pour atteindre ce but selon l'invention, le procédé de réalisation d'un pieu foré dans un terrain dur à l'aide d'une machine de forage se caractérise en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- on équipe la machine de forage de capteurs pour mesurer des caractéristiques dynamiques de l'outil de forage comprenant au moins certaines des caractéristiques suivantes : couple de l'outil, vitesse de pénétration de l'outil, vitesse de rotation de l'outil, poussée exercée sur l'outil ;
- on mémorise, au fur et à mesure de leur acquisition, les mesures faites par lesdits capteurs pour des profondeurs successives correspondant à un pas

prédéterminé ;

- pour chaque profondeur, on calcule au moins une première variable représentative de la qualité du terrain rencontré à partir des mesures mémorisées, et on mémorise les valeurs successives de la première variable pour les profondeurs successives au fur et à mesure de leur calcul ;
- on traite les valeurs successives de ladite variable pour rechercher dans les valeurs successives de ladite variable une succession sensiblement continue de valeurs de la variable correspondant à une qualité de terrain acceptable, pour des profondeurs successives correspondant à une différence de profondeurs prédéterminée ; et
- on interrompt le forage lorsqu'on a détecté ladite succession sensiblement continue de valeurs acceptables pour ladite différence de profondeur prédéterminée.

[0008] On comprend que, dans le procédé selon l'invention, on mesure en temps réel, pour des profondeurs successives prédéterminées, au moins une variable représentative de la qualité du sous-sol à partir de mesures réalisées à l'aide de capteurs montés sur la machine. Les valeurs successives calculées de la variable sont traitées pour déterminer ou détecter le fait que la variable présente la valeur requise de façon sensiblement continue pour une différence de profondeur prédéterminée, cette différence de profondeur prédéterminée correspondant à la hauteur requise d'ancrage du pieu. Lorsqu'une telle différence de profondeur a été détectée, on interrompt le forage et le pieu peut alors être réalisé.

[0009] Il faut souligner qu'on peut simultanément enregistrer, pour les différentes profondeurs, les mesures faites par les capteurs, ainsi que les valeurs calculées de la variable pour les différentes profondeurs, ce qui constituera un élément de preuve que le pieu foré a été réalisé dans les conditions fixées.

[0010] De préférence, à partir des paramètres fournis par les capteurs pour les différentes profondeurs, on calcule deux variables distinctes représentatives des qualités du sol nécessaires pour la détection d'une couche de sol présentant les propriétés physiques requises en vue de constituer un ancrage pour le pieu foré. La détection porte bien sûr sur les valeurs des deux variables et le forage est interrompu lorsque, pour les deux variables, on trouve une différence de profondeur prédéterminée commune.

[0011] On comprend que, dans cette variante, le procédé permet d'obtenir une évaluation plus précise des qualités du sous-sol et donc de s'assurer de façon plus précise que la couche de terrain dur convenable a été effectivement forée.

[0012] Un deuxième objet de l'invention est de fournir une machine de réalisation de pieux forés pour la mise en oeuvre d'un procédé du type mentionné ci-dessus.

[0013] La machine de réalisation de pieux forés dans

un terrain dur comprenant un outil de forage fixé à l'extrémité inférieure d'un train de tiges et des moyens de mise en rotation du train de tiges et d'enfoncement de ce train de tiges dans le sol se caractérise en ce qu'elle comprend en outre :

- des capteurs pour mesurer des caractéristiques dynamiques de l'outil de forage comprenant au moins certaines des caractéristiques suivantes : couple de l'outil, vitesse de pénétration de l'outil, vitesse de rotation de l'outil, poussée exercée sur l'outil ;
- des moyens pour mémoriser au fur et à mesure de leur acquisition les mesures faites par lesdits capteurs pour des profondeurs successives correspondant à un pas prédéterminé ;
- des moyens pour calculer, pour chaque profondeur, au moins une première variable représentative de la qualité du terrain rencontré à partir des mesures mémorisées, et des moyens pour mémoriser les valeurs successives de la première variable pour les profondeurs successives au fur et à mesure de leur calcul ;
- des moyens pour traiter les valeurs successives de ladite variable pour rechercher parmi les valeurs successives de ladite variable une succession sensiblement continue de valeurs de la variable correspondant à une qualité de terrain acceptable, pour des profondeurs successives correspondant à une différence de profondeurs prédéterminée ; et
- des moyens pour interrompre le forage lorsque ladite succession sensiblement continue de valeurs acceptables pour ladite différence de profondeur prédéterminée a été détectée.

[0014] 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 est une vue simplifiée en élévation d'une machine de réalisation de pieux forés conforme à l'invention ;
- la figure 2 est un bloc-diagramme montrant les principaux circuits de traitement utilisés dans la machine ;
- la figure 3 est un organigramme simplifié du traitement des mesures fournies par les capteurs ; et
- la figure 4 montre un exemple d'enregistrements effectués à partir des capteurs et l'exploitation de ces enregistrements.

