

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
15 janvier 2009 (15.01.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/007606 A2

- (51) Classification internationale des brevets :
F24J 3/08 (2006.01) E02D 27/12 (2006.01)
E02D 5/56 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/051168
- (22) Date de dépôt international : 26 juin 2008 (26.06.2008)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0704561 26 juin 2007 (26.06.2007) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : CLI-
MATISATION PAR PUITS CANADIENS [FR/FR]; 44
rue de Beaumont, F-95290 L'Isle Adam (FR).
- (72) Inventeur; et
- (74) Mandataire : CAPRI; 33 rue de Naples, F-75008 Paris
(FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: BURIED VERTICAL THREADED EXCHANGER FOR HEATING OR COOLING APPARATUS

(54) Titre : ECHANGEUR VISSÉ VERTICAL ENTERRÉ POUR INSTALLATION DE CHAUFFAGE OU DE RAFRAICHISSEMENT

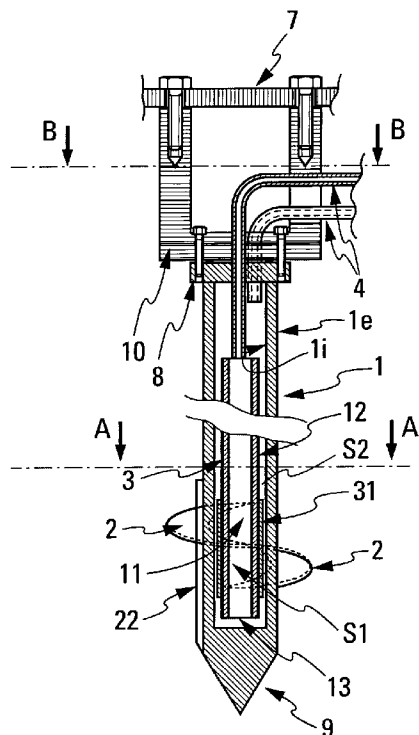


Fig. 4

(57) Abstract: The invention relates to a hollow pole buried substantially vertically into the ground by threading, characterised in that it comprises: at least one helical wing (2) with a flat shape and having a reduced pitch capable of inducing a sinking of a few centimetres per rotation when the pole is rotated, the helical wing (2) being mechanically connected and in thermal contact with the outer wall (1) of the pole; an inner partition (3) defining an axial compartment (11) and a side compartment (12) communicating together at the lower portion (13) of the pole; characterised in that the helical wing (2) is in direct thermal contact with the side compartment (12) through the wall thickness of the pole (1) and in that the side compartment (12) has a passage section (S2) substantially smaller than the passage section (S1) of the axial compartment (11).

(57) Abrégé : Pieu creux enfoncé sensiblement verticalement dans le sol par vissage caractérisé en ce qu'il comporte : - au moins une ailette hélicoïdale (2) de forme aplatie et présentant un pas réduit apte à provoquer un enfoncement de quelques centimètres par tour, lorsque le pieu est soumis à une rotation, l'ailette hélicoïdale (2) se trouvant liée mécaniquement et étant en contact thermique avec la paroi extérieure (1) du pieu, - un cloisonnement intérieur (3) délimitant un compartiment axial (11) et un compartiment latéral (12) communiquant entre eux en partie basse (13) du pieu, caractérisé en ce que - l'ailette hélicoïdale (2) est en contact thermique direct avec le compartiment latéral (12) à travers l'épaisseur de paroi du pieu (1), et - le compartiment latéral (12) présente une section de passage (S2) sensiblement inférieure à la section de passage (S1) du compartiment axial (11).

WO 2009/007606 A2



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

Echangeur vissé vertical enterré pour installation de chauffage ou de rafraîchissement

Le domaine de l'invention est la géothermie de faible et de moyenne profondeur. De façon incidente, l'invention peut également s'appliquer à la réalisation de fondations pour des bâtiments.

Dans le domaine de la géothermie à faible et moyenne profondeur, on connaît les échangeurs air/sol ou liquide/sol qui sont utilisés dans les installations de chauffage ou de climatisation et qui sont actuellement constitués soit par des nappes de tubes en matériaux plastiques ou métalliques enterrés à une profondeur de quelques dizaines de centimètres soit encore par des tubes verticaux ou dans certains cas par des épingles verticales.

Ces échangeurs sont parcourus par un fluide caloporteur. Ce fluide caloporteur peut être soit de l'eau, soit de l'eau additionnée d'antigels et/ou d'inhibiteurs de corrosion soit encore un frigorigène de la catégorie des ammoniacques, des gaz carboniques ou des composés fluorés.

On connaît également les dispositifs dits "puits canadiens" ou "puits provençaux" dans lesquels on fait passer de l'air dans des tuyaux souterrains placés à une profondeur généralement comprise entre 1 et 3 mètres avant d'introduire cet air tempéré par son passage dans le sol dans un bâtiment.

La réalisation des échangeurs contenus dans l'art antérieur nécessite d'importants moyens de terrassement et s'avère donc particulièrement onéreuse. Par ailleurs les performances des échangeurs dépendent directement des surfaces de tubes en contact avec le terrain, cette surface étant par construction limitée à celle de la paroi extérieure des tubes, laquelle paroi est strictement cylindrique. Dans tous les cas ces échangeurs représentent un surcoût intégral, dans la mesure où ils ont pour seule fonction de contribuer au seul fonctionnement des systèmes de chauffage et/ou de traitement de l'air équipant un bâtiment donné.

L'objectif principal de l'invention est d'améliorer les performances des échangeurs fluide/sol utilisés dans la réalisation d'installations de chauffage ou de climatisation pour des bâtiments, qu'il s'agisse de bâtiments d'habitation individuels ou collectifs, de bâtiments tertiaires, de bâtiments

industriels ou de bâtiments agricoles, voire de bâtiments légers à usage résidentiels de loisir.

Un objectif annexe de l'invention est de réduire les prix de revient des échangeurs fluide/sol tout en augmentant la durée de vie de tels échangeurs.

