(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 841 982**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **02 08344**

(51) Int Cl[7] : **G 01 L 1/24**

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 03.07.02.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 09.01.04 Bulletin 04/02.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE* — FR et *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** WITTRISCH CHRISTIAN, MAURIN LAURENT, AVERBUCH DANIEL et FERDINAND PIERRE.

(73) **Titulaire(s) :**

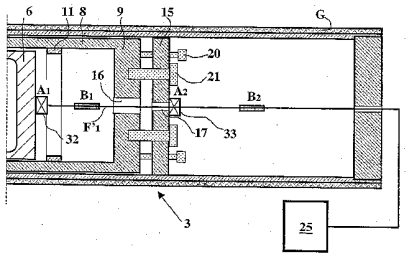
(74) **Mandataire(s) :**

(54) CAPTEUR DE PRESSION A FIBRE OPTIQUE COMPENSE EN TEMPERATURE.

(57) - Capteur de pression à fibre optique compensé en température pour détecter les variations de pression dans au moins un milieu par rapport à un milieu de référence tel que l'atmosphère ou un milieu où règne une contre-pression.

- Le capteur comporte essentiellement un élément déformable (2) tel qu'un soufflet (5) exposé d'un côté au milieu de référence et du côté opposé à la pression à mesurer, une portion de fibre optique (F1) comportant au moins un réseau optique tel qu'un réseau de Bragg (B1), qui est reliée d'un côté à l'élément déformable (2) et du côté opposé à un point fixe. La portion de fibre optique est soumise à une précontrainte par un dispositif (6, 15, 20, 21) et son allongement varie avec les déplacements de l'élément déformable. Le dispositif applique la précontrainte à la portion de fibre optique (F1) entre l'élément déformable (2) et un autre élément fixe (15) isolé du milieu par un boîtier rigide (1). Un système optique (25) détecte les déformations subies par le dit réseau optique en réponse aux variations de pression subies par l'élément déformable. Une autre partie (F2) de la fibre optique non soumise à contraintes (ou une autre portion de fibre non contrainte connectée à la première), comporte de préférence un autre réseau optique analogue (B2) permettant également une mesure des variations de la température. En dupliquant les éléments déformables et éventuellement le dispositif d'application de la contrainte (3), on peut également mesurer les variations d'une pression différentielle.

- Un tel capteur peut être notamment appliqué à la mesure de la pression et de la température dans des puits où règnent des conditions difficiles.



FR 2 841 982 - A1

La présente invention concerne un capteur de pression à fibre optique compensé en température.

Le capteur selon l'invention trouve des applications dans de nombreux domaines : mesure, contrôle, détection-alarme, surveillance, où l'on recherche une excellente immunité à l'environnement extérieur. Il est particulièrement adapté notamment pour la mesure de la pression régnant dans des puits de production pétrolière. Bien qu'il puisse être utilisé pour les mesures de pression en général, le capteur est plus particulièrement destiné à mesurer avec une très grande précision les variations de pression au sein d'un fluide.

Etat de la technique

Les capteurs à fibres optiques présentent d'autres avantages spécifiques : faible encombrement, masse réduite, grande bande passante et faible atténuation, immunité aux parasites électromagnétiques, bonne résistance aux effets des rayonnements ionisants, possibilité de lecture multiplexée de signaux produits par différents capteurs et de déports importants des points de mesure, etc.

L'état de la technique dans le domaine peut être illustré notamment par les brevets suivants : US 4,932,262, US 5 317,929, US 5,600,070, WO 99/13307 (US 6,016,702), WO 00/00799, WO 01/14843 ou EP 1008840 A1.

Les capteurs de pression comportent par exemple un ou plusieurs éléments déformables (diaphragme, soufflet, etc.) dont l'une des surfaces est soumise à la pression régnant dans un milieu, l'autre surface étant soumise à une pression de référence. Les

déformations ou déplacements de ces éléments sous l'effet des variations de pression dans le milieu, sont traduites sous la forme de variations de longueur d'une portion de fibre optique à réseaux de Bragg reliant l'élément mobile à un boîtier fixe. A ces capteurs de pression, est souvent associé un capteur du même type sur une portion de fibre optique non soumise à une contrainte où les déformations du réseau ne sont dues qu'à des variations de la température. On peut utiliser par exemple des réseaux de Bragg de type standard dont la largeur spectrale moyenne est de l'ordre de 200 pm, ou, pour une plus grande précision, des réseaux de Bragg de type à saut de phase dont la largeur spectrale est réduite à quelques picomètres (pm) tels que décrits par exemple dans la demande de brevet WO 9959009.

Le capteur de pression selon l'invention

Le capteur de pression à fibre optique selon l'invention permet de détecter les variations de pression dans un milieu par rapport à un milieu de référence (la pression atmosphérique par exemple ou une contre-pression). Il comporte au moins un élément déformable (une membrane par exemple ou de préférence un soufflet dont la longueur s'accroît quand la pression du milieu augmente) exposé d'un côté au milieu de référence et, du côté opposé, à une pression à mesurer, au moins une fibre optique dont au moins une portion est précontrainte. A cet effet, elle est reliée d'un côté à l'élément déformable et du côté opposé, à un point de référence de telle sorte que sa contrainte varie avec les déplacements de l'élément déformable. Cette portion de fibre optique comporte au moins un réseau optique, et un système optique pour détecter les déformations subies par chaque réseau optique suite aux variations de pression subies par l'élément déformable.

Le capteur se distingue d'abord en ce qu'il comporte un dispositif prenant appui sur un deuxième élément rigide constituant le point de référence, pour appliquer une précontrainte réglable à la ou chaque portion de fibre (ce deuxième élément rigide étant de préférence isolé du milieu par le boîtier extérieur). Grâce à ce dispositif, la précontrainte recherchée de la fibre est aisément réglable localement

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comporte des moyens de précontrainte prenant appui sur le deuxième élément rigide (tels qu'une ou plusieurs pièces rigides que l'on peut écarter par rapport à ce deuxième élément) et des moyens de retenue associés à deux

extrémités opposées de chaque portion de fibre qui coopèrent avec les moyens de précontrainte pour appliquer une précontrainte ajustable à cette portion de fibre.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comporte des moyens pour mettre chaque portion de fibre optique sous la forme d'une boucle ouverte formée entre l'élément déformable et les moyens de retenue associés aux moyens de précontrainte.

A cet effet, il peut comporter un chemin semi-circulaire (formé par exemple par la gorge d'une portion de poulie dont l'axe est fixé à l'élément déformable) associé à l'élément déformable, les dits moyens de précontrainte s'appuyant contre une paroi du deuxième élément rigide.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comporte des moyens pour mettre chaque portion de fibre optique sous la forme d'un élément de fibre rectiligne formé entre l'élément déformable et le deuxième élément rigide, les moyens de précontrainte s'appuyant contre ce deuxième élément rigide.

Différentes variantes de réalisation peuvent être appliquées aux deux modes précédents. Les moyens de précontrainte de la portion de fibre peuvent comporter par exemple une pièce de butée en appui contre le deuxième élément rigide, et des moyens d'écartement (par vissage par exemple) de la pièce de butée par rapport au dit deuxième élément rigide, les moyens de retenue de la portion de fibre optique étant associés à la pièce de butée. Les moyens de précontrainte peuvent comporter en outre des moyens de blocage de la pièce de butée par rapport au deuxième élément rigide.

Les moyens de retenue peuvent aussi comporter deux éléments mécaniques d'accrochage adaptés à maintenir bloquée chaque portion de fibre respectivement à ses extrémités opposées, fixés l'un à l'élément déformable, l'autre, à une pièce translatable par rapport au deuxième élément rigide, et des moyens pour ajuster à une valeur prévue la précontrainte appliquée à la portion de fibre.

Les moyens de retenue peuvent comporter au moins une pièce de blocage encastrée dans la pièce de butée qui coopère avec au moins une surépaisseur locale de la portion de fibre optique ou bien au moins une pièce sertie sur la portion de fibre, ou bien encore des éléments

mécaniques d'accrochage adaptés à maintenir bloquée chaque portion de fibre respectivement à ses extrémités opposées, fixés l'un à l'élément déformable, l'autre, à la pièce de butée, ou bien encore au moins une pièce de blocage encastrée dans la pièce de butée percée d'un trou calibré, chaque portion de fibre étant associée à chaque pièce de blocage par tout moyen connu (notamment par collage).

