

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**2 610 652**

②1 N° d'enregistrement national :

**87 01541**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : E 02 D 5/40.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 9 février 1987.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 32 du 12 août 1988.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

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

⑦2 Inventeur(s) : Jean Paul Geffriaud ; Hervé Barthélemy.

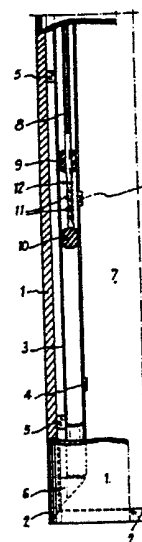
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Nony et Cie.

⑤4 Procédé de renforcement d'un pieu tubulaire battu, pieu obtenu par ce procédé, dispositif pour mettre en œuvre le  
procédé.

⑤7 L'invention est relative à un procédé pour le renforcement  
d'un pieu d'ancrage utilisable en particulier dans l'industrie  
pétrolière dans lequel un pieu tubulaire 1 en acier est battu  
dans le sol.

On procède ensuite à des injections successives de coulis  
durcissable dans le terrain 7 qui est contenu à l'intérieur du  
pieu.



FR 2 610 652 - A1

La présente invention a pour objet un procédé pour le renforcement des pieux d'ancrage utilisés en particulier dans l'industrie pétrolière, les pieux obtenus par ce procédé, et un dispositif pour sa mise en oeuvre.

5 Il est connu, notamment pour la réalisation de plates-formes pétrolières en mer de battre dans le sol des pieux tubulaires en acier de diamètre important qui sont enfoncés à grande profondeur pour supporter des efforts qui peuvent être considérables.

10 Il est également connu d'injecter un coulis de ciment entre la paroi externe d'un tel pieu et le terrain qui l'entoure, de manière à accroître le frottement entre le pieu et le terrain.

15 De telles injections sont généralement réalisées à des pressions inférieures à 10 bars, compte tenu du fait qu'elles interviennent dans un milieu ouvert, et que le coulis peut se répandre dans un volume considérable.

20 La présente invention vise à traiter le terrain qui se trouve à l'intérieur du pieu pour lui donner une consistance beaucoup plus élevée et le solidariser dans une très large mesure avec le pieu tubulaire de manière à ce que ce dernier se comporte de la même manière qu'un pieu foré en béton.

25 C'est ainsi que grâce à l'invention on augmente considérablement les efforts que peut supporter le pieu. Les efforts verticaux de compression sont augmentés du fait que l'extrémité inférieure du pieu repose sur le terrain non plus par sa seule périphérie, mais par toute sa surface, car le terrain intérieur à la paroi tubulaire en acier est rendu solidaire de cette dernière. Les efforts verticaux de traction sont également considérablement augmentés du fait que pour soulever le pieu il est nécessaire, en plus des frottements, de soulever la totalité de la masse du terrain qui est solidaire de l'intérieur du pieu.

30 Lorsqu'elle est mise en oeuvre, l'invention présente également l'avantage de ne pas modifier sensiblement les conditions de battage du pieu tubulaire, et de permettre tout forage ultérieur à l'intérieur du pieu, comme cela est le cas avec les pieux tubulaires battus non traités conformément à l'invention.

35 Le procédé selon la présente invention est caractérisé par le fait qu'après avoir battu à la manière habituelle un pieu tubulaire en acier, on procède à des injections successives de coulis durcissable dans le terrain qui est contenu à l'intérieur du pieu.

Conformément à un mode de mise en oeuvre préféré de l'invention, on commence à réaliser des injections successives à partir du bas du pieu et en remontant par étapes jusqu'à la partie haute du terrain.

5 Conformément à un mode de mise en oeuvre préféré de l'invention, et principalement pour les injections qui sont effectuées à la partie inférieure du pieu, on interrompt l'injection du coulis, soit lorsque la pression d'injection a atteint la valeur maximale souhaitée qui peut être comprise par exemple entre 100 et 200 bars, soit quand cette pression n'est pas atteinte au moment où l'on a injecté un volume de coulis donné qui est  
10 déterminé en fonction de la nature du sol, du degré de recompaction souhaité et de l'espacement des points d'injections, l'injection étant interrompue lorsque l'une ou l'autre de ces conditions se trouve réalisée.

Conformément à l'invention, lorsque l'injection est interrompue sans que la pression d'injection maximum ait été atteinte, c'est  
15 à dire lorsque qu'un volume donné de coulis a été injecté, on attend un temps suffisant pour permettre la prise du coulis, (c'est à dire sa solidification), puis l'on procède à une nouvelle injection dans la même zone, et ainsi de suite jusqu'à ce que la pression d'injection atteigne la valeur maximale souhaitée.