Un objectif complémentaire est de permettre la réalisation rapide d'échangeurs fluides/sol, sans nécessiter l'utilisation de moyens de terrassement trop importants, et notamment de permettre l'implantation de tels échangeurs dans des terrains de faible surface ou même directement dans le sous sol de bâtiments déjà construits ou encore dans le cas de bâtiments dont la surface au sol occupe l'intégralité du terrain privatif dans lequel ils sont implantés.

Un objectif complémentaire consiste à faciliter la réalisation de constructions légères tout en améliorant les performances thermiques de telles constructions.

Pour atteindre ces objectifs ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description de ses modes de réalisation et de ses applications, l'invention propose de réaliser des échangeurs à l'aide de pieux métalliques vissés, proches de ceux utilisés pour la réalisation des fondations de constructions légères. Ce mode de réalisation, particulièrement économique, permet d'augmenter la surface d'échange utile et donc l'efficacité des échangeurs. Dans un mode de réalisation préféré, les pieux métalliques vissés auront la double fonction de supports des bâtiments et d'échangeurs thermiques destinés à alimenter les systèmes de chauffage/climatisation des bâtiments concernés.

L'invention est basée sur l'utilisation de pieux métalliques creux présentant une extrémité inférieure de forme conique et munis d'ailettes de forme hélicoïdale principalement horizontales, lesdites ailettes présentant une surface importante et un pas relativement faible (typiquement et de façon comprise dans l'état de l'art antérieur pour la réalisation de fondations de constructions légères, quelques centimètres par tour, de façon à permettre les opérations de mise en place des pieux par vissage).

On verra dans la description qui suit que les objectifs de diminution du prix de revient sont atteints en utilisant des méthodes de réalisation et de mise en œuvre éprouvées, conçues pour la réalisation de fondations et/ou en cumulant les fonctions de fondations et d'échangeur thermique. On constatera que les objectifs d'amélioration du rendement sont obtenus grâce à l'action d'ailettes hélicoïdales qui contribuent à augmenter la surface de contact tubes/sol et par conséquent la qualité et l'efficacité des échanges thermiques, tout en procurant, dans le cas d'utilisation des pieux selon l'invention à la fois comme échangeurs thermiques et comme éléments de fondation, une assise particulièrement résistante aux efforts d'enfoncement comme d'arrachement. On constatera également que ces ailettes hélicoïdales présentent le double avantage de permettre une mise en place rapide et peu onéreuse, puisque effectuée au moyen d'une simple machine à visser, des pieux selon l'invention et d'augmenter sensiblement la surface de contact tube/sol. De plus on verra que les dispositions spécifiques préconisées par l'invention permettent d'augmenter la masse de matériaux concernés par les échanges thermiques fluide/sol, de mettre en place en périphérie des pieux des matériaux adaptés pour favoriser ces échanges tout en permettant de renforcer l'ancrage dans le sol des pieux verticaux.

Selon l'invention les ailettes hélicoïdales principalement horizontales ont une triple fonction :

- 1) Elles permettent l'enfoncement par vissage des pieux dès lors que ces derniers sont soumis à un couple de rotation élevé à l'aide de machines ou outillages appropriés.
- 2) Elles constituent une surface d'appui apte à améliorer la résistance à l'enfoncement et/ou à l'arrachement des pieux une fois lesdits pieux enfoncés dans le sol.
- 3) Elles améliorent la surface d'échange entre la paroi extérieure du pieu avec laquelle elles se trouvent en contact thermique et le sol dans lequel ledit pieu se trouve avoir été enfoncé suite aux opérations de vissage permises par la présence desdites ailettes.

Complémentairement, les pieux selon l'invention seront munis d'ailettes principalement verticales dont le rôle sera de repousser la terre ou les matières minérales composant le sol à une distance correspondant à la largeur des dites ailettes principalement verticales par rapport à la paroi extérieure des pieux. L'espace ainsi créé au fur et à mesure de l'enfoncement des pieux dans le sol pourra être comblé, après mise en place du pieu par vissage, avec un matériau adapté, par exemple un ciment maigre, de la bentonite ou encore une substance à changement d'état. Ce matériau adapté aura pour intérêt de présenter une conductivité supérieure à celle de la terre. Il pourra également et de façon avantageuse présenter une chaleur spécifique importante. Dans une variante particulièrement performante, ce matériau sera constitué par un matériau choisi parmi les paraffines, ou parmi les substances présentant la propriété de stocker et de restituer une importante quantité de calories ou de frigories lors de leur passage de l'état solide à l'état liquide ou de l'état liquide à l'état solide.

La mise en place par vissage, à l'aide d'une machine adaptée permettant de soumettre simultanément à des efforts de pression et de rotation un premier tronçon de tube muni d'une extrémité inférieure de forme effilée pointue ou conique aura pour effet d'une part de faire pénétrer ce tronçon dans le sol, sous l'effet de l'ailette principalement horizontale dont est muni le dit tronçon et d'autre part de repousser la terre en périphérie du dit tube, sous l'effet de la ou des ailettes principalement verticales qui vont compacter la terre préalablement fragmentée par l'ailette principalement horizontale et former une gaine cylindrique vide entre la paroi extérieure du pieu et le cylindre de terre compactée. Une fois ce premier tronçon, préférentiellement d'une longueur d'environ 3 mètres, enfoncé dans le sol on pourra soit l'utiliser tel quel en l'équipant de cloisonnements internes et d'une bride en partie supérieure, soit le prolonger par un ou plusieurs tronçons complémentaires, pouvant également présenter une ou plusieurs ailettes principalement horizontale facilitant leur pénétration dans le sol ainsi qu'une ou plusieurs ailettes principalement verticales repoussant et compactant la terre en périphérie du tube. Ces tronçons complémentaires seront assemblés