Suivant un mode préféré de réalisation l'élément déformable comporte un culot solidaire du corps et une partie déplaçable (telle qu'un soufflet avec des ondulations de différentes formes possibles: symétriques ou asymétriques, de forme hélicoïdale, avec des amplitudes d'ondulation des hélices intérieure et extérieure pouvant être égales ou différentes) solidaire du culot, et le deuxième élément rigide comporte un tube rigide solidaire du culot et intérieur au corps. Des moyens de protection sont de préférence ajoutés pour limiter les déformations de l'élément déformable.

Le capteur peut comporter une gaine extérieure réalisée en un matériau isolant thermiquement.

Suivant un mode de réalisation possible, le corps est réalisé dans un matériau à faible conductivité thermique et les éléments du capteur à l'intérieur du corps sont réalisés dans des matériaux dont les conductivités thermiques sont choisies pour minimiser au mieux la formation de gradients thermiques entre eux.

Suivant un mode de réalisation préféré, le capteur comporte au moins un deuxième réseau optique sur une autre portion de fibre non soumise à précontrainte, de façon à compenser les variations de la contrainte dues à aux variations de température.

Pour corriger au mieux les mesures de pression des effets de la température, le capteur peut comporter une pluralité de réseaux optiques répartis sur au moins une portion de fibre non soumise à précontrainte, pour détecter des gradients thermiques à l'intérieur du corps, le système optique étant adapté à combiner les mesures des différents réseaux.

Pour limiter au mieux les biais de mesures dus aux imperfections du système d'accrochage il est préférable de toute façon que la longueur de base de la portion de fibre optique précontrainte soit suffisamment grande. Il est préférable aussi que les coefficients de

dilatation thermique des éléments constitutifs du capteur soient choisis pour minimiser au mieux les variations de longueur de la portion de fibre précontrainte sous l'effet des variations de température.

Le capteur selon l'invention peut être facilement aménagé pour mesurer des variations de pression relatives ou différentielles tout en gardant les mêmes facilités de réglage de la précontrainte appliquée à la ou chaque portion de fibre.

Suivant un premier mode de réalisation apte à mesurer la valeur absolue d'une différence de deux pressions, le capteur comporte par exemple deux éléments déformables exposés d'un côté au milieu de référence et, du côté opposé, respectivement à deux pressions à mesurer, au moins une portion de fibre optique soumise à une précontrainte, qui est reliée d'un côté à l'un des éléments déformables et du côté opposé à une partie rigide de l'autre élément déformable constituant le dit deuxième élément rigide et dont la contrainte varie avec les déplacements des deux éléments déformables, cette portion de fibre optique précontrainte comportant au moins un réseau optique.

Suivant un deuxième premier mode de réalisation apte à mesurer l'amplitude et le signe de la variation relative, le capteur comporte par exemple deux éléments déformables exposés d'un côté au milieu de référence et, du côté opposé, respectivement à deux pressions à mesurer, au moins deux portions de fibre optique soumises chacune à une précontrainte préalable, qui sont reliées d'un côté respectivement aux deux éléments déformables et du côté opposé à au moins un point de référence qui est fixe, et dont les contraintes respectives varient séparément avec les déplacements des deux éléments déformables, chacune de ces portions de fibre optique précontraintes comportant au moins un réseau optique.

Le capteur peut bien sûr comporter sur chaque fibre optique une pluralité de réseaux pour augmenter sa résolution.

On utilise par exemple des fibres optiques pourvues de réseaux de Bragg de type standard ou de type à saut de phase.

Le capteur de pression selon l'invention est avantageux notamment en ce que :

- la précontrainte recherchée de la fibre est aisément réglable localement par écartement d'un élément de blocage ;
- avec certains modes de réalisation décrits, il est possible sans discontinuité ou dérivation génératrice de réflexions, de répartir plusieurs capteurs en série à distance les uns des autres ; et
- les éléments mécaniques constituant le point fixe de référence se trouvent de préférence à l'intérieur d'un boîtier et bien isolés de la pression extérieure (non soumis à des déformations).

Présentation sommaire des figures

D'autres caractéristiques et avantages de la méthode selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'un exemple non limitatif de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

- la Fig.1 montre schématiquement un premier mode de réalisation du capteur de pression en coupe axiale, comprenant une boucle de fibre optique précontrainte ;
- la Fig.2 est une vue en coupe radiale de la poulie contournée par la fibre optique ;
- la Fig.3 est une vue en coupe de l'embase du tube intérieur ;
- la Fig.4 est une vue en coupe de la plaque de butée ;
- la Fig.5 montre schématiquement une première variante du mode du capteur de pression à boucle de fibre, convenant pour une mesure de pression différentielle; et
- la Fig.6 montre schématiquement une variante du mode du capteur de pression à boucle de fibre, convenant pour une mesure de pression différentielle ;
- la Fig.7 montre schématiquement un deuxième mode de réalisation du capteur de pression en coupe axiale, comprenant une portion de fibre linéaire précontrainte ;
- la Fig.8 montre schématiquement une variante du mode du capteur de pression à portion de fibre linéaire, convenant pour une mesure de pression différentielle ;

- la Fig.9 montre schématiquement un mode de formation des réseaux optiques de mesure des variations de contrainte et de température, sur deux portions de fibre optiques couplées ;
- la Fig.10 montre schématiquement une variante du mode de la Fig.9 ;
- la Fig.11 montre schématiquement un deuxième mode de formation des réseaux optiques sur deux portions d'une même fibre optique ;
- la Fig.12 montre schématiquement un mode de mesure multi-points des gradients thermiques à l'intérieur du corps du capteur ; et
- la Fig.13 montre schématiquement un autre mode de précontrainte d'un élément de fibre rectiligne.

DESCRIPTION DETAILLEE

Le capteur selon l'invention est adapté à mesurer les variations de pression dans un milieu fluide. Il comporte essentiellement un boîtier tubulaire rigide extérieur 1 contenant un élément 2 déformable au moins suivant l'axe du boîtier sous l'action de variations de pression, un dispositif 3 de transmission d'effort (décrit plus loin) pour appliquer une contrainte à au moins une portion de fibre optique F1 pourvue d'au moins un réseau optique B1 constitué d'un réseau de Bragg, mise sous contrainte entre l'élément déformable 2 et un autre élément fixe isolé du milieu par le boîtier rigide 1, et un système optique pour détecter optiquement les déformations subies par le réseau optique suite aux variations de pression subies par l'élément déformable.

De préférence le corps est inclus dans une gaine G réalisée dans un matériau thermiquement isolant de façon à minimiser les effets sur les mesures, de gradients thermiques à l'intérieur du capteur. C'est utile dans toutes les applications où la température du milieu extérieur est faible ou le temps d'exposition du capteur à un milieu à température relativement élevée est court.

L'élément déformable 2 comporte un culot 4 fixé au boîtier 1 à l'intérieur de celui-ci et une partie déplaçable (mobile) dont la déformation est reliée de façon connue aux variations de la pression à mesurer. Il peut s'agir d'une membrane ou comme représenté dans l'exemple

préféré, d'un soufflet tubulaire 5 prolongeant le culot 4 vers l'intérieur du boîtier 1 et terminé par un fond 6. Le déplacement axial du fond 6 du soufflet est sensiblement proportionnel aux variations de pression. Son déplacement radial est faible. Ses variations d'allongement sont stables, ce qui assure une bonne reproductibilité des mesures au cours du temps en fonction de la pression et aussi de la température.

Si toutefois les variations d'allongement n'étaient pas stables, il est possible d'ajouter des points de mesure de température supplémentaires à l'aide de réseaux de Bragg, tout le long du corps du capteur, dont le nombre aura été déterminé à l'avance suivant la précision de mesure recherchée et selon une règle connue, de façon à quantifier l'effet des dilatations différentielles induites par un gradient de température et corriger les effets sur la mesure de la pression hydrostatique.

La forme et les dimensions du soufflet 5, le matériau dans lequel il est fait, sont bien entendu adaptés pour que le déplacement axial de la partie déformable soit compatible avec les possibilités de mesure du réseau de Bragg B1 utilisé et de l'appareil de mesure associé, et avec la gamme de pression à mesurer. Les parois du soufflet 5 peuvent être d'épaisseur variable de façon à limiter les contraintes vers l'intérieur dans les creux des ondulations sans pénaliser l'amplitude des extensions axiales. Le soufflet peut être annelé, en dents de scie, en créneaux, etc. Les plis du soufflet 5 peuvent être à symétrie axiale (former des anneaux) ou bien encore être formés en hélice pour faciliter la réalisation.

Un passage fileté 7 est ménagé au travers du culot 4, mettant l'intérieur du soufflet 5 en communication avec le milieu. La communication peut être directe ou bien s'effectuer par l'intermédiaire d'un tube T (s'adaptant sur l'ouverture filetée) plus ou moins long reliant le capteur au milieu où l'on mesure la pression P.

