

12

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 89402980.0

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **F28G 3/10**

22 Date de dépôt: 27.10.89

30 Priorité: 18.11.88 FR 8814996

43 Date de publication de la demande:  
23.05.90 Bulletin 90/21

84 Etats contractants désignés:  
**AT BE DE ES GB IT NL SE**

71 Demandeur: **Société Anonyme dite:**  
**COMPAGNIE DE RAFFINAGE ET DE**  
**DISTRIBUTION TOTAL FRANCE**  
84, rue de Villiers  
F-92300 Levallois Perret(FR)

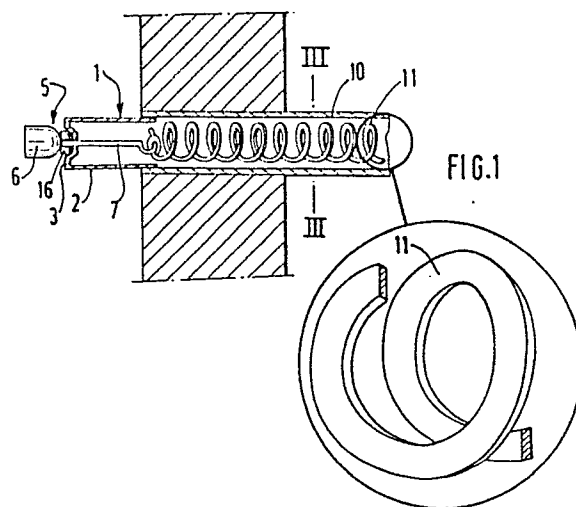
72 Inventeur: **Maroy, Pierre**  
**18 Rue du Parc de Clagny**  
**F-78000 Versailles(FR)**  
Inventeur: **Patureaux, Thierry**  
**10 rue des Frênes Fontaine-La-Mallet**  
**F-76290 Montivilliers(FR)**  
Inventeur: **Freychet, Davis**  
**5 rue Delarbre**  
**F-76310 Sainte Adresse(FR)**  
Inventeur: **Loutaty, Roben**  
**29 rue de Sery**  
**F-76600 Le Havre(FR)**

74 Mandataire: **Jolly, Jean-Pierre et al**  
**Cabinet BROT et JOLLY 83, rue d'Amsterdam**  
**F-75008 Paris(FR)**

54 **Procédé et dispositif de nettoyage d'un tube dans lequel circule un fluide, et utilisation dans les tubes d'échangeurs de chaleur.**

57 Procédé de nettoyage en continu de l'intérieur d'un tube (10) dans lequel circule un fluide, selon lequel on entraîne en rotation continue dans ce tube à l'aide dudit fluide un élément mobile (11) dont une extrémité est accrochée à une extrémité du tube par une liaison mécanique (1,5) le laissant libre de tourner sur lui-même, autour de l'axe du tube.

Ledit élément mobile comporte au moins une arête vive destinée à racler la surface interne du tube, qui est disposée de façon telle qu'au cours de la rotation de l'élément mobile, elle constitue, suivant toute section transversale du tube, la partie de l'élément mobile la plus éloignée de l'axe du tube.



## PROCEDE ET DISPOSITIF DE NETTOYAGE D'UN TUBE DANS LEQUEL CIRCULE UN FLUIDE, ET UTILISATION DANS LES TUBES D'ECHANGEURS DE CHALEUR

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de nettoyage d'un tube dans lequel circule un fluide. Elle concerne également l'utilisation de ce procédé et de ce dispositif dans les tubes d'échangeurs de chaleur.

On sait que les matières en suspension ainsi que les matières dissoutes dans les fluides, notamment le carbonate de calcium dans une solution aqueuse ou le coke en formation par craquage thermique dans des hydrocarbures, ont tendance à se déposer sur les parois internes des conduits empruntés par ces fluides. C'est le cas, en particulier, pour les tubes des échangeurs thermiques, dont l'efficacité diminue très rapidement, si on ne ralentit pas ou ne remédie pas à leur encrassement.

