

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 650 670**  
(à utiliser que pour les commandes de reproduction)  
②1 N° d'enregistrement national : **89 10627**  
⑤1 Int Cl<sup>5</sup> : G 01 K 5/50.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 2 août 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 8 février 1991.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *FIORI Costantino.* — FR.

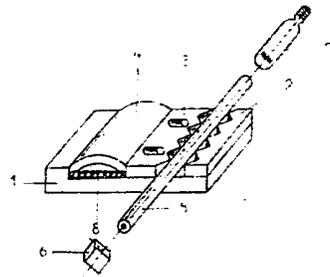
⑦2 Inventeur(s) : Costantino Fiori.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 Système de détection d'incendie ou de tout autre phénomène engendrant une élévation ou une baisse anormale de température par rapport à une référence fixée.

⑤7 L'appareil de détection comprend une pièce constituée d'un alliage à mémoire de forme 4 constituant un élément thermo-sensible dont la forme varie en fonction de la température, d'une fibre optique 2 dont une partie s'étend au voisinage de la pièce en alliage à mémoire de forme. Entre le cœur de la fibre optique et la pièce en alliage à mémoire de forme se trouve une liaison mécanique 3 construite de telle sorte que toute modification de forme de l'alliage à mémoire de forme, implique à la partie correspondante de la fibre un fléchissement qui suit les mouvements de l'alliage à mémoire de forme. Dans la fibre optique est transportée une onde lumineuse fournie par une source 7 placée en un bout de la fibre optique, l'intensité de la lumière véhiculée par la fibre optique est modulée par le fléchissement induit par les mouvements de l'alliage à mémoire de forme. Cette manipulation est mesurée par un détecteur de lumière 6 placé à l'autre extrémité de la fibre optique.



FR 2 650 670 - A1

D

Système de détection d'incendie ou de tout autre phénomène engendrant une élévation ou une baisse anormale de température par rapport à une référence fixée

La présente invention est relative au domaine des détecteurs d'incendie et des capteurs sensibles aux effets de variation de la température. Ces éléments de sécurité sont imposés par la législation et couramment utilisés dans les bâtiments publics et privés à forte densité de population, les usines et ateliers de fabrication, bâtiments de stockage pour divers matériels, et véhicules militaires et civils se déplaçant sur terre, mer ou air.

Dans le domaine considéré, on trouve actuellement deux grandes familles d'appareils : les détecteurs de gaz et de fumée, et les détecteurs de flamme et de chaleur.

Parmi les premiers cités, les plus répandus sont les détecteurs à ionisation. Ils sont sensibles à tous les types d'aérosol et se composent de deux chambres en série dans lesquelles l'air est rendu électroconducteur par une source de radiations ionisantes qui est généralement fournie par l'américium radio-actif. L'une des deux chambres est ouverte à l'atmosphère à surveiller, l'autre est fermée et sert de chambre de référence. A l'interface de ces chambres, on trouve un pont électrique de Wheastone qui reçoit des courants ioniques égaux lorsque l'atmosphère sous surveillance est identique à celui de référence. Lorsque les aérosols d'incendie apparaissent, ils passent dans la chambre ouverte et modifient le courant ionique créant ainsi un déséquilibre sur le pont de Wheastone, le courant de référence étant lui toujours constant. Ce déséquilibre, à partir d'un certain seuil, déclenche l'alarme. Il existe aussi dans cette catégorie les détecteurs optiques de fumée qui réagissent aux fumées visibles et qui sont utilisés principalement dans un environnement qui perturbe le fonctionnement des détecteurs à ionisation, faisceaux de câbles électriques en particulier. Les détecteurs optiques de fumée sont de deux types. Le détecteur à diffusion de lumière : une source de lumière, un absorbeur de lumière et une cellule photo résistante sont alignés sur un axe optique ; lorsque des particules de fumée pénètrent dans la chambre il y a dispersion des faisceaux lumineux, la cellule photo résistive ne voit plus qu'une partie du flux de photons émis par la source et donne l'alarme. Les détecteurs linéaires de fumée appelés aussi opacimètres, le principe de fonctionnement est identique au cas précédent sauf que l'émetteur de lumière et le récepteur sont séparés d'une distance importante, et que la source émet un rayonnement infrarouge que les fumées au cours de trajet peuvent absorber et disperser.