[0015] Sur la figure 1, on a représenté une machine de forage 10 comprenant une plate-forme 12 sur laquelle est articulé un mât de guidage 14. Sur le mât de guidage 14 est monté un chariot 16 qui porte lui-même une tête de forage ou tête de mise en rotation 18. Dans la tête de forage 18 est engagé un train de tiges 20 à l'ex-

trémité inférieure duquel est monté un outil de forage 22. Comme cela est bien connu, la tête de forage 18 comporte notamment un moteur 24 de mise en rotation du train de tiges. L'enfoncement de l'outil 22 dans le sol pour réaliser le forage est commandé, par exemple, par un ensemble de chaînes ou de courroies 26 servant au déplacement en translation du chariot 16 le long du mât, les chaînes 26 étant entraînées en déplacement par un ensemble moteur 28.

[0016] Selon l'invention, la machine est équipée d'un certain nombre de capteurs qui sont notamment un capteur de poussée 30 correspondant par exemple à la pression du moteur hydraulique 26 provoquant l'enfoncement du train de tiges, par un capteur 32 monté sur le chariot 16 et fournissant la vitesse de pénétration V_p de l'outil, dans le sol, et des capteurs 34, 36 montés également sur la tête de forage fournissant la vitesse de rotation du train de tiges V_r , ainsi que le couple C appliqué à l'outil de forage. Enfin, des moyens représentés schématiquement par 38 permettent de déterminer la profondeur de l'outil de forage 22. Ces différents capteurs 30 à 38 sont reliés à un ensemble de traitement 40 permettant de contrôler la réalisation du forage à l'aide de l'outil 22 et de la machine 10.

[0017] Dans la description qui suit, les paramètres dynamiques de l'outil de forage choisis sont la poussée P , le couple C exercé par l'outil, la vitesse de rotation V_r de l'outil et la vitesse de pénétration V_p de l'outil dans le sol. Il va de soi qu'on ne sortirait pas de l'invention si l'on utilisait d'autres paramètres dynamiques de l'outil.

[0018] Les mesures faites par les capteurs 30 à 36 sont transmises en temps réel à l'ensemble de traitement 40. Cet ensemble de traitement comporte essentiellement une unité centrale 42 construite autour d'un microprocesseur, une mémoire de données 44, une mémoire de travail 46 et une mémoire de programme 48.

[0019] Les mesures fournies par les capteurs et transmises sous forme numérique (ou éventuellement analogique) en temps réel à l'unité centrale 42 sont mémorisées dans la mémoire de données 44 en étant associées à la profondeur à laquelle ces mesures ont été réalisées. La profondeur est, par exemple, prise en compte pour des pas de 1 cm.

[0020] Pour obtenir des mesures significatives des paramètres, pour des pas de profondeur de l'ordre de 1 cm, deux techniques peuvent être utilisées. Lorsque le sol n'est pas trop dur, le pas de profondeur de 1 cm peut être mis en oeuvre en mémorisant les mesures correspondant aux profondeurs successives détectées par le capteur de profondeur 38. Lorsque le terrain est plus dur, le temps mis pour forer 1 cm peut être important. La détermination des profondeurs successives en relation avec les mesures des paramètres est donc aléatoire. Dans ce cas, on peut effectuer des mesures pour des intervalles de temps prédéterminés et affecter à chaque profondeur prédéterminée une valeur moyenne des mesures faites pour les intervalles de temps correspondant à cette profondeur. De toute manière,

dans la mémoire 44, on stocke en temps réel des mesures des quatre paramètres associées à une profondeur.

[0021] Sur la figure 4, les courbes 4a à 4d montrent des valeurs de paramètres P, C, V_r et V_p pour différentes profondeurs telles qu'elles sont enregistrées en temps réel.

[0022] Selon l'invention, à partir des mesures des quatre paramètres, on calcule deux variables représentatives de la qualité du sol. Ces variables peuvent être en nombres différents et calculées selon des formules différentes. Dans l'exemple particulier décrit, la première variable C_M est la variation du couple moyenné qui représente la valeur moyennée du couple sur une certaine période. On comprend que, plus cette variable C_M est faible, plus la force nécessaire pour forer le sol est constante, c'est-à-dire plus le sol aura des propriétés de dureté homogène.

[0023] La deuxième variable choisie est connue sous le nom de coefficient de Sommerton. Elle est donnée par la formule suivante :

$$S = P \sqrt{\frac{V_r}{V_p}}$$

[0024] Plus ce coefficient S est élevé, plus le sol est dur.

[0025] Selon le procédé de l'invention, on détecte, pour les profondeurs successives dans les valeurs des variables C_M et S, une succession des valeurs de ces variables correspondant à des qualités de terrain acceptables pour constituer l'ancrage des pieux. Par exemple, pour la variable C_M, ce critère sera que ce paramètre soit inférieur à une première valeur prédéterminée V₁. En revanche, pour la deuxième variable S, le critère sera que cette variable soit supérieure à une valeur prédéterminée V₂.