au tronçon inférieur par sertissage, emboîtement, soudure ou vissage. En tout état de cause, ces tronçons seront assemblés de telle façon que le pieu résultant ait la forme d'un seul tube muni d'une extrémité pointue et d'une ou plusieurs ailettes principalement horizontale ainsi que, de façon optionnelle mais particulièrement avantageuse pour les performances de l'installation, d'une ou plusieurs ailettes principalement verticale. Le pieu ainsi obtenu sera enfoncé jusqu'à ce que son extrémité supérieure affleure au niveau du sol, voire un peu plus profondément auquel cas un décaissement sera pratiqué dans le sol jusqu'à une profondeur d'environ 50 cm. Le pieu sera ensuite équipé de cloisonnements intérieurs, délimitant un compartiment axial et un compartiment latéral et d'une bride en partie supérieure, bride à travers laquelle passeront les canalisations permettant d'alimenter en fluide les dits compartiments intérieurs et extérieurs. Dans le cas particulièrement avantageux où les tubes formant les pieux auront été équipés d'ailettes principalement verticales, il existera un espace de la forme d'un cylindre creux entre la paroi extérieure du tube et la terre compactée qui se trouvera avoir été repoussée en périphérie du tube par l'action des dites ailettes principalement verticales. Cet espace sera principalement occupé par la ou les ailettes principalement verticales, dont on comprend qu'en l'état elles ne pourront jouer un rôle efficace permettant la transmission de calories ou de frigories entre le fluide traversant les compartiments intérieurs des pieux et le sol. C'est pour cette raison que l'invention préconise de procéder au remplissage intégral de l'espace vide créé par la rotation de la ou des ailettes principalement verticales. Ce remplissage se fera à l'aide d'un matériau présentant au moment de sa mise en oeuvre par coulage une viscosité suffisante pour combler l'ensemble du vide compris entre la paroi extérieure du tube et la surface de la terre compactée. Il pourra par exemple être réalisé :

- Soit à l'aide d'un ciment ou mortier maigre.
- Soit à l'aide d'une résine préférentiellement chargée de particules conductrices (par exemple de la limaille de fer ou des fibres de carbone).
- Soit à l'aide d'un matériau de type bentonite ou équivalent.

- Soit encore à l'aide d'un matériau présentant la propriété de changer d'état à des températures positives, préférentiellement proche de 20°C, de sorte que les quantités de calories et/ou de frigories stockées et restituées soient les plus importantes possibles. Pour éviter tout risque d'écoulement de ce matériau dans la terre, il sera avantageusement contenu dans des réservoirs de forme cylindrique allongés ou de forme adaptée au remplissage de l'espace vide créé par la rotation des ailettes principalement verticales.

L'invention sera mieux comprise si on se réfère aux figures ci-jointes dans lesquelles :

- la figure 1 représente une habitation reposant sur quatre pieux selon l'invention, ces pieux ayant la double fonction de support de l'habitation et d'échangeur pour le circuit primaire d'une pompe à chaleur réversible utilisée pour le chauffage et le rafraîchissement de cette habitation

- la figure 2 est une vue agrandie d'un élément de la figure 1,

- la figure 3 représente une habitation reposant sur trois pieux selon l'invention, lesdits pieux alimentant un échangeur liquide / air destiné à tempérer l'air de renouvellement de l'habitation,

- la figure 4 représente une vue en coupe et des détails de réalisation d'un pieu selon l'invention,

- les figures 5A et 5B sont des vues en coupe selon les lignes de coupe AA et BB de la figure 4, et

- la figure 6 est une vue en coupe agrandie d'un pieu de l'invention selon un mode de réalisation préféré.

Ces figures montrent que l'invention préconise l'utilisation, comme échangeur de calories ou de frigories entre le sol et un fluide, d'au moins un pieu creux 1, de préférence métallique, enfoncé sensiblement verticalement dans le sol par vissage. Le pieu comprend une paroi intérieure (1i), une paroi extérieure (1e) et une épaisseur de paroi sensiblement constante. Le pieu 1 peut être constitué de plusieurs tronçons raccordés les uns au bout des autres de manière étanche.

Ce pieu 1 comporte :

- au moins une ailette hélicoïdale sensiblement horizontale 2 de forme aplatie et présentant un pas réduit apte à provoquer un enfoncement de quelques centimètres par tour, lorsque le pieu est soumis à une rotation, la dite ailette hélicoïdale 2 se trouvant liée mécaniquement et étant en contact thermique avec la paroi extérieure 1e du pieu ;

- un cloisonnement intérieur 3 délimitant deux compartiments distincts 11, 12 communiquant entre eux en partie basse 13 du pieu 1, à savoir un compartiment axial 11 et un compartiment latéral 12, le compartiment latéral 12 présentant avantageusement une section de passage S2 sensiblement inférieure à la section de passage S1 du compartiment axial 11 ;

- une partie inférieure 9 de forme conique ;

- une bride supérieure 8 comportant des orifices de passage pour canalisations 4 communiquant de façon étanche avec chacun des deux compartiments délimités par le cloisonnement intérieur 3.

Dans un mode de réalisation préféré et particulièrement performant, le pieu 1 est muni, en plus de la ou des ailettes 2, d'au moins une ailette principalement verticale 22. Cette ailette principalement verticale 22 présentera une longueur telle qu'elle ne dépassera pas l'extrémité latérale de l'ailette principalement horizontale 2 au dessus de laquelle elle sera placée. Elle sera reliée à la paroi extérieure du pieu 1, préférentiellement par soudure. L'ailette 22 aura une extrémité arrondie ou biseautée de telle façon que sa rotation ait pour effet de repousser la terre préalablement brisée par l'action de l'ailette principalement horizontale 2. Le vide créé consécutivement à la rotation de cette ailette principalement verticale 22, sera avantageusement comblé, après mise en place par visage de l'ensemble des tronçons formant l'échangeur fluide / sol, avec un matériau présentant de bonnes performances de conduction, de stockage thermique, ou, pour certaines applications, de résistance mécanique. Ce matériau sera soit du ciment ou mortier maigre, soit de la bentonite, soit encore une substance présentant la propriété de changer d'état à une température proche de 20 °c, et, en tout état de cause, supérieure à 10°C.

Le fait que les pieux selon l'invention comportent au moins une ailette verticale 22 d'une largeur inférieure au diamètre de l'ailette principalement horizontale 2 permettra donc de ménager un espace vide coaxial auxdits pieux, ces espaces créés par la rotation de l'ailette verticale 22 étant comblés par un matériau 25 présentant une conductivité et une inertie thermique supérieures à celle de la terre dans laquelle ledit pieu est enfoncé. Et ce matériau 25 pourra être choisi parmi les substances présentant la particularité de passer de l'état solide à l'état liquide à une température supérieure à 10° C, par exemple dans la famille des normo paraffines ou des iso paraffines.