Parmi les détecteurs de flamme et de chaleur, on note deux systèmes. Les détecteurs optiques de flammes, sensibles aux rayonnements infrarouges, qui procèdent à une détection par vue directe de la combustion. Ils sont donc généralement directifs et sont par conséquent orientés préférentiellement sur une cible présentant un danger spécifique. On trouve enfin des détecteurs thermovélocimétriques qui mesurent la variation dynamique de la

température en un lieu donné en fonction du temps. Ces capteurs sont sensibles à une fonction  $\Delta T/\Delta t$ , ou  $\Delta T$  est l'augmentation de température observée durant un intervalle de temps  $\Delta t$ . Le capteur calcule en continu la fonction  $\Delta T/\Delta t$  et la compare à une consigne  $(\Delta T/\Delta t)_c$  fixe qu'on lui a préalablement imposé. Lorsque le détecteur observe une thermovélocimétrie supérieure à la consigne critique, comprise généralement entre 5 et 20° C par minute, l'alarme est donnée.

A des degrés divers, tous ces systèmes composés d'un capteur proprement dit et d'une électronique de traitement, sont inopérants, en présence d'un milieu agressif, or ce sont ces milieux qui présentent les dangers les plus importants et qui, par conséquent, nécessitent une surveillance active. L'agressivité d'un milieu peut provenir de plusieurs facteurs :

- atmosphériques : important taux d'humidité, présence d'agents chimiques et volatils actifs et corrosifs de poussières en suspension...
- physiques : liquides ou poudres instables, inflammables et/ou explosifs enfermés en réservoirs clos...
- électro-magnétiques : présence de : machines électriques tournantes, ondes radio HF, micro-ondes, faisceaux de câbles électriques denses...
- mécaniques : liées aux contraintes de toutes sortes et aux vibrations de basses fréquences et/ou hautes-fréquences...
- géométriques : cas des bâtiments présentant d'énormes volumes, hall de stockage par exemple, encombrés par divers matériels empilés. On y pratique une surveillance globale qui présente une certaine inefficacité à cause des dimensions (hauteur, longueur, largeur) des lieux.

L'invention vise donc à remédier aux inconvénients évoqués précédemment et concerne donc un appareil de détection d'écart de température dont les parties exposées présentent une fiabilité totale vis-à-vis des nuisances auxquelles elles sont soumises et dont l'information relative à l'état du capteur peut être transportée sur de grandes distances sans être perturbée par quoi que ce soit. L'invention concerne donc un capteur sensible aux élévations de température, simple de fonctionnement, capable de convertir toute énergie thermique, aussi faible soit elle, en mouvement mécanique et de transformer ce mouvement mécanique en signal lumineux transmissible par fibre optique sur de grandes distances à l'abri de toutes perturbations, afin de l'acheminer jusqu'à une centrale de télésurveillance qui le traitera en conséquence.

Selon une caractéristique de l'invention, cet appareil utilise comme élément sensible à la température un alliage à mémoire de forme. Ces alliages à mémoire de forme sont bien connus et ont fait l'objet de plusieurs brevets, en résumé leur propriété essentielle réside dans le fait de pouvoir garder en mémoire deux formes stables. Ils passent de l'une à l'autre de ces formes, définies par construction par l'utilisateur, par simple changement de

température au-delà et en deçà d'une certaine valeur critique  $T_{CF}$  définie par les caractéristiques physico-chimiques de l'alliage. A partir de cet élément thermo-sensible, il est donc possible d'obtenir par son changement de forme à  $T_{CF}$  un mouvement mécanique qu'il nous faut transformer en signal lumineux. Pour ce faire, l'appareil utilise une fibre optique, de type commercial, éclairée au moyen d'un rayonnement laser ou d'un système LED (système d'émission de lumière au Light Emission Device) adéquat, qui transporte une onde porteuse jusqu'à un photo-détecteur placé dans un appareil de télésurveillance. En utilisation courante, câble de télécommunication par exemple, la fibre optique est insensible aux perturbations électromagnétiques, atmosphériques, physiques et mécaniques. Toutefois, dans certaines conditions qui ont été étudiées, tant expérimentalement que théoriquement afin d'éviter tous phénomènes parasites dans les câbles optiques de transmissions, on sait que lorsque la fibre optique est mécaniquement contrainte sous certaines conditions, il peut en résulter une modulation de l'onde lumineuse qu'elle transporte. Ce peut être une atténuation du flux lumineux, cas qui sera analysé en détail par la suite à cause de sa simplicité, ou, dans le cas où l'onde est polarisée, un certain déphasage du rayonnement lumineux : principe de l'interférométrie de Mack-Zehnder. Pour le premier phénomène cité on sait pertinemment, d'après les travaux de Marcatili, que l'on peut induire des pertes radiatives dans le flux lumineux transporté par la fibre optique à condition de déformer celle-ci par une micro-déflexion locale de rayon  $r$  de l'axe optique. Le coefficient d'amortissement ( $\alpha_r$ ) de l'intensité lumineuse est alors :