20 Conformément à l'invention, lorsque l'on a interrompu l'injection à un point donné après que la pression d'injection ait atteint le maximum souhaité, on déplace le point d'injection vers le haut d'une distance qui peut être égale par exemple à une à quatre fois le diamètre du pieu tubulaire et l'on procède ainsi à de nouvelles injections successives.

25 Grâce à cette mise en oeuvre du procédé selon l'invention, on crée facilement un bouchon étanche consolidé à la partie inférieure du pieu, ce qui permet de réaliser sur toute la hauteur du pieu des injections de coulis sous haute pression qui consolident fortement le terrain situé à l'intérieur du pieu et qui le rendent solidaire de la paroi de ce dernier  
30 sans que le coulis injecté se répande inutilement dans le terrain qui en entoure le pieu.

Le coulis qui est utilisé conformément à l'invention pour être injecté à l'intérieur des pieux, peut être constitué par un coulis ou un mortier de ciment conventionnel ou encore par un fluide ne comportant pas  
35 de ciment mais contenant une résine ou un gel qui par son durcissement permet d'assurer la consolidation du terrain contenu à l'intérieur du pieu tubulaire.

La présente invention a également pour objet un pieu battu tubulaire en acier qui est caractérisé par le fait que le terrain contenu en  
40 son intérieur a été consolidé par injection à haute pression d'un coulis

durcissant, ce terrain ainsi consolidé étant rendu solidaire du pieu tubulaire.

5 La présente invention a également pour objet un dispositif pour réaliser la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, caractérisé par le fait qu'il comporte, disposée selon une génératrice du pieu tubulaire, au moins une conduite partant de la base et aboutissant à la partie supérieure du pieu qui est reliée en différents points de son parcours à l'intérieur du pieu tubulaire par des clapets anti-retour, une ligne d'injection pouvant être engagée par la partie supérieure de la conduite précitée, ladite ligne 10 étant munie d'au moins un obturateur gonflable pour permettre des injections successives de coulis à l'intérieur du pieu tubulaire à travers les clapets anti-retour.

Conformément à l'invention, la conduite destinée à recevoir la ligne d'injection peut être située soit à l'extérieur soit à l'intérieur du pieu tubulaire en étant de préférence fixée à la paroi de ce dernier. 15

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention la ligne d'injection est munie de deux obturateurs gonflables situés en dessous et en dessus des orifices d'injection de la ligne, de manière à permettre l'envoi sous pression du coulis à travers un clapet anti-retour déterminé situé 20 entre les deux obturateurs gonflables.

Dans une variante simplifiée la ligne d'injection peut ne comporter qu'un seul obturateur gonflable situé au dessus de l'orifice d'injection de la ligne, auquel cas, il est indispensable de commencer l'injection du coulis à partir du bas puis de remonter par étape la ligne de coulis pour injecter le coulis à travers les différents clapets anti-retour. 25

Dans le cas où l'on utilise une ligne d'injection munie de deux obturateurs gonflables, lorsqu'on a fini de procéder à l'injection à travers un clapet anti-retour donné, il est indiqué conformément à l'invention de dégonfler l'obturateur supérieur et éventuellement l'obturateur inférieur et d'envoyer de l'eau sous pression dans la ligne d'injection pour procéder au lavage du coulis qui se trouve au voisinage du clapet anti-retour ainsi que dans la conduite entre les deux obturateurs. On évite ainsi l'obturation de cette zone par le coulis et on peut procéder grâce à cela à de nouvelles injections à travers le même clapet anti-retour 30 si cela se révèle ultérieurement nécessaire.

Dans le but de mieux faire comprendre l'invention on va en décrire maintenant à titre d'illustration et sans aucun caractère limitatif, plusieurs modes de réalisation donnés à titre d'exemples en se référant au dessin annexé dans lequel : 35

- la figure 1 représente une vue arrachée partielle d'un pieu tubulaire muni du dispositif d'injection selon l'invention, et

- la figure 2 représente une vue arrachée partielle d'une variante du dispositif de la figure 1.

5 La figure 1 représente la partie inférieure gauche d'un pieu tubulaire en acier destiné à être battu dans le sol.

Ce pieu est essentiellement constitué par une paroi tubulaire 1 qui est munie à sa partie inférieure d'un biseau 2 destiné à faciliter son enfoncement par battage dans le sol.

10 Compte tenu des hauteurs importantes qui sont souvent nécessaires pour de tels pieux, ces derniers sont constitués par une série d'éléments tubulaires tels que 1 qui sont reliés les uns aux autres d'une manière conventionnelle.