On comprend dans ces conditions que le fluide relativement plus froid en hiver ou relativement plus chaud en été par rapport au sol échangera des calories ou des frigories d'abord avec la paroi extérieure du pieu 1 puis avec la ou les ailettes horizontales 2 ainsi qu'avec la ou les ailettes verticales 22 et, simultanément, avec la masse de matériau de remplissage 25 qui se trouve en contact thermique avec la ou les ailettes verticales 22. Enfin ce matériau de remplissage 25 échangera des calories ou des frigories avec la terre compactée T qui se trouve à sa périphérie, représentée sur la figure 6, les calories et frigories se diffusant finalement au reste du sol qui n'a pas été affecté par les opérations de mise en place des pieux par vissage.

La mise en place des pieux selon l'invention se fera par tronçons successifs. Le tronçon inférieur comportera une extrémité 9 de forme conique, apte à faciliter la pénétration dans le sol et permettant d'obstruer les compartiments dans lesquels circule le fluide. Les tronçons seront assemblés entre eux de façon étanche par soudure par encastrement ou par vissage et chaque tronçon comportera une ou plusieurs ailettes hélicoïdales 2 en contact thermique avec la paroi extérieur 1 dudit pieu.

Dans le cas où les pieux selon l'invention sont utilisés comme fondation d'un bâtiment, et plus spécialement d'une serre ou d'une habitation légère, ils comporteront en partie supérieure une pièce de liaison 10 comportant des moyens de fixation aptes à être rendus solidaires du plancher 17 ou de la structure inférieure d'un bâtiment 7, ainsi qu'une

ouverture latérale ou supérieure permettant le passage des canalisations d'amenée et de sortie du fluide. Ainsi, les pieux verticaux selon l'invention comporte une bride supérieure 8 qui sera rendue solidaire du plancher 17 ou de la structure inférieure d'un bâtiment 7 par une pièce de liaison comportant des orifices de passage pour les canalisations 4.

Le fluide qui échangera des calories ou des frigories avec le sol durant son passage dans les compartiments de l'échangeur constitué par un ou plusieurs pieux tels que décrits, reliés ensemble en série ou en parallèle par des canalisations 4 pourra être utilisé pour alimenter le circuit primaire d'une machine thermodynamique 5 de type pompe à chaleur.

Pour permettre l'échange thermique entre le fluide et le sol dans lequel les pieux selon l'invention sont implantés, le compartiment latéral 12 sera relié par des canalisations 4 à une batterie d'échange liquide/air 15, ladite batterie d'échange liquide/air étant elle-même reliée par des canalisations 4 au compartiment axial 11 ledit compartiment axial 11 formant avec le compartiment latéral 12, les canalisations 4 et la batterie d'échange liquide/air 15 un circuit étanche et scellé, lequel circuit comportera en outre au moins un circulateur 16.

Pour permettre de préchauffer ou de rafraîchir l'air de renouvellement d'un bâtiment, la batterie 15 sera traversée par l'air de renouvellement alimentant le bâtiment dont ledit pieu constitue une partie des fondations.

Selon ces dispositions, l'utilisation d'au moins un pieu selon l'invention permettra de réaliser des installations de chauffage ou de climatisation, de traitement ou de prétraitement de l'air.

On pourra également réaliser à l'aide d'au moins un pieu selon l'invention des fondations pour bâtiment industriel, agricole, résidentiel individuel ou collectif ou de loisir, sachant que ces bâtiments bénéficieront d'une part de fondations économiques et particulièrement performantes et d'autre part d'installations de chauffage et/ou de rafraîchissement à très faible consommation d'énergie.

Dans un mode d'exécution simplifié, les pieux 1 seront munis d'une seule ailette 2 en partie basse, ce qui permettra de les réaliser en un seul

tronçon. Dans un mode d'exécution préféré, les pieux 1 comporteront une pluralité d'ailettes 2, chaque ailette étant située à une extrémité d'un tronçon ; les tronçons étant assemblés entre eux par soudure, sertissage emboîtement, forçage ou vissage. Ainsi, la machine exerçant un couple de vissage et une pression verticale sur les tronçons de pieux successifs pourra mettre en place successivement chaque tronçon, une liaison mécanique étanche étant réalisée par exemple par soudure au niveau de la paroi extérieure des pieux. Les opérations d'enfoncement du pieu dans le sol seront facilitées par la présence d'une pièce conique 9 en partie basse du dit pieu. De façon avantageuse, cette pièce conique 9 se fixera à l'extrémité inférieure d'un tronçon selon les mêmes modalités par exemple par vissage, sertissage ou soudure que seront réalisées les fixations d'un tronçon sur le tronçon inférieur, si bien que les tronçons seront identiques les uns aux autres et pourront se raccorder indifféremment en partie basse à une extrémité conique ou un autre tronçon et en partie haute soit à une platine ou bride terminale soit encore à autre tronçon.

Dans tous les cas, les pieux 1 seront équipés des moyens de faire circuler un fluide sur la totalité ou la quasi totalité de leur longueur. Ces moyens pourront être par exemple un cloisonnement intérieur 3 débouchant en partie basse 13, de telle façon que le fluide parcoure verticalement la longueur du tube de bas en haut à l'intérieur dudit cloisonnement intérieur 3, en partie basse duquel il débouchera pour remonter le long de la paroi intérieure selon une section torique comprise entre la paroi extérieure du tube axial et la paroi intérieure du pieu 1. De façon avantageuse, le diamètre extérieur du cloisonnement intérieur 3 sera proche du diamètre intérieur du tube constituant le pieu 1, de telle façon que la section torique résiduelle S2 entre les deux surfaces cylindriques délimitées par lesdites parois soit suffisamment faible pour que le fluide soit soumis à un écoulement turbulent, y compris pour des débits relativement faibles. De façon également avantageuse et selon une caractéristique importante de l'invention, le cloisonnement intérieur 3 comporte un réducteur de section qui peut se présenter sous la forme d'un bossage ou d'une excroissance 31 qui sera