[0026] Au fur et à mesure de l'acquisition et du stockage dans la mémoire 44 des valeurs de paramètre, on calcule les variables C_M et S pour chaque profondeur. Les sous-programmes nécessaires à ces calculs sont stockés dans la mémoire 48. Ces variables sont calculées dans la mémoire 46 et stockées à nouveau dans la mémoire de données 44. L'unité centrale compare les valeurs des variables C_M et S aux valeurs prédéterminées V₁ et V₂. Si les deux valeurs de variables sont conformes aux critères retenus pour la profondeur considérée, on incrémente un compteur 50 comme cela est représenté sur la figure 3 après l'étape de comparaison 52. En revanche, si l'un des deux critères retenus n'est pas respecté à l'étape 52, le compteur 50 est remis à zéro par 54.

[0027] Pour considérer que le fond du forage correspond aux conditions requises, on détermine à l'avance une profondeur d'ancrage dans un terrain dur qui dépend le plus souvent du diamètre du forage lui-même. Cette profondeur d'ancrage L figurée sur la figure 4 peut

donc se convertir en un certain nombre de pas de profondeur unitaire. Lorsque le compteur 50 est incrémenté à une valeur correspondant au nombre N de pas de profondeur associé à la différence de profondeur L, ce qui est détecté à l'étape 56, le fond du forage effectivement réalisé pénètre de la profondeur L requise dans un sol dur. On peut alors procéder à l'arrêt de la machine de forage puisque les conditions d'ancrage requises sont atteintes.

[0028] On procède alors à l'introduction du béton ou du coulis dans le forage qui vient d'être réalisé pour obtenir le pieu foré.

[0029] On comprend que, lors de la réalisation de chaque pieu moulé par la technique décrite précédemment, il est possible de garder les enregistrements du type de ceux représentés sur la figure 4 réalisés pour les quatre paramètres P, C, V_r et V_p et pour les valeurs de variables C_M et S. Le maître d'ouvrage pourra ainsi prouver que le pieu moulé a été effectivement réalisé dans les conditions prévues par le cahier des charges.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un pieu foré dans un terrain dur à l'aide d'une machine de forage, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :
 - on équipe la machine de forage de capteurs pour mesurer des caractéristiques dynamiques de l'outil de forage comprenant au moins certaines des caractéristiques suivantes : couple de l'outil, vitesse de pénétration de l'outil, vitesse de rotation de l'outil, poussée exercée sur l'outil ;
 - on mémorise, au fur et à mesure de leur acquisition, les mesures faites par lesdits capteurs pour des profondeurs successives correspondant à un pas prédéterminé ;
 - pour chaque profondeur, on calcule au moins une première variable représentative de la qualité du terrain rencontré à partir des mesures mémorisées, et on mémorise les valeurs successives de la première variable pour les profondeurs successives au fur et à mesure de leur calcul ;
 - on traite les valeurs successives de ladite variable pour rechercher dans les valeurs successives de ladite variable une succession sensiblement continue de valeurs de la variable correspondant à une qualité de terrain acceptable, pour des profondeurs successives correspondant à une différence de profondeurs prédéterminée ; et
 - on interrompt le forage lorsqu'on a détecté ladite succession sensiblement continue de valeurs acceptables pour ladite différence de profondeur prédéterminée.

2. Procédé de réalisation d'un pieu foré selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** :

- pour chaque profondeur, on calcule une deuxième variable représentative de la qualité du terrain rencontré à partir des mesures mémorisées et on mémorise les valeurs successives de la deuxième variable pour les profondeurs successives, 5
- on traite les valeurs successives desdites première et deuxième variables pour rechercher dans les valeurs successives de chacune desdites variables une succession sensiblement continue de valeurs de chacune desdites variables correspondant à une qualité de granite acceptable, pour des profondeurs successives correspondant à une même différence de profondeurs prédéterminée ; 10 15
- on interrompt le forage lorsqu'on a détecté ladite succession sensiblement continue de valeurs acceptables pour ladite même différence de profondeurs prédéterminée. 20

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la valeur mesurée de chaque paramètre est calculée en mesurant ledit paramètre à des intervalles de temps prédéterminés et affectant à une profondeur déterminée une valeur de paramètre égale à la valeur moyenne des mesures faites auxdits intervalles de temps correspondant à ladite profondeur. 25 30

4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ladite première variable est la valeur moyenne du couple de l'outil et ladite deuxième variable est une fonction de la poussée, de la vitesse de pénétration de l'outil et de la vitesse de rotation de l'outil. 35

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ladite deuxième variable est calculée à partir de la formule suivante : 40

$$P \sqrt{\frac{V_r}{V_p}} \quad 45$$

dans laquelle P est la poussée, V_r est la vitesse de rotation et V_p la vitesse de pénétration. 50

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la valeur de ladite première variable est considérée comme acceptable si elle est inférieure à une valeur prédéterminée, et la valeur de ladite seconde variable est considérée comme acceptable si elle est supérieure à une valeur prédéterminée. 55

7. Machine de réalisation d'un pieu foré dans un ter-

rain dur comprenant un outil de forage fixé à l'extrémité inférieure d'un train de tiges et des moyens pour provoquer la rotation du train de tiges et son enfoncement dans le sol, **caractérisée en ce qu'elle** comprend en outre :