15 Conformément à un premier mode de réalisation de l'invention, une conduite 3, munie en différents endroits de sa longueur de clapets anti-retour 4, est assujettie à la paroi interne du pieu par des pièces de fixation 5, l'assemblage étant effectué par exemple par soudure.

La conduite 3 est obturée à sa partie inférieure et sa partie supérieure, non représentée, débouche à la partie supérieure du pieu.

20 Un sabot de protection 6 est disposé sur la paroi interne du pieu pour protéger la conduite 3 lors du battage du pieu.

La distance séparant deux clapets anti-retour 4 est choisie en fonction des caractéristiques du terrain et de la nature du coulis à injecter.

25 D'une manière générale, la distance entre deux clapets anti-retour voisins peut être égale à environ une à quatre fois le diamètre du pieu. Cet espacement peut être avantageusement réduit à la base du pieu et plus important dans la partie située au dessus de la base.

30 Le pieu qui vient d'être décrit, est battu de manière conventionnelle en étant enfoncé dans le sol à l'aide d'un mouton qui vient frapper à sa partie supérieure.

La conduite 3 présente de préférence une section sensiblement circulaire au voisinage des clapets anti-retour 4 où elle doit être continue.

35 Dans les zones situées entre les clapets anti-retour et en particulier dans les zones de raccordement entre deux éléments adjacents de parois tubulaires 1, la canalisation 3 n'a pas besoin d'avoir une section sensiblement circulaire et il suffit que la ligne d'injection puisse être engagée tout le long de la conduite 3.

40 De même, la conduite 3 peut s'arrêter en partie haute au voisinage de la surface du terrain dans lequel le pieu est enfoncé.

On a représenté sur la figure 1 comment une ligne d'injection 8 se trouve engagée dans la conduite 3 de telle sorte que les obturateurs gonflables 9 et 10 se trouvent de part et d'autre d'un clapet anti-retour 4.

5 On obtient de cette manière que le coulis qui est envoyé par la ligne 8 et qui s'écoule par les orifices 11 entre les deux obturateurs 9 et 10 remplisse progressivement le volume 12 situé entre les deux obturateurs et permette par la pression qu'il y développe d'ouvrir le clapet anti-retour 4 ce qui permet au coulis de s'engager sous pression dans le terrain qui est situé à l'intérieur du pieu pour le consolider.

10 On a représenté sur la figure 2 une variante du dispositif de la figure 1 dans laquelle on voit la partie inférieure droite d'un pieu dont la paroi tubulaire 1 est également munie d'un biseau 2 à sa partie inférieure pour favoriser son enfoncement et qui supporte une conduite 3 située à l'extérieur du pieu.

15 Cette conduite 3 est reliée à l'intérieur du pieu par des clapets anti-retour 4 disposés dans la paroi 1, des tubulures 5 assurant à la fois le support de la conduite 3 sur le pieu et le raccord de la conduite aux clapets anti-retour 4.

20 Comme dans le cas précédent, un déflecteur 6 placé en dessous de la conduite 3 évite la détérioration de cette dernière lors du battage du pieu.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2, la ligne d'injection 8 qui est introduite dans la conduite 3 comporte un seul obturateur gonflable 9.

25 On a représenté sur la figure 2 la position de la ligne d'injection qui correspond à l'utilisation du clapet anti-retour inférieur. Pour cela, l'obturateur 9 est placé au dessus du clapet anti-retour puis est gonflé de manière à créer la chambre étanche 12 qui, lorsqu'elle est mise sous pression à l'aide de coulis, permet d'évacuer ce dernier à travers le clapet anti-retour 4, le coulis s'injectant alors dans la masse de terrain comprise à l'intérieur de la paroi circulaire 1 du pieu.

Lorsque l'injection à travers le clapet anti-retour 4 est terminée, il suffit de remonter l'obturateur 9 au dessus du clapet anti-retour suivant en direction du haut, pour pouvoir recommencer l'opération.

35 Pour mettre en oeuvre le procédé selon l'invention, on procède, après battage du pieu, à des injections de coulis sous pression à travers les clapets anti-retour qui sont échelonnés sur la hauteur du pieu.

40 Conformément à l'invention, il est avantageux, en particulier à la base du pieu, d'interrompre l'injection lorsque la pression maximale d'injection recherchée (qui peut être par exemple de 100 à 200 bars) a été

atteinte, ou encore lorsque l'on a injecté un volume de coulis qui correspond sensiblement à l'espace résiduel du terrain qui est situé au dessus et au dessous du clapet anti-retour jusqu'à une distance d'environ un ou deux diamètres du pieu par exemple.