On peut, bien entendu, procéder à un nettoyage intermittent de ces tubes, mais ceci nécessite un arrêt de l'échangeur, le démontage d'une partie au moins de ses organes et le remontage après nettoyage des tubes, toutes opérations longues et coûteuses.

Des dispositifs de ce type, disposés à l'intérieur des tubes d'échangeur de chaleur, sont bien connus de l'art antérieur, et l'on citera pour mémoire le brevet allemand n° 457 572, en date du 1er mars 1928, au nom de Paul CIMBOLEK, qui décrit un élément mobile, du type ressort à boudin métallique, retenu par une liaison mécanique autorisant sa rotation.

C'est pourquoi, dans la pratique, on préfère disposer à l'intérieur de ces tubes des éléments mobiles, par exemple de profil hélicoïdal, qui sont entraînés en rotation par le fluide et qui, en contact ou non avec la paroi interne des tubes, assurent par leur mouvement la prévention de l'encrassement et/ou le nettoyage de ceux-ci, et une amélioration des transferts thermiques.

Dans une précédente demande de brevet français n° 2 569 829, la Société Demanderesse (dite alors Compagnie Française de Raffinage) a ainsi proposé un dispositif mécanique destiné à être placé à l'intérieur d'un tube d'échangeur thermique, en vue de prévenir son encrassement et d'améliorer les transferts thermiques, ce dispositif comprenant au moins un élément mobile et au moins un système d'accrochage de cet élément mobile et étant caractérisé en ce que l'élément mobile est indéformable et a une structure telle qu'il peut être mis en rotation permanente par le fluide circulant dans ledit tube d'échangeur, tandis que le système d'accrochage comprend une liaison mécanique permettant la libre rotation de l'élément mobile sur lui-même, autour de l'axe du tube

d'échangeur.

L'élément mobile de ce dispositif peut avoir un profil hélicoïdal et il comprendra, par exemple, un fil métallique enroulé suivant un tel profil. Diverses articulations mécaniques permettant la libre rotation du mobile sur lui-même sont décrites dans cette demande de brevet.

D'autres dispositifs de maintien en position d'un tel élément mobile sont par ailleurs décrits dans la demande de brevet français n° 2 612 267, également au nom de la Compagnie Française de Raffinage, (aux droits de laquelle se trouve la Société Demanderesse). Cette demande de brevet concerne plus précisément un dispositif de maintien en position d'une extrémité d'un élément mobile entraîné en rotation à l'intérieur d'un tube par l'action d'un fluide, caractérisé en ce qu'il comporte, d'une part, un organe formant palier, monobloc, en un matériau rigide apte à se déformer élastiquement, comprenant au moins deux branches séparées par une distance telle qu'elles puissent être engagées à force dans une extrémité ouverte dudit tube pour prendre appui élastiquement contre la paroi interne de celui-ci, de manière à rendre rigidement solidaire dudit tube ledit organe formant palier, d'autre part, un tourillon, monté rotatif par rapport au palier suivant l'axe de l'extrémité du tube et apte à être rendu solidaire de l'élément entraîné en rotation.

Les systèmes de nettoyage des tubes d'échangeurs de chaleur équipés de tels dispositifs de maintien en position se sont révélés particulièrement efficaces dans le cas où le fluide circulant dans les tubes comprend des hydrocarbures liquides, qui provoquent des dépôts encrassants relativement abondants, mais d'une faible dureté et dont l'adhérence aux parois du tube est peu élevée.

Dans de nombreux échangeurs, toutefois, on utilise des fluides qui provoquent le dépôt à l'intérieur des tubes de matières beaucoup plus dures, qui adhèrent fermement aux parois. C'est le cas, notamment, du fluide le plus usuel, à savoir l'eau, qui provoque le dépôt de tartre, constitué essentiellement de carbonates de calcium.