- des capteurs pour mesurer des caractéristiques dynamiques de l'outil de forage comprenant au moins certaines des caractéristiques suivantes : couple de l'outil, vitesse de pénétration de l'outil, vitesse de rotation de l'outil, poussée exercée sur l'outil ;
- des moyens pour mémoriser au fur et à mesure de leur acquisition les mesures faites par lesdits capteurs pour des profondeurs successives correspondant à un pas prédéterminé ;
- des moyens pour calculer, pour chaque profondeur, au moins une première variable représentative de la qualité du terrain rencontré à partir des mesures mémorisées, et des moyens pour mémoriser les valeurs successives de la première variable pour les profondeurs successives au fur et à mesure de leur calcul ;
- des moyens pour traiter les valeurs successives de ladite variable pour rechercher parmi les valeurs successives de ladite variable une succession sensiblement continue de valeurs de la variable correspondant à une qualité de terrain acceptable, pour des profondeurs successives correspondant à une différence de profondeurs prédéterminée ; et
- des moyens pour interrompre le forage lorsque ladite succession sensiblement continue de valeurs acceptables pour ladite différence de profondeur prédéterminée a été détectée.

8. Machine de réalisation d'un pieu foré selon la revendication 7, **caractérisée en ce qu'elle** comprend en outre :

- pour chaque profondeur, des moyens pour calculer une deuxième variable représentative de la qualité du terrain rencontré à partir des mesures mémorisées et pour mémoriser les valeurs successives de la deuxième variable pour les profondeurs successives,
- des moyens pour traiter les valeurs successives desdites première et deuxième variables pour rechercher dans les valeurs successives de chacune desdites variables une succession sensiblement continue de valeurs de chacune desdites variables correspondant à une qualité de granite acceptable, pour des profondeurs successives correspondant à une même différence de profondeurs prédéterminée ; et
- des moyens pour interrompre le forage lorsqu'on a détecté ladite succession sensiblement continue de valeurs acceptables pour ladite

même différence de profondeurs prédéterminée.

9. Machine selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, **caractérisée en ce que** la valeur mesurée de chaque paramètre est calculée en mesurant ledit paramètre à des intervalles de temps prédéterminés en affectant à une profondeur déterminée une valeur de paramètre égale à la valeur moyenne des mesures faites auxdits intervalles de temps correspondant à ladite profondeur. 5 10
10. Machine selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** ladite première variable est la valeur moyenne du couple de l'outil et ladite deuxième variable est une fonction de la poussée, de la vitesse de pénétration de l'outil et de la vitesse de rotation de l'outil. 15

Claims

1. A method of making a pile bored in hard ground using a boring machine, **characterised in that** it comprises the following steps: 25
- fitting the boring machine with sensors for measuring dynamic characteristics of the boring tool and comprising at least some of the following characteristics: tool torque, speed of penetration of the tool, speed of rotation of the tool, thrust exerted on the tool; 30
 - acquiring the measurements made by said sensors and storing them progressively as they are being acquired for successive depths, each corresponding to a predetermined depth increment; 35
 - calculating, for each depth and from the stored measurements, at least a first variable representative of the quality of the ground encountered, and storing successive values of the first variable for the successive depths as they are calculated; 40
 - processing the successive values of said variable in order to find a substantially continuous succession of values of the variable in the successive values of said variable which succession corresponds to ground of acceptable quality at successive depths corresponding to a predetermined depth difference; and 45
 - interrupting boring once said substantially continuous succession of acceptable values has been detected for said predetermined depth difference. 50
2. A method of making a bored pile according to claim 1, **characterised in that:** 55

- calculating, for each depth and from the stored measurements, a second variable representative of the quality of the ground encountered, and storing successive values of the second variable for the successive depths;
- processing the successive values of said first and second variables in order to find a substantially continuous succession of values for each of said variables in the successive values of each of said variables which succession corresponds to ground of acceptable quality at successive depths corresponding to the same predetermined depth difference; and
- interrupting boring once said substantially continuous succession of acceptable values has been detected for the said same predetermined depth difference.

3. A method according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** the measured value of each parameter is calculated by measuring said parameter at predetermined time intervals and in allocating a parameter value to each determined depth, where said value is equal to the mean of the measurements performed at those ones of said time intervals which correspond to said depth. 20

4. A method according to claim 2, **characterised in that** said first variable is the mean value of the tool torque, and said second variable is a function of the thrust, the speed of penetration of the tool, and the speed of rotation of the tool.

5. A method according to claim 4, **characterised in that** said second variable is calculated using the following formula:

$$S = P \sqrt{\frac{V_r}{V_p}}$$

where P is thrust, V_r is speed of rotation, and V_p is speed of penetration.