5 Dans ce dernier cas, on attend que le coulis ait fait partiellement sa prise, puis l'on recommence des injections successives par le même clapet anti-retour jusqu'à ce que la pression maximale désirée pour l'injection soit atteinte, en laissant chaque fois le coulis durcir.

10 De cette manière on constitue à la partie inférieure du pieu un bouchon solide qui obture la base du pieu et qui permet de réaliser facilement la pression maximale souhaitée pour l'injection sur l'ensemble de la hauteur du pieu.

15 Conformément à l'invention, dans le cas où l'on désire réaliser successivement plusieurs injections à travers le même clapet anti-retour il est préférable d'injecter de l'eau sous pression dans la ligne d'injection pour réaliser le lavage des clapets.

20 Pour cela, il est indiqué d'utiliser une ligne d'injection à deux obturateurs, comme représenté sur la figure 1, car en dégonflant l'obturateur supérieur et en envoyant un courant d'eau à l'intérieur de la ligne d'injection 8 pour la faire sortir par les orifices 11 on peut procéder au lavage de la conduite 3 et de la partie arrière du clapet anti-retour 4, l'eau de lavage s'évacuant à la partie supérieure de la conduite 3.

25 On peut de cette manière injecter dans le terrain contenu à l'intérieur de la paroi cylindrique 1 du pieu, un coulis durcissant qui est envoyé sous une pression élevée, par exemple de 100 à 200 bars, et qui présente l'avantage d'une part de rigidifier et de solidifier la masse de terrain qui se trouve à l'intérieur du pieu et d'autre part d'accroître considérablement le frottement de cette masse de terrain vis-à-vis de la surface interne du pieu.

30 On peut également accroître ce frottement en disposant à l'intérieur sur la surface interne de la paroi 1 du pieu des protubérances d'importances suffisamment faibles pour ne pas gêner le battage du pieu mais qui sont suffisantes pour assurer un blocage axial du terrain contenu à l'intérieur du pieu vis-à-vis de ce dernier.

35 On a représenté schématiquement de telles protubérances sur la figure 2 où elles sont indiquées par le chiffre de référence 13.

On voit que grâce à l'invention, on peut d'une manière économique et facile à mettre en oeuvre, consolider de façon très importante le terrain qui se trouve contenu à l'intérieur d'un pieu tubulaire battu et

qu'il en résulte un accroissement considérable des efforts qu'un tel pieu est capable de supporter.

5 On voit en particulier que le pieu traité conformément à l'invention peut supporter des efforts vers le bas notablement plus grands, du fait qu'il s'appuie sur le sol par toute sa section et non plus par sa seule périphérie comme cela peut être le cas avec les pieux antérieurement connus, en particulier dans des terrains détériorés lors du battage, tels par exemple que les terrains carbonates.

10 On voit aussi que la résistance à l'arrachement est considérablement accrue du fait que le pieu est solidaire de toute la masse de terrain qui est contenue à l'intérieur de la paroi I.

15 On remarque enfin que le procédé de renforcement de pieu selon l'invention ne modifie pas la méthode traditionnelle de battage des pieux tubulaires et que comme dans les pieux antérieurement utilisés, il reste possible de procéder éventuellement à des forages dans le terrain qui est situé à l'intérieur du pieu.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour le renforcement d'un pieu d'ancrage utilisable en particulier dans l'industrie pétrolière dans lequel un pieu tubulaire (1) en acier est battu dans le sol, caractérisé par le fait que  
5 l'on procède ensuite à des injections successives de coulis durcissable dans le terrain (7) qui est contenu à l'intérieur du pieu.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on réalise les injections par phases successives à travers des clapets disposés le long du pieu.

10 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que, notamment pour réaliser des injections à la partie inférieure du pieu, on interrompt l'injection du coulis, soit lorsque la pression d'injection a atteint une valeur maximale souhaitée, soit lorsque cette pression d'injection n'est pas atteinte au  
15 moment où l'on a injecté un volume donné de coulis qui est déterminé en fonction de la nature du sol, du degré de recompaction souhaité et de l'espacement entre les points d'injection, l'injection étant interrompue lorsque l'une ou l'autre de ces conditions se trouve réalisée.

20 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que la valeur maximale d'injection est comprise entre environ 100 et 200 bars.

25 5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé par le fait qu'après que l'injection ait été interrompue sans que la pression d'injection maximale ait été atteinte, on attend un temps suffisant pour permettre le durcissement du coulis, après quoi, on procède à une nouvelle injection dans la même zone et ainsi de suite jusqu'à ce que la pression d'injection atteigne leur valeur maximale souhaitée.