Les essais effectués par la Demanderesse avec les dispositifs connus de nettoyage des tubes, tels que ceux mentionnés ci-dessus, ont montré qu'ils n'étaient pas utilisables dans le cas où le fluide circulant dans le tube est de l'eau chargée de carbonates. En effet, l'élément mobile dont sont équipés ces dispositifs a tendance à s'immobiliser au contact du tartre déposé sur les parois et il perd ainsi toute efficacité. Dans la mesure où il n'est plus entraîné en rotation par l'eau, le tartre continue à

se déposer sur la paroi interne du tube, dont les propriétés de transmission thermique se dégradent ainsi très rapidement et qu'il est nécessaire de démonter périodiquement pour procéder à son nettoyage.

La Demanderesse a donc été amenée à étudier des modifications à apporter aux dispositifs qu'elle avait proposés précédemment, en vue de les rendre aptes à prévenir l'encrassement des tubes d'échangeurs de chaleur, lorsque le fluide qui y circule est entartrant.

Un premier but de l'invention est donc de proposer un procédé et un dispositif aptes à prévenir l'encrassement des tubes d'un échangeur de chaleur dans lequel circule un fluide susceptible de déposer, sur les parois internes de ce tube, du tartre ou une matière dure adhérant fermement au tube, et qui évitent ainsi d'avoir à démonter périodiquement le faisceau de tubes pour les nettoyer.

Un autre but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif de ce type, utilisant un élément mobile entraîné en rotation à l'intérieur du tube par le fluide qui y circule, qui soient tels que l'élément mobile ne risque pas de s'immobiliser à l'intérieur du tube au contact du tartre ou autre dépôt formé sur les parois internes de celui-ci.

Un autre but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif de ce type qui améliorent les transferts thermiques.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de nettoyage en continu de l'intérieur d'un tube dans lequel circule un fluide, selon lequel on entraîne en rotation continue dans ce tube à l'aide dudit fluide un élément mobile dont une extrémité est accrochée à une extrémité du tube par une liaison mécanique le laissant libre de tourner sur lui-même, autour de l'axe du tube, ce procédé étant caractérisé en ce que ledit élément mobile comporte au moins une arête vive destinée à racler la surface interne du tube, qui est disposée de façon telle qu'au cours de la rotation de l'élément mobile, elle constitue, suivant toute section transversale du tube, la partie de l'élément mobile la plus éloignée de l'axe du tube.

L'invention a également pour objet un dispositif de nettoyage en continu d'un tube dans lequel circule un fluide, comportant un élément mobile de forme telle qu'il puisse être entraîné en rotation par le fluide, et une liaison mécanique permettant d'accrocher une extrémité de cet élément mobile à une extrémité du tube en le laissant libre de tourner sur lui-même autour de l'axe, ce dispositif étant caractérisé en ce que l'élément mobile comporte au moins une arête vive, destinée à racler la surface interne du tube, qui est disposée de façon telle qu'au cours de la rotation de l'élément mobile, elle constitue, suivant toute section transversale du tube, la partie de l'élément mobile la plus éloignée

de l'axe du tube.

La Demanderesse a établi, en effet, que le raclage en continu de la paroi interne du tube par cette (ou ces) arête(s) vive(s) de l'élément mobile prévient le dépôt de tartre ou d'un autre matériau dur sur cette paroi et, dans le cas, où un tel dépôt se produit, le décolle de la paroi et l'élimine par entraînement par le fluide. 'Par "arête vive", on entend dans le présent mémoire un angle saillant de la section polygonale de l'élément mobile'.

Comme décrit dans les demandes de brevets mentionnées ci-dessus, l'élément mobile du dispositif sera avantageusement constitué par un organe longitudinal continu enroulé suivant un profil hélicoïdal et, conformément à l'invention, il aura une section transversale comprenant au moins une arête disposée de manière à racler la face interne du tube. Cette section pourra être polygonale, par exemple triangulaire, rectangulaire, trapézoïdale, ou autre.

Une forme préférée de réalisation, parce que simple, est constituée par une bande métallique mince, c'est-à-dire à section rectangulaire aplatie, enroulée suivant un profil hélicoïdal. Une autre forme de réalisation préférée, parce que disponible dans le commerce, pourra être constituée par un demi-jonc métallique, c'est-à-dire en profil à section semi-circulaire ou en forme d'arc-de-cercle, enroulé suivant un profil hélicoïdal.