6. A method according to claim 5, **characterised in that** the value of said first variable is considered as being acceptable when it is less than a predetermined value, and the value of said second variable is considered as being acceptable when it is greater than a predetermined value.
7. A machine for making a pile bored in hard ground, the machine comprising a boring tool fixed at the bottom end of a drill string and means for causing the drill string to rotate and to be driven into the soil, the machine being **characterised in that** it further comprises:

- sensors for measuring dynamic characteristics of the boring tool, said characteristics comprising at least some of the following characteristics: tool torque, speed of penetration of the tool, speed of rotation of the tool, and thrust exerted on the tool; 5
 - means for storing the measurements made by said sensors as they are acquired for successive depths corresponding to a predetermined depth increment;
 - means for calculating for each depth and on the basis of the stored measurements at least a first variable representative of the quality of the ground encountered, and means for storing successive values of the first variable for the successive depths as they are calculated; 15
 - means for processing the successive values of said variable in order to find a substantially continuous succession of values of the variable in the successive values of said variable which succession corresponds to acceptable ground quality at successive depths corresponding to a predetermined depth difference; and 20
 - means for interrupting boring when said substantially continuous succession of acceptable values has been detected for said predetermined depth difference. 25
8. A machine for making a bored pile according to claim 7, **characterised in that** it further comprises: 30
- for each depth, means for calculating from the stored measurements a second variable representative of the quality of the ground encountered and for storing successive values of the second variable for the successive depths; 35
 - means for processing the successive values of said first and second variables in order to find a substantially continuous succession of values for each of said variables in the successive values of each of said variables which succession corresponds to granite of acceptable quality at successive depths corresponding to the same predetermined depth difference; and 40
 - means for interrupting boring when said substantially continuous succession of acceptable values has been detected for said same predetermined depth difference. 45
9. A machine according to claim 7 and claim 8, **characterised in that** the measured value of each parameter is calculated by measuring said parameter at predetermined time intervals and by allocating a value of the parameter to a determined depth where said value is equal to the mean value of the measurements performed at those ones of said time intervals which correspond to said depth. 50 55

10. A machine according to claim 8, **characterised in that** said first variable is the mean value of the tool torque, and said second variable is a function of the thrust, the speed of penetration of the tool, and the speed of rotation of the tool.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Bohrpfahls in einem harten Boden mit Hilfe einer Bohrmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden Schritte umfasst:

- die Bohrmaschine wird mit Fühlern zum Messen dynamischer Eigenschaften des Bohrwerkzeugs ausgestattet, die wenigstens einige der folgenden Eigenschaften enthalten: Drehmoment des Werkzeugs, Eindringgeschwindigkeit des Werkzeugs, Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs, auf das Werkzeug ausgeübter Schub;
- die durch die Fühler für aufeinanderfolgende, einem vorbestimmten Schritt entsprechende Tiefen vollzogenen Messungen werden entsprechend ihrer Erfassung gespeichert;
- für jede Tiefe wird anhand der gespeicherten Messungen wenigstens eine erste, die Qualität des Bodens, auf den man aufgetroffen ist, darstellende Variable berechnet, und die aufeinanderfolgenden Werte der ersten Variablen für die aufeinanderfolgenden Tiefen werden entsprechend ihrer Berechnung gespeichert;
- die aufeinanderfolgenden Werte der genannten Variablen werden verarbeitet, um unter den aufeinanderfolgenden Werten der Variablen für aufeinanderfolgende, einer vorbestimmten Tiefendifferenz entsprechende Tiefen eine im Wesentlichen fortlaufende Folge von Werten der Variablen zu suchen, die einer akzeptablen Bodenqualität entspricht; und
- die Bohrung wird unterbrochen, wenn die im Wesentlichen fortlaufende Folge von annehmbaren Werten für die vorbestimmte Tiefendifferenz erfasst wurde.

2. Verfahren zum Herstellen eines Bohrpfahls nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- für jede Tiefe anhand der gespeicherten Messungen eine zweite, die Qualität des Bodens, auf den man aufgetroffen ist, darstellende Variable berechnet wird, und dass die aufeinanderfolgenden Werte der zweiten Variablen für die aufeinanderfolgenden Tiefen gespeichert werden,
- die aufeinanderfolgenden Werte der ersten und der zweiten Variablen verarbeitet werden, um

in den aufeinanderfolgenden Werten einer jeden Variablen für aufeinanderfolgende, einer gleichen vorbestimmten Tiefendifferenz entsprechende Tiefen eine im Wesentlichen fortlaufende Folge von Werten einer jeden Variablen zu suchen, die einer annehmbaren Granitqualität entspricht;

- die Bohrung unterbrochen wird, wenn die genannte im Wesentlichen fortlaufende Folge von annehmbaren Werten für die genannte gleiche vorbestimmte Tiefendifferenz erfasst wurde.

3. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messwert jedes Parameters dadurch berechnet wird, dass der Parameter in vorbestimmten Zeitintervallen gemessen wird und dass einer vorbestimmten Tiefe ein Parameterwert zugeordnet wird, der gleich dem Mittelwert der in den der genannten Tiefe entsprechenden Zeitintervallen durchgeführten Messungen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Variable der gemittelte Wert des Drehmoments des Werkzeuges ist und dass die zweite Variable eine Funktion des Schubs, der Eindringgeschwindigkeit des Werkzeugs sowie der Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Variable anhand der folgenden Formel berechnet wird:

$$P \sqrt{\frac{V_r}{V_p}}$$

worin P der Schub, V_r die Rotationsgeschwindigkeit und V_p die Eindringgeschwindigkeit ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert der ersten Variablen als annehmbar betrachtet wird, wenn er unterhalb eines vorbestimmten Wertes liegt, und dass der Wert der zweiten Variablen als annehmbar betrachtet wird, wenn er oberhalb eines vorbestimmten Wertes liegt.