Le dispositif 3 comporte un tube rigide 8 disposé à l'intérieur du boîtier 1. Le tube 8 est fixé au culot 4 à une première extrémité et terminé par une embase 9 à son extrémité opposée. Le soufflet 5 est à l'intérieur du tube rigide 8. Des butées radiales 10 peuvent être disposées entre la partie et le tube intérieur 8 pour limiter sa déformation radiale sous l'action de la pression extérieure et éviter les frictions. Dans le cas d'un soufflet, ces butées radiales 10 peuvent être des bagues en deux parties logées dans les ondulations du soufflet. Le tube

intérieur 8 comporte également une butée axiale 11 de sécurité pour limiter l'extension axiale du soufflet sous l'effet de la pression extérieure.

I - Capteur à boucle de fibre précontrainte

Le fond ou base 6 du soufflet comporte un chemin semi circulaire 12 dans laquelle on fait passer une fibre optique 13. Le chemin 12 peut être délimité par exemple par la gorge d'une portion de poulie 14 (une demi- poulie par exemple) rapportée dans un évidement ménagé dans la paroi du fond 6 du soufflet 5. Cette portion de poulie, d'axe orthogonal à l'axe du soufflet, est maintenue en place sur le fond 6 évidé par des moyens de fixation non représentés car connus de l'homme du métier, comme par exemple des équerres. Il est également possible d'allonger sensiblement le fond rainuré 6 par rapport à la représentation non limitative de la figure 1, de manière à ce qu'il atteigne la position de l'axe de la poulie. Dans ce cas, il faut alors reculer en conséquence la butée 11. La poulie et sa gorge sont dimensionnées de façon à induire le moins de frottements possibles, à la laisser parfaitement libre en rotation afin de limiter au mieux les erreurs de mesure qui en découleraient. La poulie 14 est massive et rigide et assujettie rigidement à la paroi du fond 6, une fois mise en place. La portion de poulie 14 a un diamètre compatible avec l'atténuation du signal optique due à la courbure de la fibre, qui est acceptable pour ce type de mesure.

Le dispositif 3 comporte encore une plaque formant butée 15 disposée du côté de l'embase 9 opposée au soufflet 5. L'embase 9 et la plaque de butée 15 sont pourvues respectivement de trous 16, 17 désaxés latéralement et en regard les uns des autres, permettant le passage des brins de la fibre 13 sortant de part et d'autre de la poulie 14. Des moyens 18 de blocage de la fibre sont utilisés pour solidariser la fibre au niveau des trous 17.

Ces moyens de blocage 18 peuvent comporter par exemple des surdimensionnements S locaux du cœur de la fibre sous la forme d'une boule ou sphère coopérant avec des éléments tubulaires de diamètre intérieur restreint 19 venant se loger dans les trous 17 de la plaque de butée. Ces moyens de blocage 18 peuvent aussi comporter par exemple des éléments mécaniques tels que des viroles (non représentées) serties sur la fibre, venant se bloquer dans les trous 17 de la plaque de butée 15.

On peut encore coller la fibre optique dans des pièces telles que les éléments tubulaires 19 pourvues en leur centre d'un trou calibré de diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur de la fibre optique, de façon à limiter le biais de mesure induit par le cisaillement sous effort de la colle et du gainage de la fibre, ce diamètre du trou étant suffisant pour permettre à la colle de s'écouler au travers.

Le biais de mesure introduit par le cisaillement de la gaine ou de la colle, que le fibre optique soit maintenue par quelque solution que ce soit, peut être réduit en augmentant la longueur de base de la fibre précontrainte F1 d'une longueur suffisante, cette erreur étant au premier ordre, inversement proportionnel à cette longueur.

Il est possible encore d'utiliser un blocage de type cabestan en refermant une ou plusieurs fois la boucle de fibre sortant du chemin semi-circulaire (autour de la poulie 14) par une contre-poulie à proximité.

La plaque de butée comporte plusieurs alésages pour des vis de tension 20 venant en appui contre l'embase 9, permettant d'écarter la plaque de butée 15 de l'embase 9 et ainsi mettre en précontrainte la fibre dans sa partie F1 contenue dans le tube intérieur rigide 8. C'est dans cette partie que la fibre optique sous contrainte comporte au moins un réseau optique B1 (réseau de Bragg par exemple) dont les déformations sous l'effet des variations de la pression à mesurer, sont transformées en signaux de mesure par le système optique 25. Une ou plusieurs vis de blocage 21 permettent de bloquer la plaque de butée 15 par rapport à l'embase 9 après mise en précontrainte de la portion de fibre F1.

La base 6 est suffisamment épaisse pour rester pratiquement indéformable quand le soufflet se déforme. Cette base peut être rapportée (par soudage par exemple) à l'extrémité du soufflet. Cette partie rapportée peut inclure la portion de poulie 14 servant au renvoi de la fibre optique vers la butée de contrainte 15.

Outre le premier réseau de Bragg B1 sensible à la fois aux variations de contraintes et aux variations de température, la fibre comporte de préférence, au moins un deuxième réseau de Bragg B2 dans une portion F2 non soumise à une contrainte, comme on le verra en relation avec les Fig.9-11. Cela permet de mesurer les variations locales de température et incidemment leur gradient si le nombre de réseaux est suffisant, et d'éliminer les dérives des

mesures de pression obtenues grâce au(x) réseau(x) optique(s) B1 sous l'effet des variations de la température.

A son extrémité opposée au culot 4, le boîtier cylindrique se raccorde à un tube de raccordement 22. Ce tube est par exemple en inox. Quand le boîtier est exposé extérieurement à la pression à mesurer, le tube 22 est soudé au boîtier ou bien raccordé à lui par un raccord étanche à la pression. Par contre, un raccord simple suffit lorsque le capteur n'est pas exposé directement avec le milieu et reçoit la pression à mesurer par l'intermédiaire d'un tube T connecté au culot 4.

Les deux brins de la fibre F entrant et sortant du tube 8 sont connectés par des connecteurs optiques 23 d'un type connu ou préférentiellement soudés à des fibres de transmission 24 passant à l'intérieur de ce tube de raccordement 22 et sont reliées à un appareil de mesure optique d'un type connu 25 adapté à transformer les déformations de la portion de fibre F1 en mesure des variations de la pression du milieu. Le volume intérieur du boîtier 1 est mis par exemple à une pression de référence qui peut être par exemple la pression atmosphérique transmise par l'intérieur du tube de raccordement 22.

Le tube intérieur rigide 8 n'est pas en contact avec la paroi intérieure du boîtier 1 susceptible de se déformer sous l'action de la pression extérieure. Ainsi, les variations de distance entre le fond de l'élément déformable 2 et le tube intérieur 8 assujetti au culot 4 dudit élément, ne risquent pas d'être affectées par les variations de pression à l'extérieur du boîtier 1.

On a décrit un mode de réalisation où l'on utilisait un tube intérieur 8 isolé des déformations possibles dues aux effets de la pression extérieure s'exerçant éventuellement autour du boîtier 1. On ne sortirait pas du cadre de l'invention toutefois en mettant la plaque de blocage 15 directement en appui contre la paroi du boîtier dans le cas où cette paroi soit n'est pas exposée à des variations de pression, soit est suffisamment massive pour y résister.

On considère par exemple le cas d'une fibre à réseaux de Bragg standard de 125 μm de diamètre, hors gainage. En l'absence de toute pression appliquée sur l'élément déformant, la fibre est mise sous contrainte permanente avec une force par exemple de l'ordre de 0.5 daN,

dans la limite de l'allongement admissible de la fibre qui est de l'ordre de 0.5% pour les durées d'exploitation envisagées, compte tenu du vieillissement de la fibre optique mise sous contrainte. La forme et les dimensions du soufflet sont choisies pour qu'à la pression maximale à mesurer la contrainte résiduelle soit réduite de moitié par exemple. Toute augmentation de la pression du milieu se traduit par une diminution de la contrainte, un raccourcissement de la portion de fibre F1 et corrélativement une modification de la déformation du réseau optique B1, que le système de mesure 25 associé va mesurer. Durant toutes les phases d'exposition à des pressions, les contraintes exercées sur la fibre sont plus faibles, ce qui contribue à diminuer les effets du vieillissement et donc à allonger la durée de vie du capteur

Le réglage du zéro du capteur est effectué pour la contrainte maximale appliquée. Si le zéro se décale, du fait d'une variation de la précontrainte initiale, on peut facilement la corriger par action sur la plaque 15.