Ces formes de mise en oeuvre de l'invention n'ont, bien entendu, pas de caractère limitatif.

La liaison mécanique du dispositif pourra être d'un type décrit dans les demandes de brevet mentionnées ci-dessus ou de tout autre type, les systèmes de la demande française n° 2 612 267 étant préférés.

La Demanderesse a par ailleurs établi, comme il ressortira des exemples qui suivront dans la présente description, que le dispositif défini ci-dessus non seulement prévient ou réduit les dépôts sur la surface interne des tubes qu'il équipe, mais, dans le cas où ces tubes sont utilisés dans un échangeur thermique, il accroît sensiblement les transferts de calories, du fait du mouvement qu'il imprime au fluide circulant dans les tubes, et du renouvellement permanent du film liquide sur la paroi interne au travers de laquelle s'opère le transfert thermique.

L'invention a donc également pour objet l'utilisation du procédé et du dispositif défini ci-dessus dans des tubes d'échangeurs de chaleur.

Diverses formes de mise en oeuvre de l'invention vont être décrites ci-après, à titre d'exemples, en référence aux dessins annexés.

Sur ces dessins :

La figure 1 est une vue en coupe d'un tube d'échangeur thermique équipé d'un dispositif de nettoyage conforme à l'invention ;

La figure 2 est une vue partielle en perspective éclatée du dispositif de nettoyage de la figure 1 ;

La figure 3 est une coupe suivant la ligne III-III de la figure 1 ;

La figure 4 est une coupe transversale à plus grande échelle de l'élément mobile du dispositif de la figure 1 ;

Les figures 5 et 6 sont des coupes analogues à la figure 4 montrant des variantes de sections transversales de l'élément mobile.

Le dispositif représenté sur les figures 1 et 2 comprend :

- d'une part, un organe 1 formant palier, à section sensiblement en U, dont les deux branches 2 divergent à partir de la base 3 et se prolongent par un ergot 4, leur permettant de s'insérer à force dans un tube 10 d'échangeur de chaleur ;

- d'autre part, un tourillon 5, comprenant, une tête 6 à flancs semi-hémisphériques et une tige 7 engagée dans une ouverture 8 de la base 3 du palier 1, dont l'extrémité est recourbée en forme de crochet 9 ;

- enfin, un élément mobile 11 de profil hélicoïdal logé dans le tube 10, où il est entraîné en rotation par le fluide qui y circule pour assurer le nettoyage en continu de la surface interne, une extrémité 12 de l'élément 11, de forme annulaire étant accrochée à la partie recourbée en forme de crochet 9 de la tige 7.

L'organe 1 forme ainsi un palier pour le tourillon 5 et l'élément mobile 11, qui peuvent donc tourner librement sous la sollicitation du fluide circulant dans le tube 10. Eventuellement, une rondelle anti-friction 16 peut être interposée entre la tête 6 du tourillon 5 et la base 3 du palier 1.

Conformément à l'invention, dans cette forme de réalisation, l'élément mobile 11 est constitué par une bande métallique de faible épaisseur, à section rectangulaire (voir figures 3 et 4) dont au moins une arête 13 est disposée en permanence au voisinage de la face interne du tube 10, afin d'assurer le nettoyage en continu de cette face. La forme plate de l'élément mobile permet à celui-ci d'être entraîné facilement en rotation par le fluide circulant dans le tube 10, et son arête 13, qui est la plus éloignée de l'axe du tube, c'est-à-dire la plus proche de la paroi interne de celui-ci, est ainsi entraînée de façon régulière en rotation au voisinage immédiat de cette paroi, dont elle assure le nettoyage par raclage et par turbulence du fluide.

Comme on le voit sur la figure 5, l'élément mobile 11 pourrait également avoir une section trapézoïdale, dont l'arête 14 disposée au voisinage de la face interne du tube assure un excellent raclage de la paroi et dont la forme aérodynamique facilite l'entraînement en rotation par le liquide circulant dans le tube.