7. Maschine zum Herstellen eines Bohrpfahls in einem harten Boden, mit einem Bohrwerkzeug, das am unteren Ende eines Bohrgestänges befestigt ist, sowie Mitteln zum Erzeugen der Rotation des Bohrgestänges und dessen Eintreiben in den Boden, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie weiterhin folgendes aufweist:

- Fühler zum Messen dynamischer Eigenschaften des Bohrwerkzeuges, die wenigstens eini-

ge der folgenden Eigenschaften enthalten: Drehmoment des Werkzeugs, Eindringgeschwindigkeit des Werkzeugs, Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs, auf das Werkzeug ausgeübter Schub;

- Mittel, um die durch die Fühler für aufeinanderfolgende, einem vorbestimmten Schritt entsprechende Tiefen vollzogenen Messungen entsprechend ihrer Erfassung zu speichern;
- Mittel, um für jede Tiefe anhand der gespeicherten Messungen wenigstens eine erste, die Qualität des Bodens, auf den man aufgetroffen ist, darstellende Variable zu berechnen, sowie Mittel zum Speichern der aufeinanderfolgenden Werte der ersten Variablen für die aufeinanderfolgenden Tiefen entsprechend ihrer Berechnung;
- Mittel zum Verarbeiten der aufeinanderfolgenden Werte der genannten Variablen, um unter den aufeinanderfolgenden Werten der Variablen für aufeinanderfolgende, einer vorbestimmten Tiefendifferenz entsprechende Tiefen eine im Wesentlichen fortlaufende Folge von Werten der Variablen zu suchen, die einer akzeptablen Bodenqualität entspricht; und
- Mittel, um die Bohrung zu unterbrechen, wenn die im Wesentlichen fortlaufende Folge von annehmbaren Werten für die vorbestimmte Tiefendifferenz erfasst wurde.

8. Maschine zum Herstellen eines Bohrpfahls nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem folgendes aufweist:

- Mittel, um für jede Tiefe anhand der gespeicherten Messungen, eine zweite, die Qualität des Bodens, auf den man aufgetroffen ist, darstellende Variable zu berechnen, und um die aufeinanderfolgenden Werte der zweiten Variablen für die aufeinanderfolgenden Tiefen zu speichern,
- Mittel zum Verarbeiten der aufeinanderfolgenden Werte der ersten und der zweiten Variablen, um in den aufeinanderfolgenden Werten einer jeden Variablen für aufeinanderfolgende, einer gleichen vorbestimmten Tiefendifferenz entsprechende Tiefen eine im Wesentlichen fortlaufende Folge von Werten einer jeden Variablen zu suchen, die einer annehmbaren Granitqualität entspricht; und
- Mittel, um die Bohrung zu unterbrechen, wenn die genannte im Wesentlichen fortlaufende Folge von annehmbaren Werten für die genannte gleiche vorbestimmte Tiefendifferenz erfasst wurde.

9. Maschine nach irgendeinem der Ansprüche 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messwert

jedes Parameters dadurch berechnet wird, dass der Parameter in vorbestimmten Zeitintervallen gemessen wird und dass einer vorbestimmten Tiefe ein Parameterwert zugeordnet wird, der gleich dem Mittelwert der in den der genannten Tiefe entsprechenden Zeitintervallen durchgeführten Messungen ist.

5

10. Maschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Variable der gemittelte Wert des Drehmoments des Werkzeugs ist und dass die zweite Variable eine Funktion des Schubs, der Eindringgeschwindigkeit des Werkzeugs und der Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs ist.