En corrélant de manière connue, les variations affectant le réseau B1 sensible à la fois à la pression et à la température, et le réseau B2 sensible uniquement à la température, on obtient les mesures séparées de l'une et de l'autre.

I-1 *Capteur de pression différentielle*

Le capteur de pression qui vient d'être décrit peut fonctionner en capteur différentiel en mettant l'intérieur du boîtier en communication avec une contre-pression par rapport à laquelle on veut mesurer les variations de la pression du milieu. Ceci n'est possible que si le milieu exerçant la contre-pression n'est pas susceptible de détériorer la fibre contrainte, son mécanisme 3 de précontrainte et les fibres de communication 24.

Dans le cas contraire, on utilise deux capteurs de pression identiques chacun avec un élément déformable, un ensemble de précontrainte d'une fibre comportant au moins un ou deux réseaux optiques et séparément reliés à un même appareil de mesure adapté à combiner les mesures des deux capteurs pour en déduire la différence de pression entre leurs mesures.

Suivant la variante schématisée à la Fig.5, le capteur de pression différentielle comporte, dans un boîtier unique 1, un compartiment central 26 où règne une pression de

référence stable P_0 et deux compartiments latéraux 27, 28 communiquant respectivement avec deux milieux sous des pressions respectives P1, P2. Les deux compartiments latéraux 27, 28 sont séparés respectivement du compartiment central 26 par des soufflets 30, 31 analogues au soufflet 5 précédent. Un dispositif 3 (analogue au dispositif 3 précédent) permet de former et de mettre sous contrainte entre les deux soufflets 30, 31, une boucle ouverte de fibre optique F1 pourvue d'au moins deux réseaux de Bragg B1, B2 (dans des arrangements tels que ceux illustrés aux Fig.9-11) à partir d'une fibre F pénétrant dans le compartiment central 26, reliée à un système de mesure optique analogue au système 25. Ce mode de réalisation convient dans les applications où l'on ne s'intéresse qu'à la mesure de la valeur absolue de la différence de pression $|P_2 - P_1|$.

Dans la variante schématisée à la Fig.6, on utilise deux capteurs de pression identiques éventuellement dans un même boîtier 1, chacun avec un élément déformable tel qu'un soufflet 30, 31, un dispositif de précontrainte 3A, 3B d'une portion de fibre optique F1 formée en boucle ouverte et comportant au moins un ou de préférence au moins deux réseaux optiques B1, B2, qui sont séparément reliés à un même appareil de mesure 25 adapté à combiner les mesures des capteurs pour en déduire la différence de pression positive ou négative entre leurs mesures respectives.

II Capteur de pression à portion de fibre rectiligne précontrainte

Dans le deuxième mode de réalisation de la Fig.7, les mêmes références numériques désignent les mêmes éléments que dans celui de la Fig.1. Il diffère du premier essentiellement en ce que la portion de fibre F1 formée en boucle est ici remplacée par une portion de fibre rectiligne précontrainte F'1. A une première extrémité, elle est maintenue bloquée dans un premier élément d'accrochage mécanique d'un type connu 32 fixé au fond 6 du soufflet tubulaire 5. A son extrémité opposée, la portion de fibre F'1 est maintenue bloquée dans un deuxième élément d'accrochage 33 fixé à la plaque de butée mobile 15. La précontrainte de la fibre est obtenue par écartement de la plaque de butée par rapport à l'embase fixe 9 du tube intérieur 8. De la même manière, un premier réseau de Bragg B1 est formé sur la portion de fibre F'1, et un deuxième réseau B2 est formé sur une autre portion non contrainte de la fibre (cf. Fig.9-11). A noter que le nombre de réseaux peut être augmenté pour augmenter la

précision des mesures, qu'il s'agisse de mesures de pression ou de mesures de température, et calculer leurs gradients.

Pour maintenir la portion de fibre F1 sous contrainte, on peut, comme élément d'accrochage 32, utiliser là aussi des pièces telles que les éléments tubulaires 19 (cf. Fig.1) pourvues en leur centre d'un trou calibré de diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur de la fibre optique, et immobiliser les extrémités de la portion de fibre par collage. Le diamètre du trou étant suffisant pour permettre à la colle de s'écouler au travers. De cette façon, on limite le biais de mesure induit par le cisaillement sous effort de la colle et du gainage de la fibre.

De la même façon, l'augmentation d'une longueur suffisante selon une règle connue de la longueur de base de la fibre optique précontrainte F1 permet de réduire ces biais de mesure.

Suivant le mode de réalisation de la Fig.13, le tube 8 est ici ouvert à son extrémité opposée à celle en appui sur le culot 4 (Fig.1). Un premier élément d'accrochage A1 de la portion de fibre F'1 est solidaire pareillement du fond 6 du soufflet 5. L'élément d'accrochage opposé A2 de la portion de fibre, est solidaire d'une pièce cylindrique 34 comprenant une tête 35 de diamètre extérieur sensiblement égal au diamètre intérieur du tube 8, et un prolongement cylindrique 36 fileté sur une partie de sa longueur, lui-même prolongé par un embout 37. Un canal axial 38 traverse la pièce 34 de part en part, permettant le passage de la fibre vers l'extérieur. Quand la pièce 34 est engagée dans le tube 8, on ferme le tube 8 derrière elle, par une plaque annulaire 39 que l'on fixe au tube 8 par des vis de fixation radiales 40. Des rondelles de type Belleville sont interposées entre la tête 35 et la plaque 34. Un écrou 42 vissé sur la partie filetée 36 de la pièce 34, permet, en faisant reculer celle-ci d'exercer une précontrainte réglable sur la portion de fibre F'1. Durant le serrage, on maintient l'embout 37 de façon que la portion de fibre précontrainte ne subisse aucune torsion. Quand la précontrainte est réglée à la valeur prévue, des vis radiales 43 permettent d'immobiliser la pièce cylindrique 34 par rapport au tube 8. L'écrou 42 peut être immobilisé ensuite par un contre-écrou non représenté.

Le réseau de Bragg B2 permettant de compenser en température les variations de longueur de la portion de fibre F'1 mesurées par le réseau de Bragg B1, peut être placé sur une

portion de fibre raccordée (par un connecteur C) ou soudée en dérivation à la fibre F'2 non précontrainte. Il est également possible de mettre ce réseau B2 en série avec le réseau B1 sur une portion non précontrainte de la fibre, le plus près possible de celui-ci de préférence.

La longueur de la fibre optique F'1 entre les éléments d'accrochage A1, A2 peut être facilement modifiée en changeant la longueur du tube 8. Ceci permet de minimiser l'influence d'un glissement éventuel de la portion de fibre précontrainte F'1 à l'intérieur des éléments d'accrochage et d'augmenter la résolution du capteur.

II-1 *Capteur de pression différentielle*

Dans la variante schématisée à la Fig.8, on utilise deux capteurs de pression identiques éventuellement dans un même boîtier 1, chacun avec un élément déformable tel qu'un soufflet 30, 31, un dispositif de précontrainte 3A, 3B d'une portion de fibre optique rectiligne F1, précontrainte chacune entre deux éléments d'accrochage 32, 33, qui comporte au moins un ou de préférence au moins deux réseaux optiques B1, B2, et sont séparément reliés à un même appareil de mesure 25 adapté à combiner les mesures des deux capteurs pour en déduire la différence de pression positive ou négative entre leurs mesures respectives.

III) Montage des capteurs

Le deuxième réseau de Bragg B2 doit impérativement être formé sur une portion de fibre optique libre de toute contrainte de façon à ne déceler que les variations liées uniquement aux variations de la température. On utilise par exemple un montage tel que ceux illustrés schématiquement aux Fig.9, 10, où le deuxième réseau B2 est formé au voisinage de l'extrémité d'une portion de fibre F3 raccordée à la portion de fibre F1 (mise sous contrainte entre les deux points A1, A2), par un coupleur optique C d'un type connu. La portion de fibre où le réseau B2 est formé, peut être installé librement dans un microtube (Fig.9) ou bien encore collé précontraint dans un tube métallique (Fig.10). Si l'on dispose de suffisamment de place pour mettre le réseau de Bragg B2 sur la même fibre que le réseau B1, on peut adopter le mode de réalisation de la Fig.11. Le réseau B2 est ici sur l'extrémité de la portion de fibre F1 extérieurement à la portion de fibre contrainte entre les deux points A1, A2. Ce mode de réalisation évite l'utilisation d'un coupleur optique C qui provoque des pertes optiques importantes.

IV) Améliorations de la précision des mesures

IV-1 *Sensibilité du capteur*

Pour améliorer la sensibilité du capteur, il est possible de multiplier le nombre de réseaux et le nombre de fibres optiques, la résolution s'améliorant comme $1/\sqrt{n}$ où n est le nombre de réseaux utilisés pour fournir la mesure.