placé à une altitude correspondant à la présence d'une ailette hélicoïdale en contact thermique avec la paroi extérieure du pieu. Cette disposition permettra d'accélérer le passage du fluide entre le bossage 31 et la paroi extérieure du tube formant le pieu, si bien que la zone équipée d'une ailette hélicoïdale constituera une zone d'échange thermique particulièrement efficace entre la terre dans laquelle le pieu se trouvera immergé et le fluide circulant dans le pieu. Cette disposition originale permettra de réduire considérablement, par rapport aux sondes géothermiques connues, à efficacité égale, la longueur d'implantation et donc le prix de revient des échangeurs fluide/sol. La combinaison de l'action d'une ailette métallique présentant une grande surface en contact avec le sol y compris à des distances éloignées de l'axe du pieu et de l'écoulement turbulent du fluide de part et d'autre d'une paroi métallique permet en effet d'obtenir des performances très élevées en matière d'échanges thermiques.

Sur la figure 4, le réducteur de section de passage ou bossage 31 se présente sous la forme d'un manchon engagé autour du cloisonnement interne 3 au niveau de l'ailette 2.

La figure 6 représente un mode de réalisation préféré de l'invention, particulièrement en ce qui concerne le cloisonnement interne 3. Ce cloisonnement forme, tout comme dans le mode de réalisation de la figure 4, un compartiment ou passage central axial 11 présentant une section transversale S1. Quant au compartiment latéral, il est divisé par le cloisonnement 3 en plusieurs passages ou alvéoles 12a qui longent la paroi interne 1i du pieu 1. Ces passages 12a sont au nombre de 7 dans le mode de réalisation de la figure 6. Ils sont disposés de manière répartie autour du compartiment axial central 11. Chaque passage 12a présente sensiblement la forme d'une demi-lune. On peut remarquer que le cloisonnement 3 présente une épaisseur de paroi considérable étant donné qu'il s'étend depuis le compartiment axial 11 jusqu'à la paroi interne du pieu 1 entre les passages 12a. Le cloisonnement 3 occupe ainsi plus de la moitié de la section du pieu 1. Il peut être vu comme une barre pleine dont l'axe a été évidé pour former le compartiment axial 11 et dont la surface externe a été

creusée pour former les passages latéraux 12a. Du fait que le cloisonnement intérieur 3 vient en contact avec la paroi interne du pieu 1, son centrage axial à l'intérieur du pieu 1 est automatique.

Chaque passage 12a présente une section transversale s_2 . La somme des sections s_2 de tous les passages 12a correspond à la section totale S_2 . Selon l'invention, la section totale S_2 est inférieure à la section S_1 du compartiment axial 11. En outre, comme représenté sur la figure 6, les deux passages 12a situés au niveau de l'ailette hélicoïdale 2 sont partiellement remplis avec un élément de remplissage qui forme une excroissance ou un bossage 31 par rapport à la paroi externe du cloisonnement 3. Ces bossages 31 ont pour but de réduire la section des passages 12a de sorte qu'il ne reste plus qu'une section réduite s_2' . Le fluide est ainsi forcé de s'écouler à grande vitesse en longeant la paroi interne du pieu 1 directement au niveau de l'ailette hélicoïdale 2. Ces bossages ou excroissance 31 peuvent être considérés comme des réducteurs de section de passages.

En pratique, le cloisonnement 3 peut être réalisé par extrusion de sorte qu'il présente une section transversale constante sur toute sa longueur. Le cloisonnement 3 peut être réalisé en métal ou en matière plastique. De préférence, le cloisonnement 3 sera réalisé en matière plastique pour éviter les échanges thermiques entre le compartiment central 11 et le compartiment latéral formé par les sept passages 12a. Quant aux réducteurs de section de passage ou bossages 31, ils peuvent se présenter sous la forme d'inserts rapportés à l'intérieur des passages 12a. En variante, les réducteurs de section de passage ou bossages 31 peuvent être formés directement par le cloisonnement ou par le pieu, par exemple sous la forme d'une prolongation interne des ailettes.

Le fluide échangera donc des calories ou des frigories avec le sol dans lequel sont implantés les pieux 1. Cet échange sera rendu plus efficace et plus rapide grâce à l'action des ailettes 2 qui présenteront une importante surface en contact avec le sol et seront en contact thermique avec le tube métallique constituant le pieu. Le fluide circulant dans les pieux 1 sera

ensuite collecté dans des canalisations 4 qui l'achemineront vers au moins un système 5 de chauffage ou de rafraîchissement d'un local 7, ledit local 7 étant préférentiellement mais non obligatoirement fondé sur un ou plusieurs pieux selon l'invention.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux représenté sur les figures 1 et 2, le système 5 de chauffage ou de rafraîchissement sera constitué par une pompe à chaleur eau/eau, préférentiellement réversible dont le circuit primaire échangera des calories ou des frigories avec un ou plusieurs pieux reliés au système 5 par un circuit 4 et dont le circuit secondaire échangera des calories ou des frigories avec un circuit 6, par exemple un plancher chauffant basse température.

Dans un mode de réalisation simplifié illustré par la figure 3, le circuit 4 collectant le fluide circulant dans le ou les pieux selon l'invention sera relié à une batterie aérotherme 15, c'est à dire à un échangeur air/fluide, l'air de renouvellement du local passant à travers ledit échangeur. Ce dispositif de chauffage et de rafraîchissement, notamment décrit dans la demande WO 2006/109003, permet de procurer toutes les fonctionnalités des systèmes connus sous l'appellation de puits canadiens (ou de puits provençaux ou également de puits californiens) moyennant des travaux de terrassement peu onéreux, une emprise au sol réduite et des opérations de maintenance facilitées.