15

20

25

30

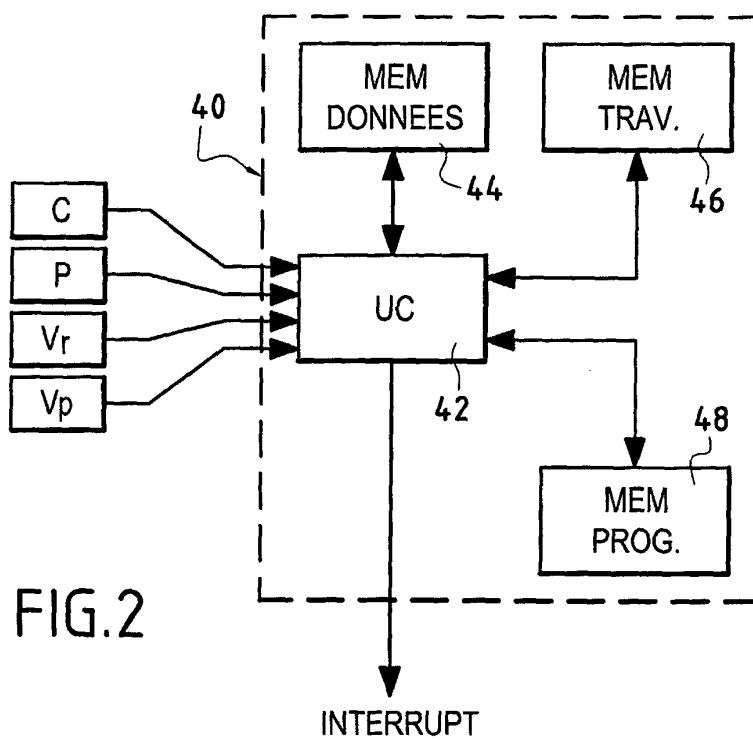
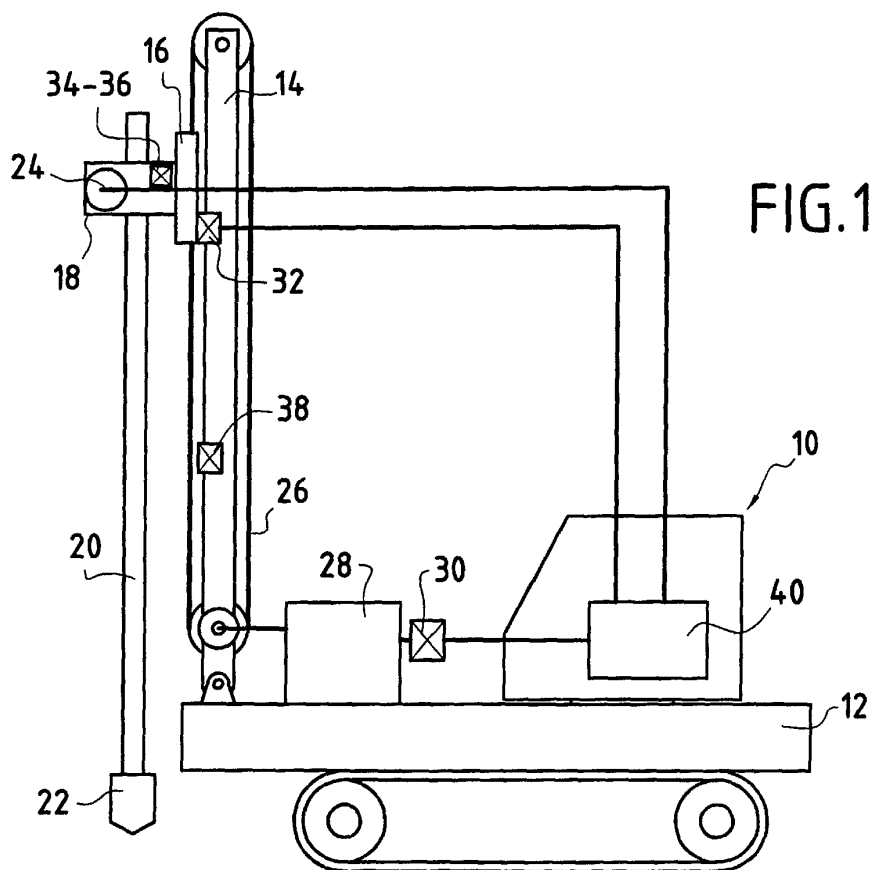
35