Pour limiter les biais de mesures introduits par les imperfections des points d'accrochage de la fibre précontrainte F1, F'1, on a intérêt à augmenter au mieux sa longueur les biais de mesures étant, au premier ordre, inversement proportionnels à cette longueur.

IV-2 *Corrections des biais de mesure dus aux contraintes thermiques*

Le corps 1, le tube intérieur rigide 8, le culot 4 qui sert de référence fixe pour les mesures d'allongement et le soufflet 5 qui lui est attaché, n'ont pas la même longueur et par conséquent ils présentent des dilatations différentes, ce qui peut avoir pour effet d'imposer des contraintes différentielles parasites à la portion de fibre précontrainte F1. On peut les minimiser par un choix judicieux des matériaux utilisés pour les réaliser respectivement, de manière que la distance entre le culot 4 et le fond 6 du soufflet 5 ne dépendent que des variations de pression s'exerçant sur le soufflet.

Si D et L sont les distances inégales par rapport au culot 4 (Fig.1) respectivement des points d'accrochage A1 et A2, on a intérêt à choisir les coefficients de dilatation k_1, k_2 des métaux constituant respectivement le soufflet 5 d'une part et le tube 8 d'autre part de façon que

$$\frac{L}{D} \approx \frac{k_2}{k_1}.$$

D'une manière générale, les matériaux constitutifs des différentes pièces du capteur sont choisis en fonction de leur coefficient de conductivité thermique c de façon à diminuer les échanges thermiques avec le milieu extérieur et éviter la formation de gradients thermiques à l'intérieur du capteur. Ainsi, on choisit des matériaux de grande conductivité thermique pour les pièces à l'intérieur du capteur, et des matériaux avec une conductivité thermique plus faible pour les pièces en contact thermique avec le milieu extérieur.

Si la compensation obtenue est estimée insuffisante, compte tenu de la grande précision des mesures recherchée, on peut introduire des compensations supplémentaires par le biais de mesures systématiques de la dilatation thermique spécifique de chacune des pièces intérieures du capteur, au moyen par exemple d'autres réseaux de Bragg.

Sur le schéma simplifié de la Fig.12, on interpose entre chaque soufflet 5 et le corps 1 ou le tube rigide intermédiaire 8 (Fig.1), une portion de fibre optique F3 non contrainte le long de laquelle sont inscrits plusieurs réseaux BT1, BT2, ..., BTn, permettant de mesurer précisément les variations thermiques des diverses pièces, cette portion de fibre étant raccordée à la portion de fibre contrainte F1 par un coupleur optique C. Le système optique 25 est adapté à combiner les mesures des différents réseaux B2 pour engendrer la correction fine à appliquer aux mesures de la pression produites par chaque réseau B1.

V) Mesures de pression multipoints

Plusieurs capteurs de pression analogues peuvent être mis en série sur les fibres de transmission 24 reliées au système de mesure 25 ; chacun, de par le pas spécifique des réseaux de Bragg B1, B2 qui y sont gravés, possède une individualité qui permet de discriminer par multiplexage, sa contribution propre dans le spectre de lumière renvoyé par les différents capteurs, vers l'appareil de mesure de mesure 25.

VI) Isolation du soufflet par rapport au milieu de mesure

Il est possible que le milieu où le capteur est plongé soit corrosif (corrosion chimique ou électrochimique par exemple) au point de changer les caractéristiques de l'élément déformable (membrane, soufflet) ce qui risque de fausser les mesures. Il est possible dans ce cas d'isoler le soufflet du fluide extérieur en utilisant un fluide intermédiaire assurant la transmission de pression. Ce fluide intermédiaire est isolé du fluide extérieur corrosif par une membrane ou un soufflet déformable constitué d'un matériau résistant au fluide corrosif et qui est en équipression avec le fluide corrosif pour lequel on mesure la pression

REVENDICATIONS

1) Capteur de pression à fibre optique pour détecter les variations de pression dans au moins un milieu par rapport à un milieu de référence, comportant au moins un élément déformable (2) à l'intérieur d'un corps (1), exposé d'un côté au milieu de référence et, du côté opposé, à une pression (P1, P2) à mesurer, au moins une fibre optique dont au moins une portion de fibre optique (F1) est reliée d'un côté à l'élément déformable (2) et du côté opposé, à un point de référence et dont la contrainte varie avec les déplacements de l'élément déformable, cette portion de fibre optique comportant au moins un réseau optique (B1), et un système optique (25) pour détecter les déformations subies par chaque réseau optique (B1) suite aux variations de pression subies par l'élément déformable, caractérisé en ce que le capteur comporte un dispositif (3) prenant appui sur un deuxième élément rigide (4, 6, 8, 9) constituant le point de référence, pour appliquer une précontrainte réglable à la dite portion de fibre (F1).

2) Capteur de pression selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif (3) comporte des moyens de précontrainte (15, 20) prenant appui sur le deuxième élément rigide (4, 8, 9) et des moyens de retenue (19, A1, A2, 32, 33) associés à deux extrémités opposées de chaque portion de fibre (F1) qui coopèrent avec les dits moyens de précontrainte pour appliquer une précontrainte ajustable à cette portion de fibre.

3) Capteur de pression selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif (3) comporte des moyens pour mettre chaque portion de fibre optique sous la forme d'une boucle ouverte formée entre l'élément déformable (2) et les dits moyens de retenue (19) associés aux moyens de précontrainte (15, 20).

4) Capteur de pression selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif (3) comporte un chemin semi-circulaire (12) associé à l'élément déformable (2), les dits moyens de précontrainte (15, 20) s'appuyant contre une paroi (9) de le deuxième élément rigide (4, 8).

5) Capteur de pression selon la revendication 4, caractérisé en ce que le chemin semi-circulaire est formé par la gorge d'une portion de poulie (14) dont l'axe est fixé à l'élément déformable (2).

6) Capteur de pression selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif (3) comporte des moyens pour mettre chaque portion de fibre optique (F1) sous la forme d'un élément de fibre rectiligne formé entre l'élément déformable (2) et le deuxième élément rigide (4, 8, 9), les dits moyens de précontrainte (15, 20) s'appuyant contre ce deuxième élément rigide.

7) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de précontrainte de la portion de fibre (F1) comportent une pièce de butée (15) en appui contre le deuxième élément rigide (4, 8, 9), et des moyens (20) d'écartement de la pièce de butée (15) par rapport au dit deuxième élément rigide, les moyens de retenue (19, A) de la portion de fibre optique étant associés à la pièce de butée (15).

8) Capteur de pression selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de retenue comportent au moins une pièce de blocage (19) encastrée dans la pièce de butée (15) qui coopère avec au moins une surépaisseur locale (S) de la portion de fibre optique (F1).

9) Capteur de pression selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de retenue comportent au moins une pièce sertie sur la portion de fibre (F1).

10) Capteur de pression selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de retenue comportent deux éléments mécaniques d'accrochage (A1, A2, 32, 33) adaptés à maintenir bloquée chaque portion de fibre (F1) respectivement à ses extrémités opposées, fixés l'un à l'élément déformable (2), l'autre, à la pièce de butée (15).

11) Capteur de pression selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de retenue comportent au moins une pièce de blocage (19) encastrée dans la pièce de butée (15) percée d'un trou calibré, chaque portion de fibre (F1) étant associée par collage à chaque pièce de blocage (19).

12) Capteur de pression selon l'une des revendications 7 à 11, caractérisé en ce que les moyens de précontrainte de chaque portion de fibre (F1) comportent des moyens de blocage (21) de la pièce de butée (15) par rapport à le deuxième élément rigide (4, 8, 9).

13) Capteur de pression selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de retenue comportent deux éléments mécaniques d'accrochage (A1, A2) adaptés à maintenir bloquée chaque portion de fibre (F1) respectivement à ses extrémités opposées, fixés l'un à l'élément déformable (2), l'autre, à une pièce (34) translatable par rapport au deuxième élément rigide (8), et des moyens (39, 42) pour ajuster à une valeur prévue la précontrainte appliquée à la portion de fibre (F'1).

14) Capteur de pression selon la revendication 13, caractérisé en ce que la pièce (34) comporte une tête (35) et un prolongement (36), les moyens (39, 42) comportent une plaque annulaire (39) pourvue d'une ouverture centrale pour le passage du prolongement (36), cette plaque pouvant être fixée au deuxième élément rigide, et des moyens (42) de translation du prolongement (36) par vissage en appui contre la dite plaque annulaire (39).

15) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des éléments (24) de fibre optique reliés au système optique (25).

16) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément déformable (2) comporte un culot (4) solidaire du corps (1) et une partie déplaçable (5) solidaire du culot (4) dont la longueur augmente quand la pression dans le milieu augmente, le deuxième élément rigide (4, 8, 9) étant un tube rigide (8) solidaire du culot (4), intérieur au corps (1).

17) Capteur de pression selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'élément déformable comporte un soufflet allongé (5) expansible à l'intérieur du tube intérieur rigide (8).

18) Capteur de pression selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de protection (10, 11) pour limiter les déformations du soufflet (5).

19) Capteur de pression selon la revendication 16, caractérisé en ce que le soufflet comporte des ondulations symétriques ou asymétriques.

20) Capteur de pression selon la revendication 16, caractérisé en ce que les ondulations du soufflet sont hélicoïdales, avec des amplitudes d'ondulation des hélices intérieure et extérieure pouvant être égales ou différentes.

21) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une gaine extérieure (G) réalisée en un matériau isolant thermiquement.

22) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le corps (1) est réalisé dans un matériau à faible conductivité thermique et les éléments du capteur à l'intérieur du corps (1) sont réalisés dans des matériaux dont les conductivités thermiques sont choisies pour minimiser au mieux la formation de gradients thermiques entre eux.

23) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un deuxième réseau optique (B2) sur une autre portion de fibre (F2) non soumise à précontrainte.

24) Capteur de pression selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de réseaux optiques (BT1-BTn) répartis sur au moins une portion de fibre (F3) non soumise à précontrainte, pour détecter des gradients thermiques à l'intérieur du corps (1), le système optique étant adapté à combiner les mesures des différents réseaux (BT1-BTn) pour corriger au mieux les mesures de pression des effets de la température.

25) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le milieu de référence est à la pression atmosphérique ou une contre-pression.

26) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte deux élément déformables (30, 31) exposés d'un côté au milieu de référence et, du côté opposé, respectivement à deux pressions (P1, P2) à mesurer, au moins une portion de fibre optique (F1) soumise à une précontrainte, qui est reliée d'un côté à l'un des éléments déformables (30) et du côté opposé à une partie rigide de l'autre élément déformable (31) constituant le dit deuxième élément rigide et dont la contrainte varie avec les déplacements des deux éléments déformables (30, 31), cette portion de fibre optique précontrainte comportant au moins un réseau optique (B1).

27) Capteur de pression selon l'une des revendications 1 à 25, caractérisé en ce qu'il comporte deux éléments déformables (30, 31) exposés d'un côté au milieu de référence et, du côté opposé, respectivement à deux pressions (P1, P2) à mesurer, au moins deux portions de fibre optique (F1) soumises chacune à une précontrainte préalable, qui sont reliées d'un côté respectivement aux deux éléments déformables (30, 31) et du côté opposé à au moins un point de référence (9) qui est fixe, et dont les contraintes respectives varient séparément avec les déplacements des deux éléments déformables (30, 31), chacune de ces portions de fibre optique précontraintes (F1) comportant au moins un réseau optique (B1).

28) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte sur chaque fibre optique une pluralité de réseaux pour augmenter la résolution du capteur.

29) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la longueur de base de la portion de fibre optique précontrainte (F1) soit suffisamment grande pour limiter les biais de mesures dus aux imperfections du système d'accrochage.

30) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on utilise des fibres optiques pourvues de réseaux de Bragg de type standard ou de type à saut de phase.

31) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le deuxième élément rigide comporte un tube (8) isolé du milieu par le boîtier extérieur (1).

32) Capteur de pression selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les coefficients de dilatation thermique des éléments constitutifs du capteur sont choisis pour minimiser au mieux les variations de longueur de la portion de fibre précontrainte (F1, F'1) sous l'effet des variations de température.