30 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que lorsque l'on a interrompu l'injection en un point donné, après que la pression d'injection ait atteint le maximum souhaité, on déplace le point d'injection vers le haut ou vers le bas d'une distance qui est égale à environ une à quatre fois le diamètre du pieu tubulaire.

35 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le coulis utilisé est un coulis conventionnel durcissant à base de ciment ou un fluide ne comportant pas de ciment mais contenant un gel ou une résine qui par son durcissement est capable d'assurer la consolidation du terrain.

40 8. Procédé selon les revendications 1 et 7, caractérisé par le fait que lorsque l'on a fini de procéder à une injection à travers un

clapet anti-retour, on envoie de l'eau sous pression dans la ligne d'injection pour procéder au lavage du coulis qui se trouve au voisinage du clapet anti-retour.

5 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait qu'avant d'envoyer de l'eau dans la ligne d'injection on dégonfle l'obturateur supérieur.

10 10. Pieu battu tubulaire en acier, caractérisé par le fait que le terrain (7) contenu à son intérieur a été consolidé par injection à haute pression d'un coulis durcissant, ce terrain ainsi consolidé est rendu solidaire du pieu tubulaire (1).

15 11. Dispositif pour réaliser la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 1 à 9, caractérisé par le fait qu'il comporte, disposée selon une génératrice du pieu tubulaire (1), au moins une conduite (3) partant de la base et aboutissant au moins jusqu'à la surface du terrain dans lequel le pieu (1) est battu, conduite qui est reliée en différents points de son parcours à l'intérieur du pieu tubulaire (1) par des clapets anti-retour (4), une ligne d'injection (8) pouvant être engagée par la partie supérieure de la conduite précitée, ladite ligne d'injection étant munie d'au moins un obturateur gonflable (9) pour permettre des injections  
20 successives du coulis à l'intérieur du pieu tubulaire à travers les clapets anti-retour (4).

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que la conduite (3) pour la ligne d'injection (8) est située à l'intérieur du pieu (1).

25 13. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que la conduite (3) pour la ligne d'injection (8) est située à l'extérieur du pieu (1).

30 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé par le fait que la ligne d'injection (8) est munie de deux obturateurs gonflables (9,10) situés en dessous et en dessus des orifices d'injection (11) de la ligne (8).

Fig. 1

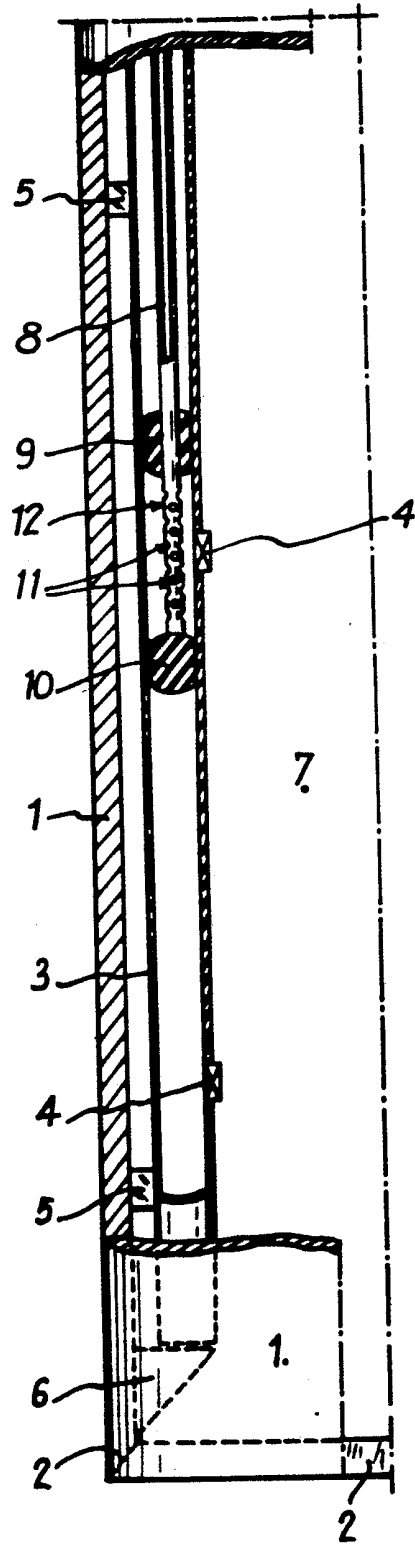


Fig. 2