Alternativement, l'élément mobile 11 peut aussi avoir une section en demi-jonc, dont une arête 15 est contiguë à la face interne du tube. De tels demi-joncs métalliques sont disponibles dans l'industrie et il est donc facile de réaliser sous cette forme l'élément mobile.

Naturellement, l'élément mobile peut avoir un profil différent d'une hélice et avoir par exemple l'une des formes décrites dans la demande de brevet n° 2 569 828, à condition, bien entendu, qu'il présente une arête disposée en permanence au voisinage de la face interne du tube équipé du dispositif conforme à l'invention.

Bien entendu, l'invention s'applique au nettoyage en continu de tubes dans lesquels circulent des fluides autres que de l'eau contenant des matières dissoutes, par exemple de l'eau contenant des matières en suspension, telles que, des ferrites, ou des mélanges liquides à base d'urée, qui peuvent entraîner la formation de dépôts extrêmement durs, ainsi que des hydrocarbures; l'invention s'applique aussi à des mélanges, éventuellement polyphasiques.

La Demanderesse n'a pas déterminé précisément le mode de fonctionnement du dispositif, objet de la présente invention, mais elle estime, sans pour autant que cela puisse impliquer une quelconque limitation de la portée de son invention, que lors de la rotation de l'élément mobile, la surface interne du tube est raclée par des secteurs de l' (ou des) arête (s) vive (s) qui assure (nt) le contact dynamique entre l'élément mobile et le tube. Le dépôt naissant du tartre ou de matériau dur est alors décollé de la paroi du fait de ce raclage, et éliminé par le courant de fluide et ne peut donc se développer. La Demanderesse a établi que, de façon surprenante, le dispositif conforme à l'invention non seulement prévient ou réduit les dépôts de matière solide à l'intérieur des tubes d'échangeurs de chaleur, mais, toutes choses égales par ailleurs, produit une amélioration sensible de transfert thermique. C'est ce qui ressortira en particulier des exemples suivants, entre autres avantages du procédé et du dispositif de l'invention.

#### Exemple 1

Dans un tube d'une longueur de 0,8 m et d'un diamètre interne de 15 mm, on a utilisé comme élément mobile du dispositif conforme à l'invention une bande en acier à ressort à section rectangulaire de 2,5 mm x 1 mm, enroulée en spirale régulière, de telle sorte que le petit côté de sa section rectangulaire soit disposé radialement dans le tube.

Le diamètre extérieur de la spire était de 10

mm et son pas de 17 mm.

On a utilisé comme moyen de fixation de la bande un système du type représenté sur la figure 2.

On a fait circuler comme fluide dans le tube de l'eau entartrante avec un débit de 0,5 m<sup>3</sup>/h, le tube étant équipé ou non du dispositif de nettoyage conforme à l'invention.

On a fait les constatations suivantes : après 3 semaines de fonctionnement, la paroi interne du tube non équipé du dispositif de nettoyage est recouverte d'une couche de tartre d'une épaisseur moyenne d'environ 1 mm. Par contre, la paroi interne d'un tube équipé du dispositif de nettoyage est, dans les mêmes conditions et après la même durée de fonctionnement, recouverte d'une couche de tartre dont l'épaisseur moyenne est inférieure à 0,2 mm.

### Exemple 2

Dans un tube d'une longueur de 6 m et d'un diamètre interne de 15 mm, on a disposé un élément mobile de mêmes caractéristiques que dans l'exemple 1.

On a fait circuler dans le tube un produit pétrolier (pétrole lampant) à une vitesse de 1 m/s.

A l'extérieur du tube, dans une double enveloppe concentrique au tube, on a fait circuler un fluide caloporteur de façon à élever la température du pétrole lampant par échange thermique avec le fluide caloporteur à travers la paroi du tube.