40

45

50

55



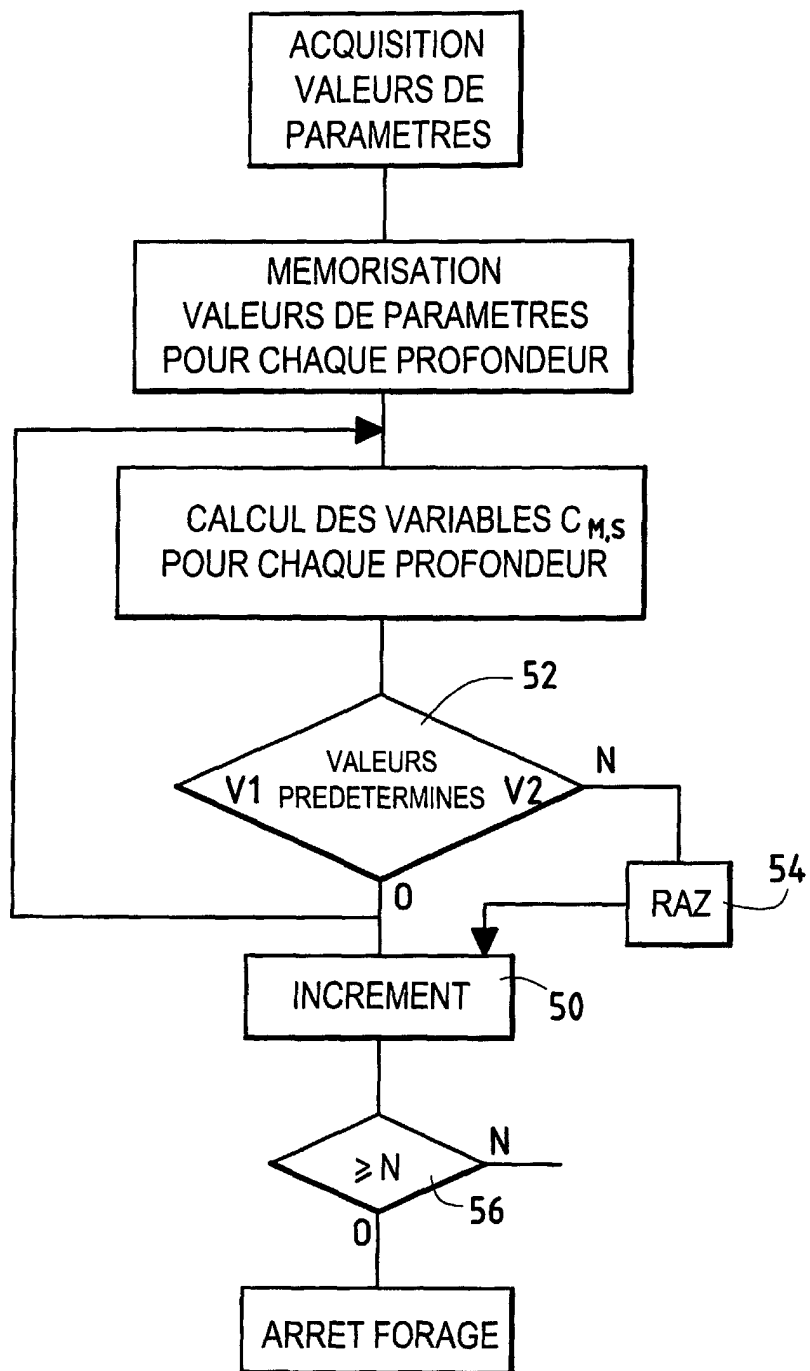


FIG.3

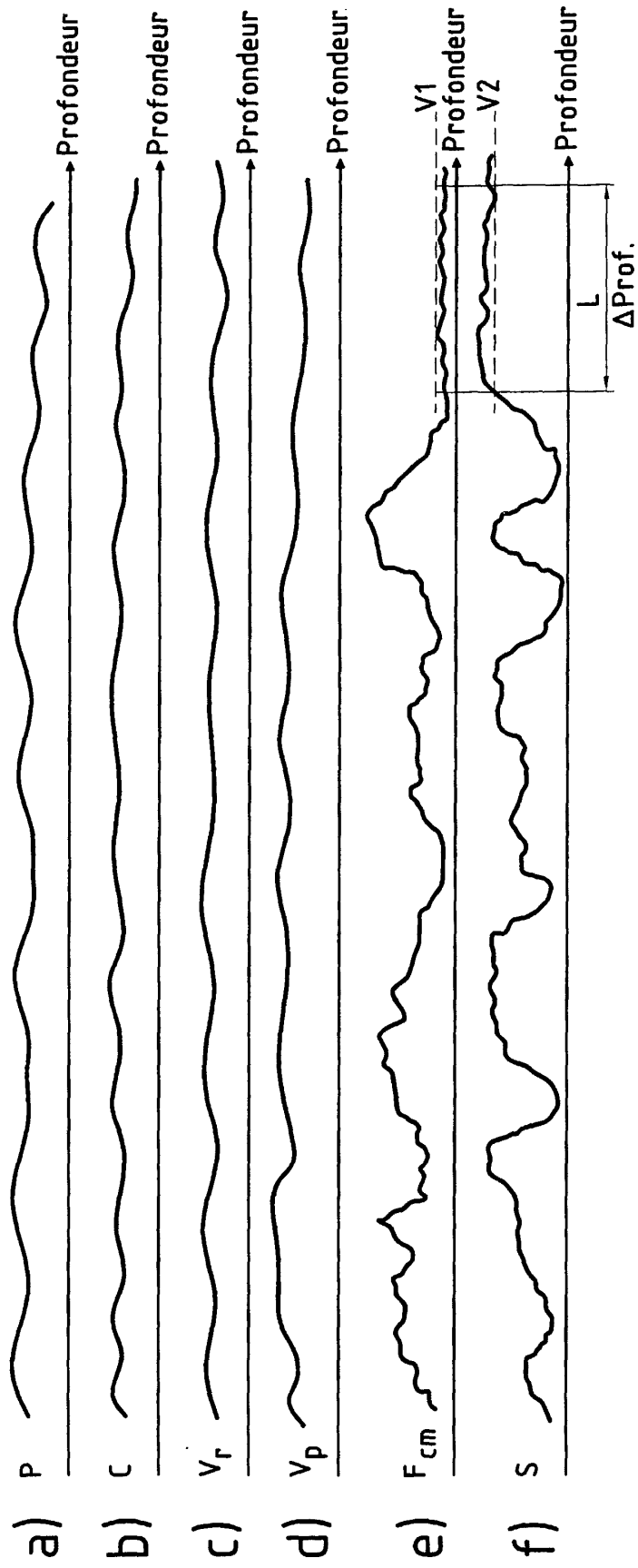


FIG.4