Dans le cas simple représenté par la figure 3, on utilise trois pieux 1 selon l'invention. Ces pieux comportent des ailettes 2 et une extrémité inférieure conique 9 ayant permis de les enfoncer par vissage et favorisant les échanges thermiques avec le sol. Ils sont munis de cloisonnements intérieurs 3 dans lesquels circule le fluide, en l'occurrence de l'eau éventuellement additionnée d'antigel. Ce fluide est collecté par un circuit 4, préférentiellement enterré à quelques dizaines de centimètres sous le niveau du sol. Le fluide circule en continu grâce à l'action d'une pompe ou circulateur 16 de telle façon qu'il échange, selon les conditions climatiques du moment, des calories ou des frigories avec l'air neuf introduit dans le local par l'action d'un ventilateur (non représenté) qui fait traverser au dit air neuf

une batterie aérotherme 15 dans laquelle circule le fluide qui bénéficie des échanges thermiques avec le sol, échanges qui se produisent du fait de la circulation dudit fluide dans les pieux et qui sont rendus particulièrement efficaces et rapide grâce à la présence d'ailettes hélicoïdales 2. Pour améliorer les capacités d'échanges, et pour permettre d'optimiser les fonctionnements en cycles jour/nuit, tout ou partie des cloisonnements ou de la zone en périphérie du tube libérée par le compactage de la terre dû à la rotation de l'ailette principalement verticale 22 pourront être remplis avec une substance présentant la propriété de changer d'état à une température proche de la température de confort recherchée, par exemple 20°C et en tous cas supérieure à 10 °c. On choisira par exemple cette substance parmi les paraffines, qui présentent la propriété de stocker et de restituer environ 50 Kilocalories par gramme, lors du passage de leur pallier de changement d'état. Ce mode d'exécution particulièrement avantageux permettra d'améliorer sensiblement les performances des échangeurs liquides/sol selon l'invention, sans pour autant augmenter de façon significative leur prix de revient. En particulier, ce mode d'exécution permettra durant les saisons estivales de restituer au cours de la journée du fait du changement de l'état solide à l'état liquide d'importantes quantités de frigories. Ces frigories auront été préalablement stockées durant la nuit lorsque la température extérieure se trouve à une température inférieure au point de fusion des paraffines, le stockage résultant du passage de l'état liquide à l'état solide des paraffines contenues dans les parois formant les cloisonnements 3 et/ou remplissant le cylindre creux.

En partie supérieure des pieux selon l'invention, on placera une bride 8 qui servira de bouchon et à laquelle pourront être fixés les cloisonnements intérieurs, délimitant un compartiment axial et un compartiment latéral. On choisira le diamètre du tube formant les cloisonnements intérieurs de telle façon qu'il ne subsiste qu'un espace de circulation de faible section entre ce cloisonnement et la paroi extérieure du pieu, si bien que la circulation du fluide dans cette partie du pieu se produira dans un régime turbulent. De façon préférée la paroi de cloisonnement comportera une surépaisseur ou

une excroissance au niveau de la ou des ailettes extérieures, de telle façon que les échanges thermiques entre le fluide et la paroi du pieu soient favorisés dans cette zone qui présente l'intérêt d'un important potentiel de transmission thermique vers le milieu environnant qui se trouve être le sol.

D'une façon générale, tous les couplages avec différents systèmes de chauffage, de climatisation, de préchauffage ou de rafraîchissement de locaux d'habitation ou d'air de renouvellement de locaux d'habitation et notamment les couplages avec des pompes à chaleur Air/Air, Air/Eau, Eau/Eau, Eau/Air, Frigorigène/Eau ou Frigorigène/Air pourront être utilisés sans sortir du cadre de l'invention.

L'invention trouvera des applications préférentielles pour la réalisation d'habitations légères de loisir qui nécessitent des fondations de faible ou moyenne profondeur et une mise hors gel par échanges thermiques avec le sol y compris en période de non occupation. Dans ce cas particulier, la circulation de liquide entre le sol et au moins une batterie aérotherme pourra être provoquée par une pompe alimentée par des capteurs solaires photovoltaïques. L'invention sera également particulièrement bien adaptée à la réalisation de structures agricoles ou industrielles comme des serres horticoles ou des hangars ou entrepôts, étant entendu que ces applications préférées n'ont aucun caractère limitatif.

Dans le cas où les pieux selon l'invention sont utilisés pour la double application d'échangeur thermique et de fondations légères, on prévoira une pièce de liaison 10 entre d'une part la partie haute des pieux 1, laquelle partie haute sera équipée d'une bride 8, et d'autre part le plancher 17 ou une pièce d'appui de la structure inférieure du bâtiment 7.

Revendications

1.- Pieu creux enfoncé sensiblement verticalement dans le sol par vissage, le pieu comprenant une paroi intérieure (1i), une paroi extérieure (1e) et une épaisseur de paroi, le pieu comprenant en outre :

- au moins une ailette hélicoïdale (2) de forme aplatie et présentant un pas réduit apte à provoquer un enfoncement de quelques centimètres par tour, lorsque le pieu est soumis à une rotation, l'ailette hélicoïdale (2) se trouvant liée mécaniquement et étant en contact thermique avec la paroi extérieure (1e) du pieu (1),

- un cloisonnement intérieur (3) délimitant un compartiment axial (11) et un compartiment latéral (12) communiquant entre eux en partie basse (13) du pieu,

caractérisé en ce que :

- l'ailette hélicoïdale (2) est en contact thermique direct avec le compartiment latéral (12) à travers l'épaisseur de paroi extérieure (1e) du pieu (1), et

- le compartiment latéral (12) présente une section de passage (S2) sensiblement inférieure à la section de passage (S1) du compartiment axial (11).

2.- Pieu vertical selon la revendication 1, dans lequel le compartiment latéral (12) est pourvu d'un réducteur de section de passage (31) au niveau d'au moins une ailette hélicoïdale (2).

3.- Pieu vertical selon la revendication 2, dans lequel le réducteur de section de passage (31) est solidaire du cloisonnement intérieur (3).

4.- Pieu vertical selon la revendication 1, 2 ou 3, comportant plusieurs tronçons assemblés entre eux de façon étanche par soudure par encastrement ou par vissage et dans lequel chaque tronçon

comporte en partie basse une ailette hélicoïdale (2) en contact thermique avec la paroi extérieur (1e) du pieu.