Dans les mêmes conditions, par mesure de la température du pétrole lampant à l'entrée (T<sub>1</sub>) et à la sortie (T<sub>2</sub>) du tube, on a obtenu les résultats suivants :

- tube équipé du dispositif  $T = T_2 - T_1 = 31,4^\circ \text{C}$
- tube non équipé  $T = T_2 - T_1 = 27,8^\circ \text{C}$

Ces résultats correspondent à une augmentation du coefficient de transfert de chaleur global de 19% et à une augmentation du coefficient de transfert interne de 100% environ.

### **Revendications**

1- Procédé de nettoyage en continu de l'intérieur d'un tube (10) dans lequel circule un fluide, selon lequel on entraîne en rotation continue dans ce tube à l'aide dudit fluide un élément mobile (11) dont une extrémité (12) est accrochée à une extrémité du tube par une liaison mécanique (1,5) le laissant libre de tourner sur lui-même, autour de l'axe du tube, ce procédé étant caractérisé en ce que ledit élément mobile comporte au moins une arête vive (13) destinée à racler la surface interne

du tube, qui est disposée de façon telle qu'au cours de la rotation de l'élément mobile, elle constitue, suivant toute section transversale du tube, la partie de l'élément mobile la plus éloignée de l'axe du tube.

2- Dispositif de nettoyage en continu d'un tube (10) dans lequel circule un fluide, comportant un élément mobile (11) de forme telle qu'il puisse être entraîné en rotation par le fluide, et une liaison mécanique (1,5) permettant d'accrocher une extrémité (12) de cet élément mobile à une extrémité du tube en le laissant libre de tourner sur lui-même autour de l'axe, ce dispositif étant caractérisé en ce que l'élément mobile (11) comporte au moins une arête vive (13), destinée à racler la surface interne du tube, qui est disposée de façon telle qu'au cours de la rotation de l'élément mobile, elle constitue, suivant toute section transversale du tube, la partie de l'élément mobile la plus éloignée de l'axe du tube.

3- Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que, de façon connue en soi, ledit élément mobile (11) a un profil hélicoïdal.

4- Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit élément mobile (11) à une section transversale rectangulaire.

5- Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit élément mobile (11) est constitué d'une bande métallique plane enroulée en spirale.

6- Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la bande plane est enroulée de façon telle que l'un des petits côtés de sa section transversale soit dirigé radialement.

7- Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit élément mobile (11) a une section trapézoïdale.

8- Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit élément mobile (11) a une section semi-circulaire ou en forme d'arc de cercle.

9- Utilisation du procédé selon la revendication 1 ou d'un dispositif selon l'une des revendications 2 à 8 dans un tube d'échangeur thermique.