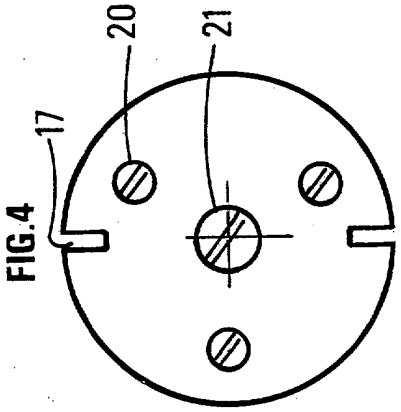


FIG.4

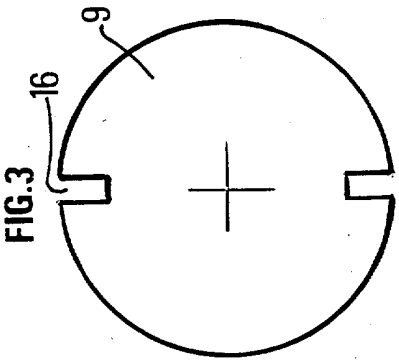


FIG.3

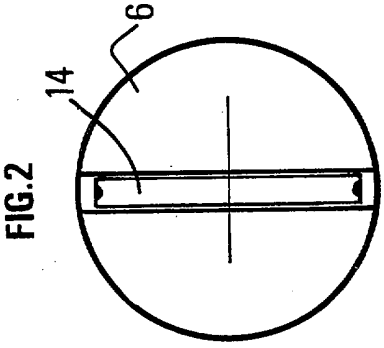


FIG.2

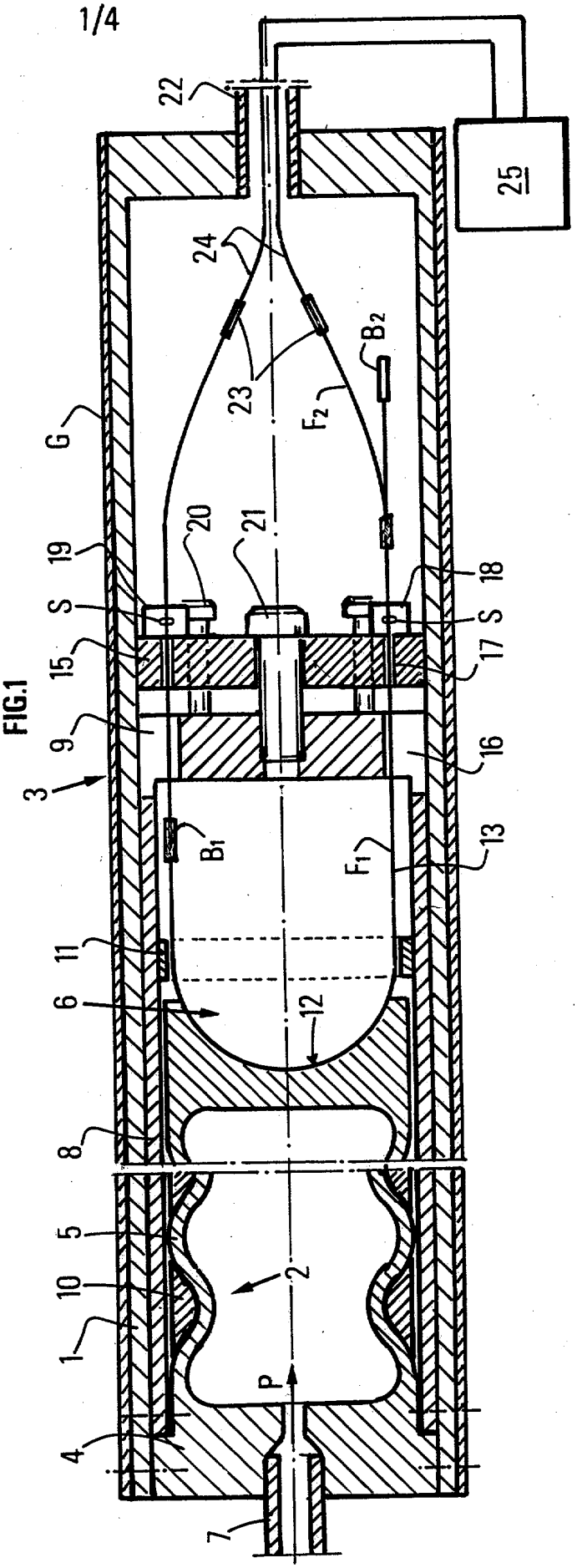


FIG.1

FIG.5

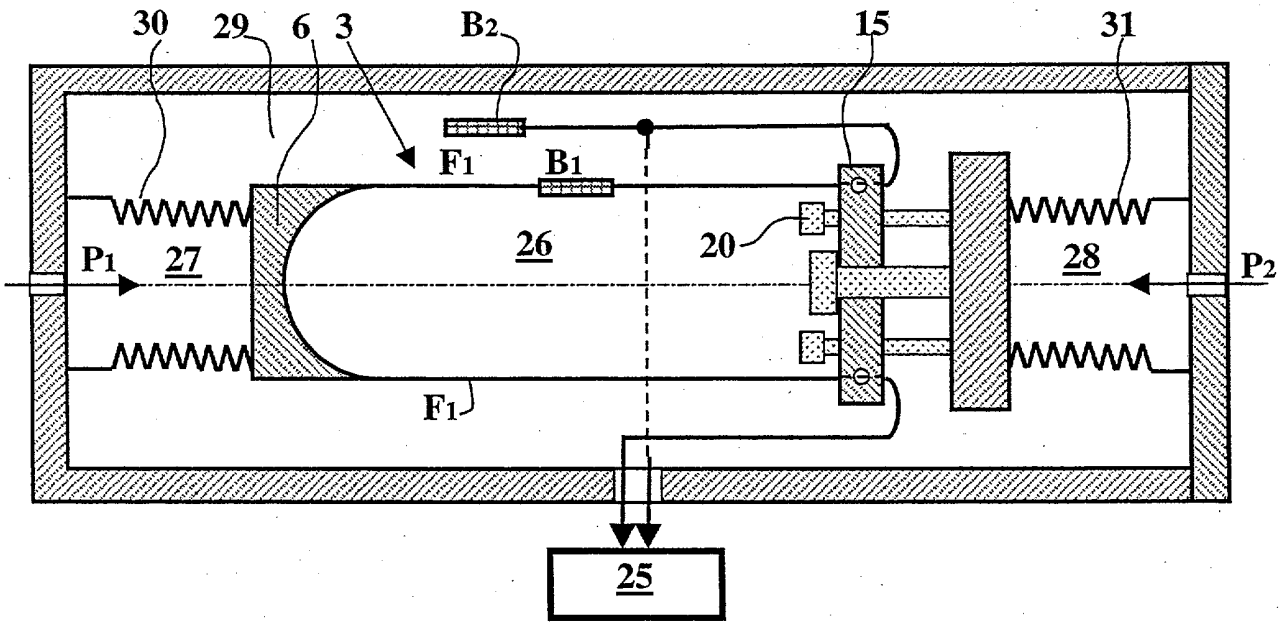

30
29
6
3
B2
15
31
F1
B1
P1
27
26
20
28
P2
F1
25

FIG.6

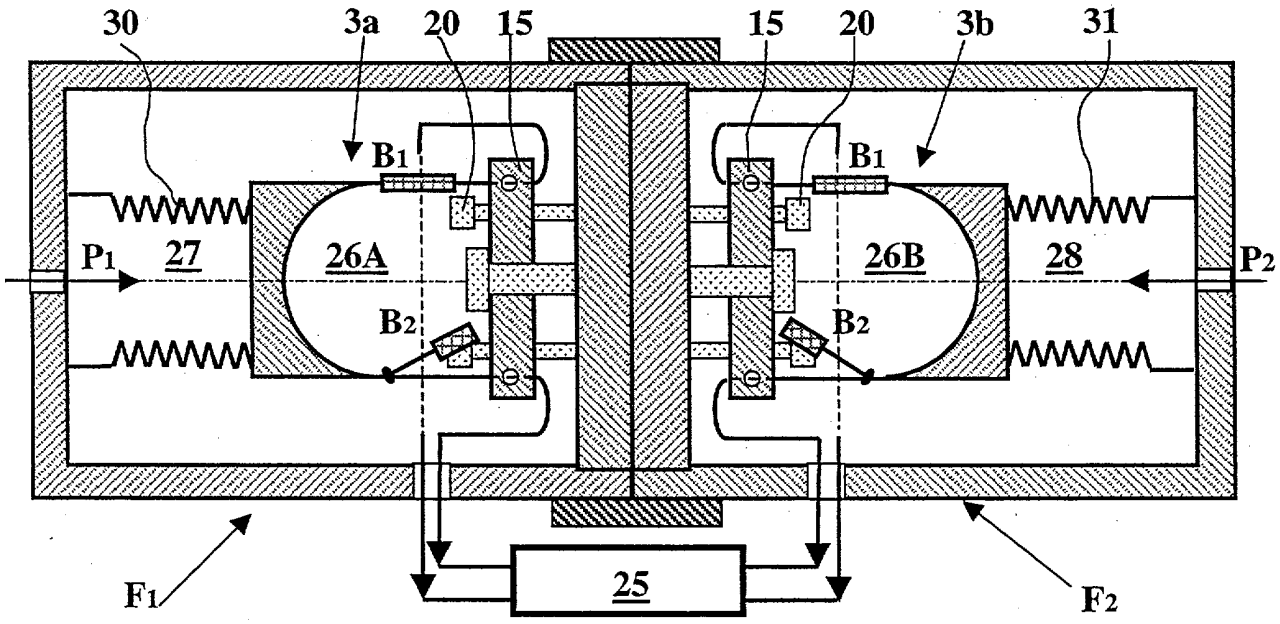

30
3a
20
15
15
20
3b
31
B1
B1
P1
27
26A
26B
28
P2
B2
B2
F1
25
F2

FIG.7

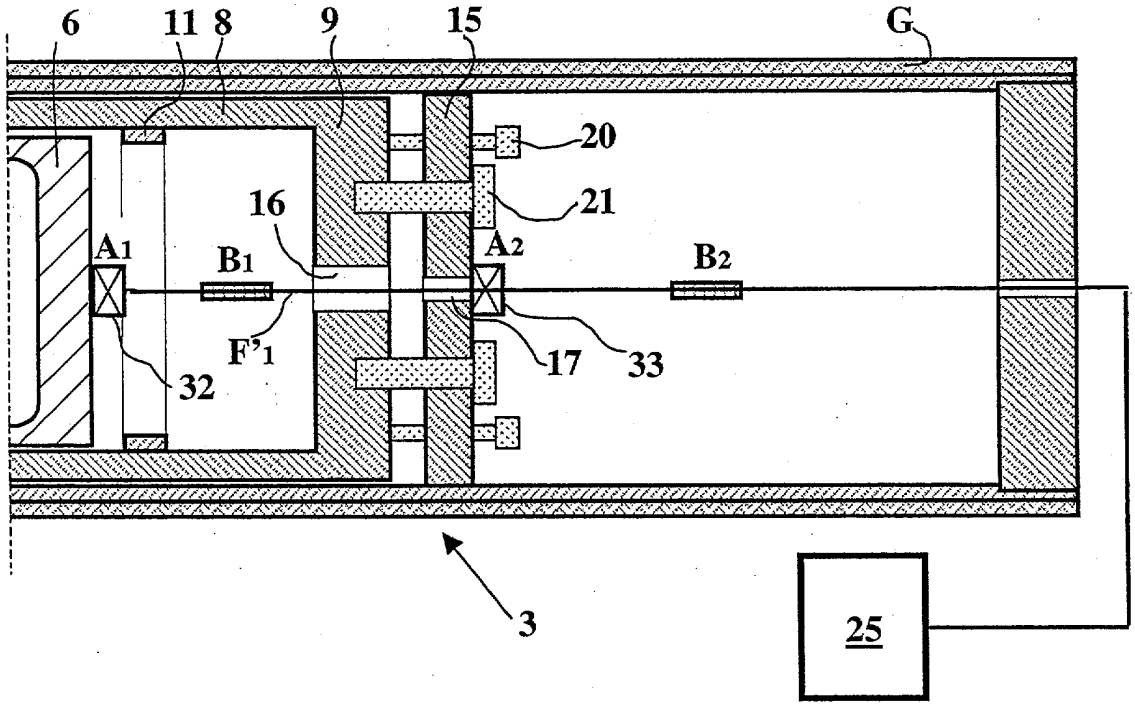

6
11
8
9
15
G
20
21
16
A1
B1
A2
B2
F'1
32
17
33
3
25

FIG.13

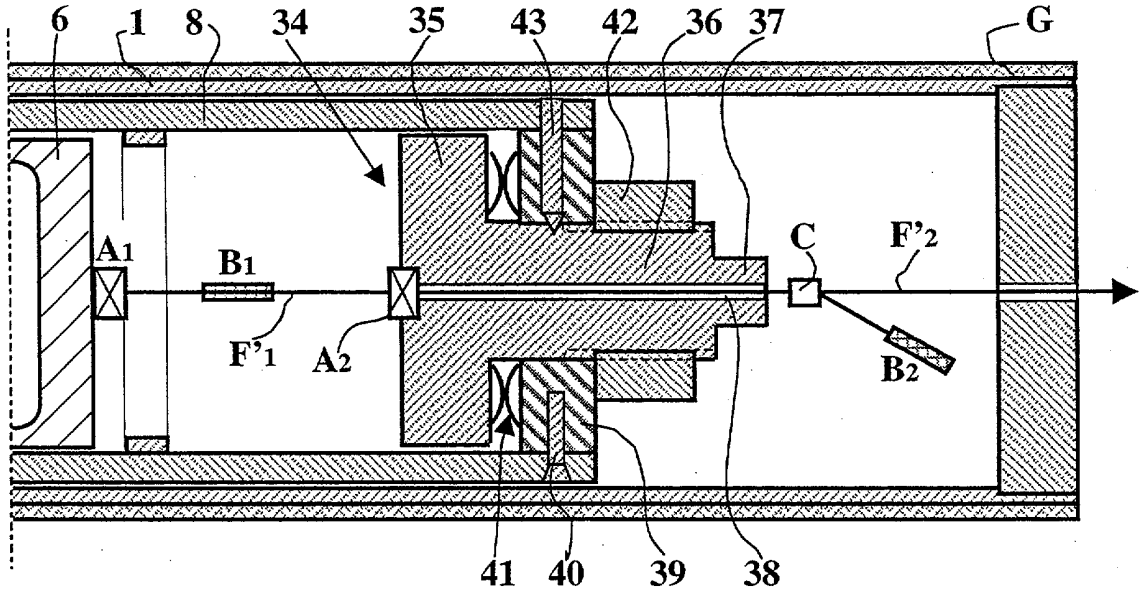

6
1
8
34
35
43
42
36
37
G
A1
B1
C
F'2
F'1
A2
B2
41
40
39
38

FIG.8

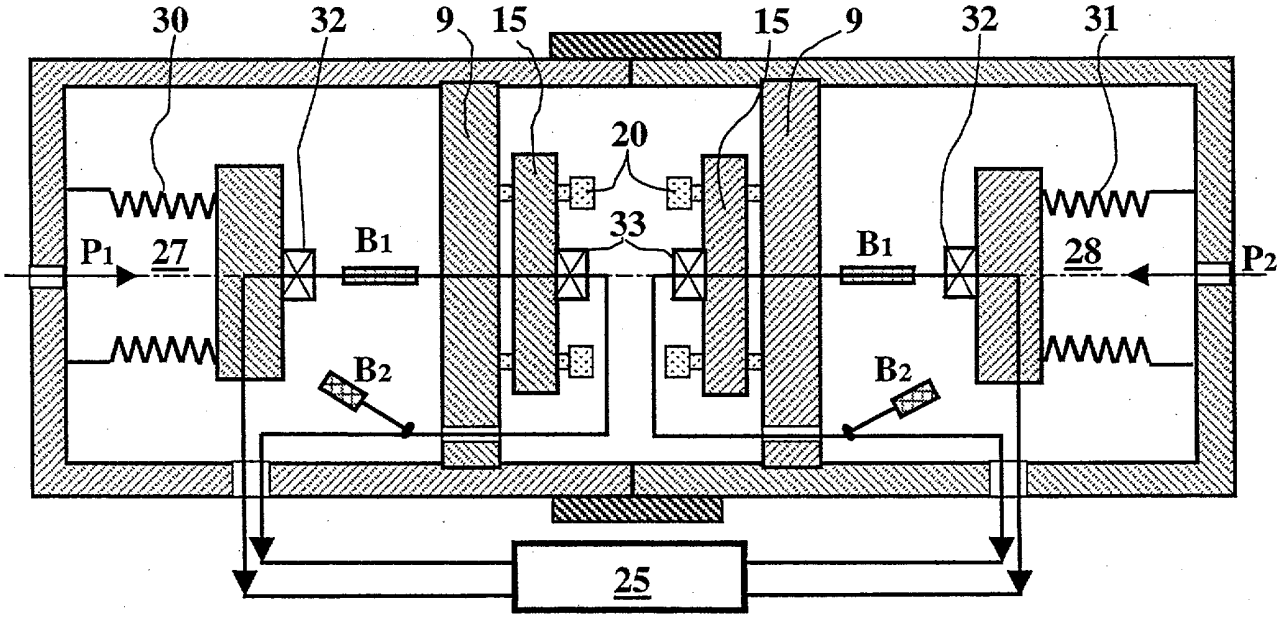


FIG.9

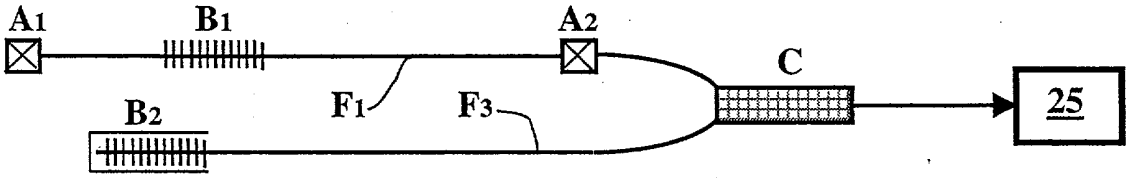


FIG.10

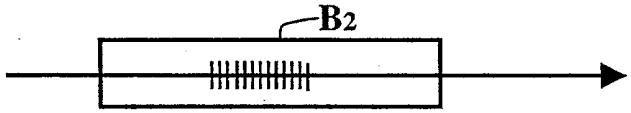


FIG.11

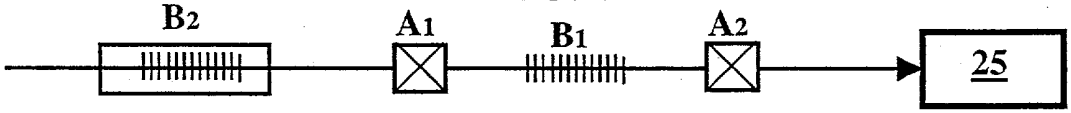
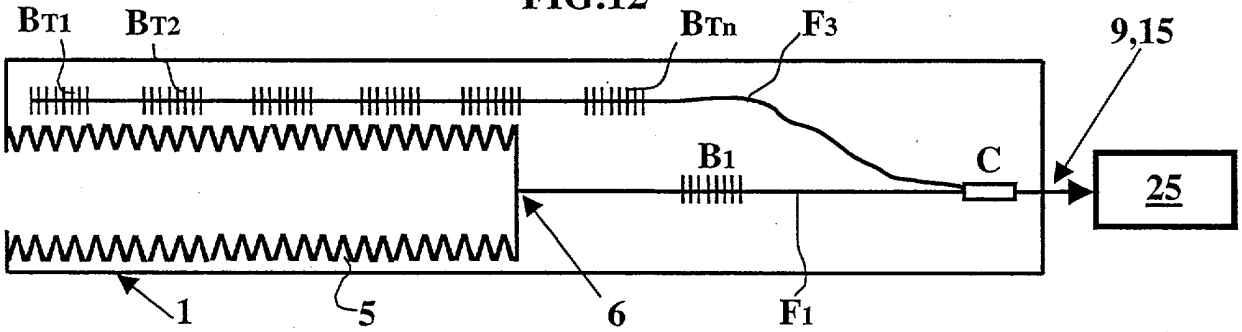


FIG.12



INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 619563
FR 0208344

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	FR 2 674 628 A (ABB VETCO GRAY INC.) 2 octobre 1992 (1992-10-02) * abrégé * * page 6, ligne 7 - page 7, ligne 20; figure 1 *	1	G01L1/24
D,Y	EP 1 008 840 A (GLOTZL EUROPE SENSORS N.V. ET AL.) 14 juin 2000 (2000-06-14) * abrégé * * colonne 3, ligne 36 - ligne 38; figure 1 *	1	
A	DE 198 60 409 A (ABB RESEARCH LTD.) 29 juin 2000 (2000-06-29) * abrégé; figures *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01L

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
19 mars 2003	Van Assche, P

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

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

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

.....

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0208344 FA 619563

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19-03-2003
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2674628	A	02-10-1992	US	5113070 A	12-05-1992
			FR	2674628 A1	02-10-1992
			GB	2254141 A ,B	30-09-1992
			NO	920743 A	30-09-1992
EP 1008840	A	14-06-2000	BE	1012332 A6	05-09-2000
			EP	1008840 A1	14-06-2000
DE 19860409	A	29-06-2000	DE	19860409 A1	29-06-2000
			AU	1502600 A	31-07-2000
			BR	9916623 A	25-09-2001
			WO	0039553 A1	06-07-2000
			EP	1147390 A1	24-10-2001
			NO	20013152 A	22-06-2001

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82