5.- Pieu vertical selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une bride supérieure (8) comportant des orifices de passage pour canalisations (4) communiquant de façon étanche avec chacun des deux compartiments délimités par le cloisonnement intérieur (3), la bride supérieure (8) étant solidaire d'un plancher (15) ou d'une structure inférieure d'un bâtiment (7) par une pièce de liaison comportant des orifices de passage pour les canalisations (4).

6.- Pieu vertical selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fluide circulant dans les compartiments (11,12) à l'intérieur du pieux est utilisé pour alimenter le circuit primaire d'une machine thermodynamique (5) de type pompe à chaleur.

7.- Pieu vertical selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le cloisonnement intérieur (3) est partiellement rempli par une substance présentant la propriété de changer d'état à une température proche de 20° c et préférentiellement par une substance à base de paraffine.

8.- Pieu vertical selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fluide extrait du compartiment latéral (12) est relié par des canalisations (4) à une batterie d'échange liquide / air (15), ladite batterie (15) étant elle-même reliée par des canalisations au compartiment axial (11), l'ensemble compartiment latéral (12) + canalisations (4) + batterie (15) + compartiment axial (11) formant un circuit étanche et scellé comportant en outre au moins un circulateur (16).

9.- Pieu vertical selon revendication 8, dans lequel la batterie (15) est traversée par l'air de renouvellement alimentant le bâtiment dont ledit pieu constitue une partie des fondations.

10.- Installation de chauffage, ou de climatisation, de traitement ou de pré-traitement de l'air, comportant au moins un pieu vertical selon l'une au moins des revendications précédentes.

11.- Fondation pour bâtiment industriel, agricole, résidentiel individuel ou collectif ou de loisir, comportant au moins un pieu vertical selon une au moins des revendications précédentes.