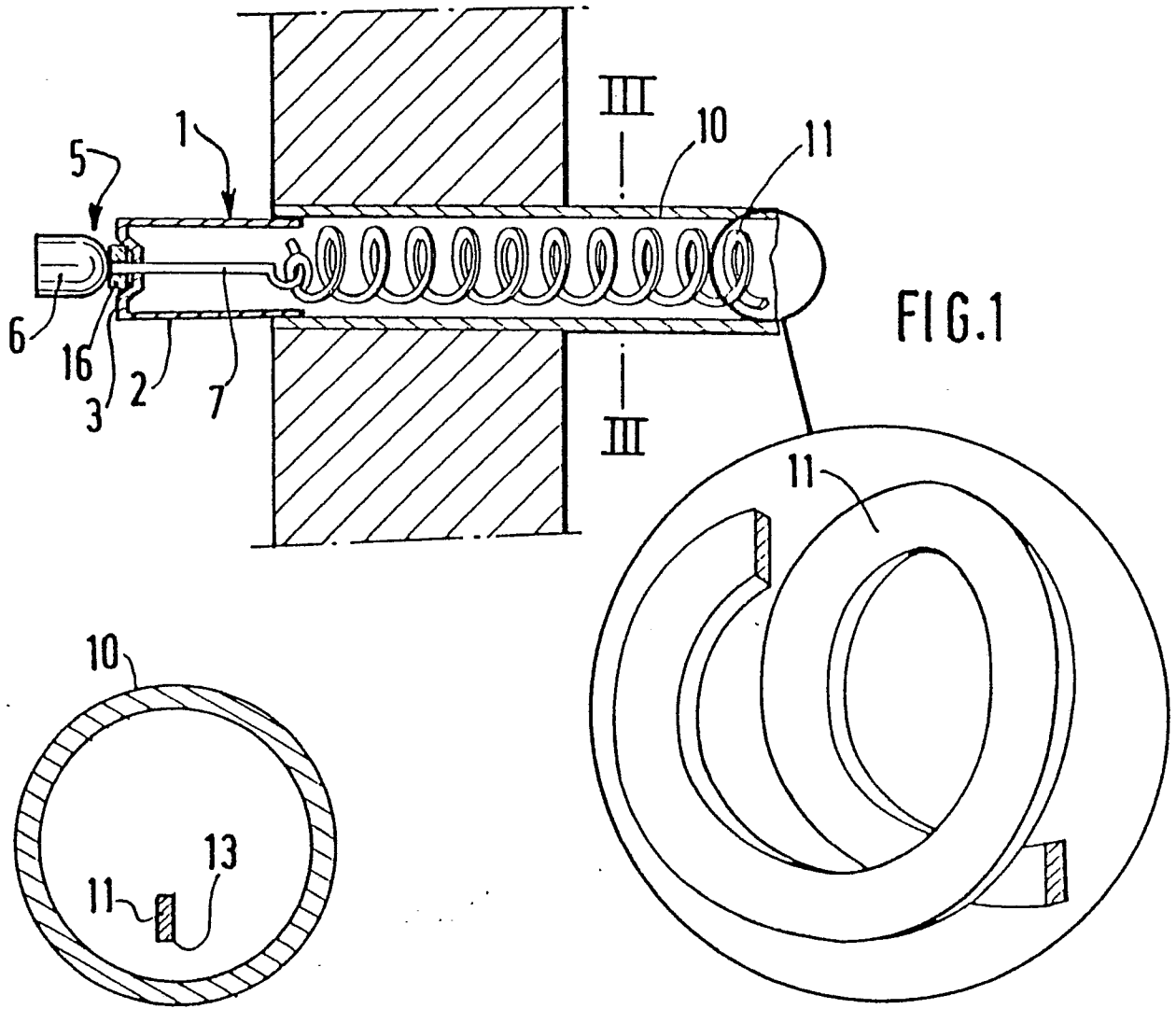


FIG. 1

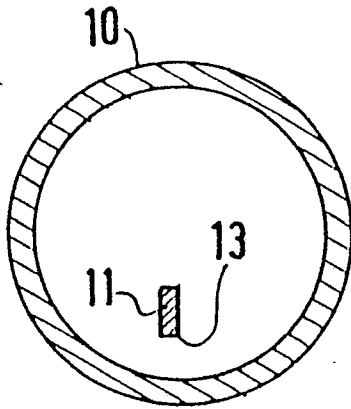


FIG. 3

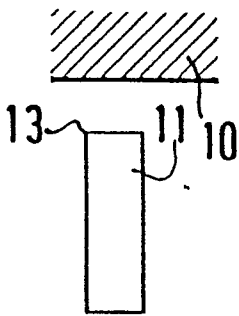


FIG. 4

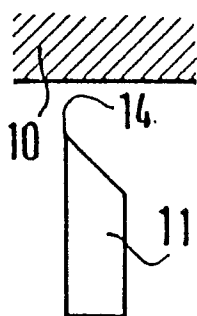


FIG. 5

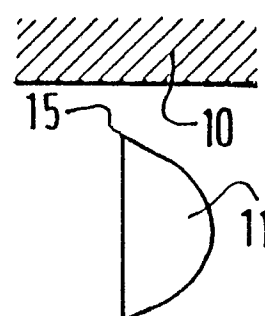


FIG. 6

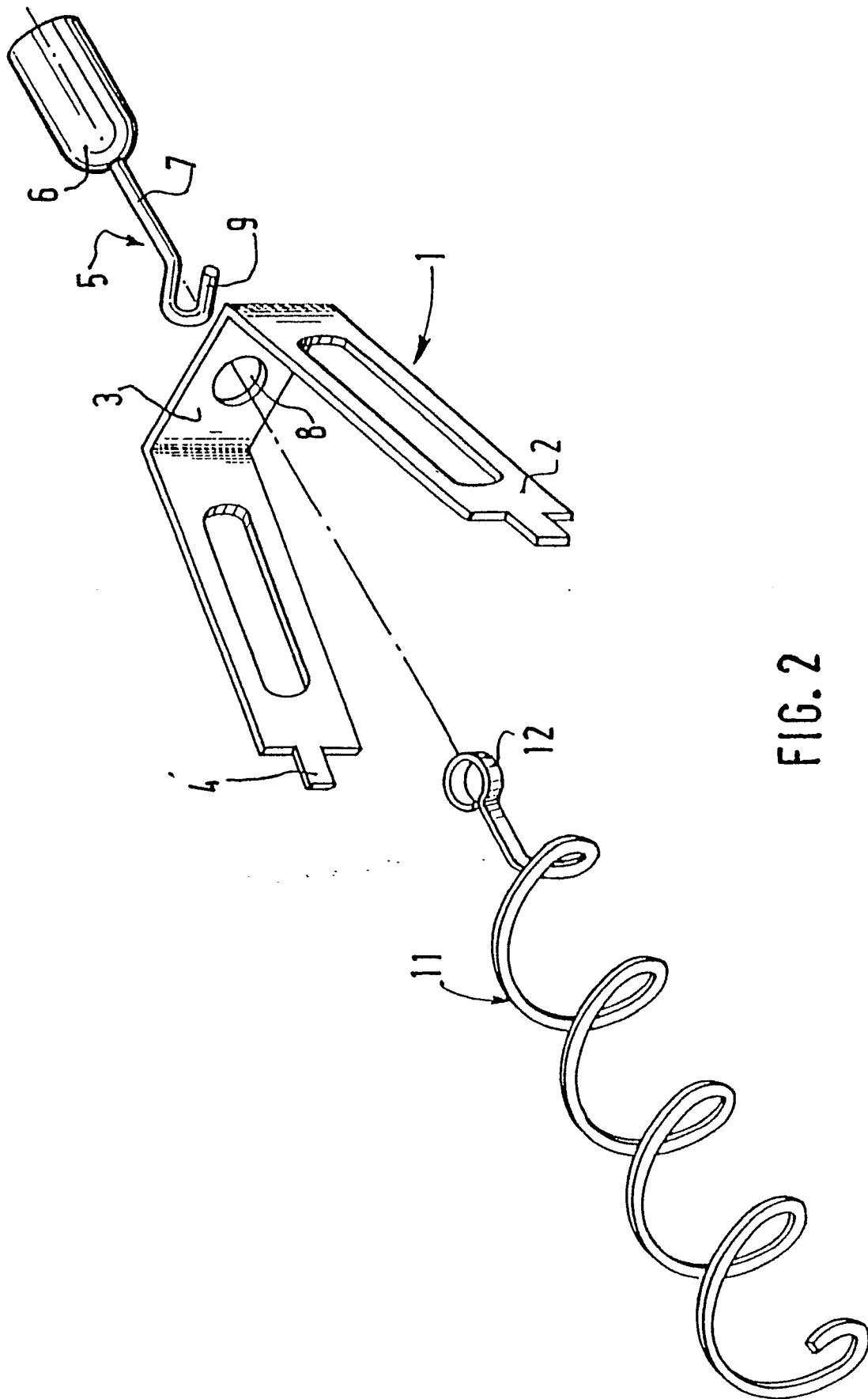


FIG. 2



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
D,Y	EP-A-0 282 406 (TOTAL) * En entier * ---	1-6,9	F 28 G 3/10
Y	FR-A-2 430 580 (ANVAR) * Page 10, lignes 25-31 * ---	1-6,9	
A	FR-A-1 508 224 (HISPANO-SUIZA) * En entier * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			F 28 G F 28 F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29-12-1989	Examinateur SMETS E.D.C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			