* * *

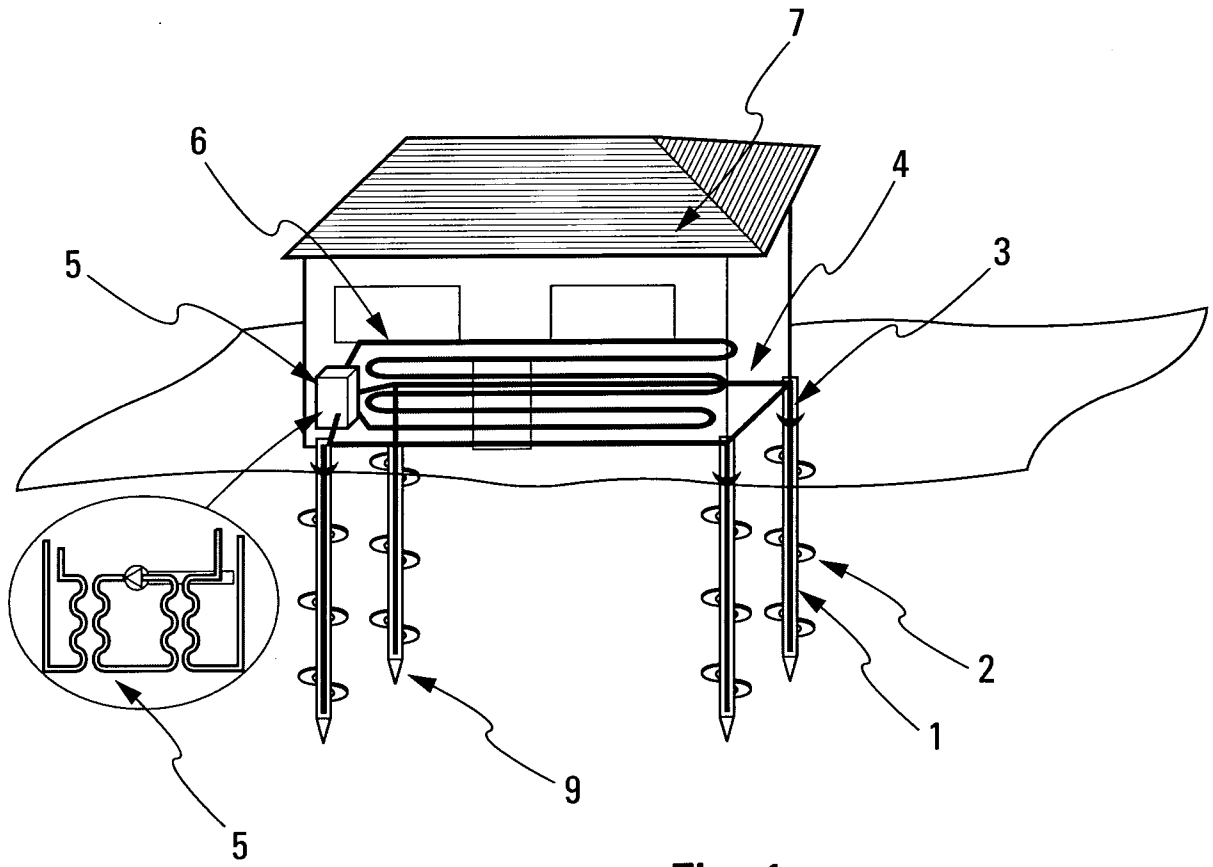


Fig. 2

Fig. 1

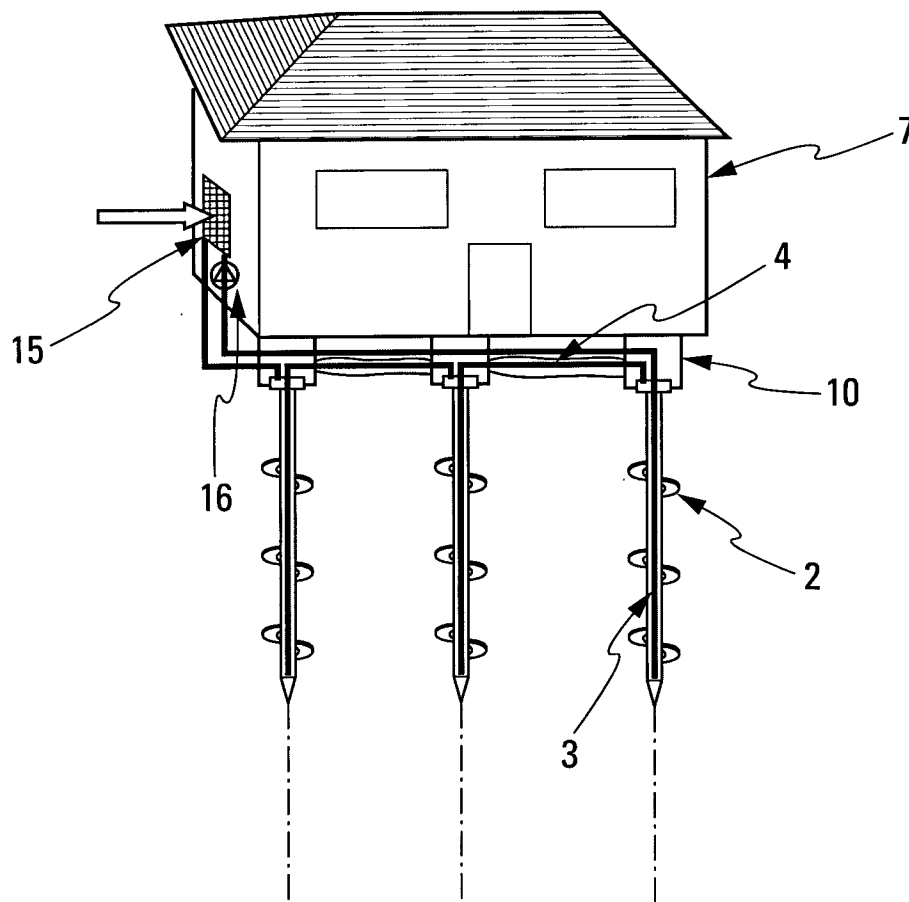


Fig. 3

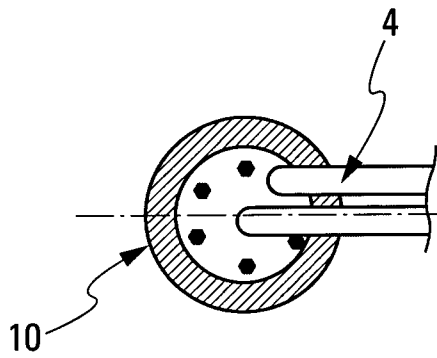


Fig. 5B

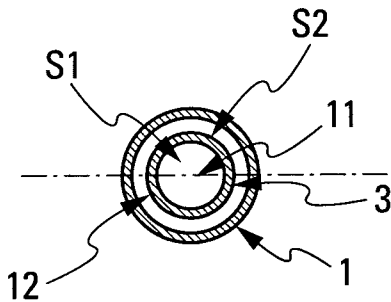


Fig. 5A

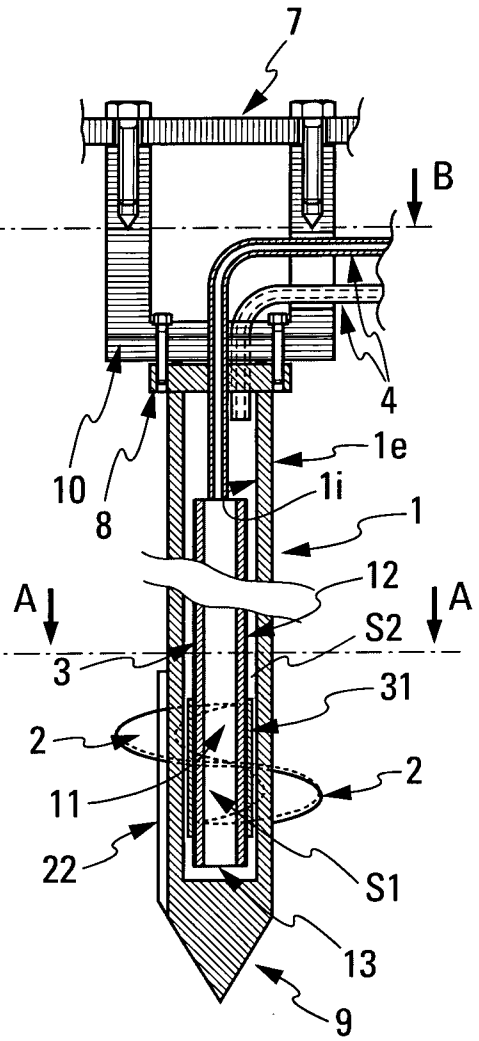


Fig. 4

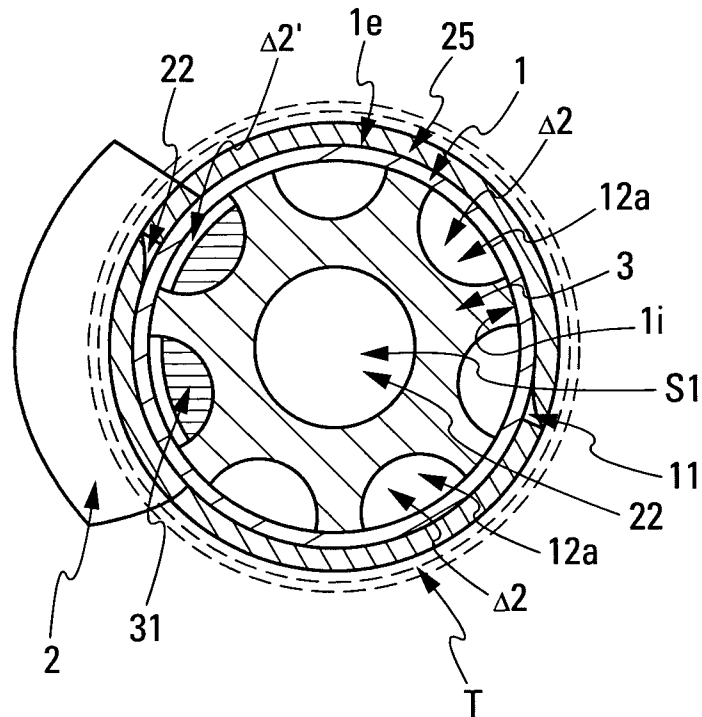


Fig. 6