$$\alpha_r = C_1 \exp(-C_2 r) \quad (1)$$

ou  $C_1$  et  $C_2$  sont des coefficients indépendants, de  $r$ . De manière plus générale d'après les équations de Field, l'atténuation du flux lumineux par pertes radiatives dans une fibre optique dont l'indice de réfraction du cœur est  $n_c$  et l'indice de réfraction de l'enveloppe entourant ce cœur est  $n_o$ , ne sera possible que si  $n_o$  est inférieur à  $n_c$  et sera maximale lorsque cette fibre optique subira des micro-déflexions périodiques à la période de récurrence  $\Lambda$  :

$$\Lambda = 2 \pi R / \sqrt{1 - (n_o/n_c)^2} \quad (2)$$

ou  $R$  est le rayon du cœur de la fibre optique. De cette expression, il apparaît que  $\Lambda$  est une fonction intrinsèque des caractéristiques optiques de la fibre et qu'elle dépend en particulier de l'ouverture numérique (NA) de celle-ci :

$$NA = \sqrt{n_c^2 - n_o^2} \quad (3)$$

Par conséquent, il est possible pour une fibre optique donnée de calculer sa période critique de récurrence  $\Lambda$  et faire en sorte que le mouvement généré par l'alliage à mémoire de forme applique, directement ou indirectement au travers d'un système mécanique intermédiaire, une contrainte mécanique à cette période  $\Lambda$  sur le guide optique qui convoie l'onde lumineuse. Dans l'appareil considéré, la fibre optique joue donc un double rôle : celui de détecteur de contraintes mécaniques et celui de ligne de transmission véhiculant de l'information sur l'état dudit appareil. Appareil au repos : la température du milieu où se trouve le système est par exemple inférieure à  $T_{CF}$ , le guide optique transmet au photodétecteur un flux lumineux  $I_0$  ; cas d'alerte : la température du milieu où se trouve l'appareil est, selon le même exemple, supérieure ou égale à  $T_{CF}$  à l'incertitude près sur sa valeur, la fibre optique ne transmet plus qu'une intensité  $I_A$  inférieure à  $I_0$ . Cette dernière information sera alors directement traitée par la centrale de télésurveillance qui déclenchera en conséquence le processus adéquat pour résoudre le problème observé.

L'invention sera mieux comprise à la lumière des exemples de réalisation détaillés illustrés par les figures annexées qui vont suivre :

- la figure 1 est une perspective schématisée d'un système de détection à maxima de température représentant les principes de base de mon invention,
- la figure 2 est une vue fragmentaire en perspective d'une variante de mon invention, où le capteur est miniaturisé et solidaire de la fibre optique,
- la figure 3 représente en vue de face, un détecteur selon mon invention utilisant une fibre optique armée Hergalite de Herga Electric Ltd/Burry S. Edmunds, Angleterre,
- la figure 4 représente en vue éclatée un détecteur de température à maxima incorporé à la fibre optique selon mon invention,
- la figure 5 représente ce même détecteur placé à l'extérieur de la fibre optique et obéissant aux principes de l'invention,
- la figure 6 est le schéma en perspective d'un autre type de détecteur de température à maxima selon mon invention qui est une combinaison de ce que nous avons montré dans les figures 1, 4 et 5,
- la figure 7 représente un capteur en forme de peigne selon mon invention
- la figure 8 représente un capteur intelligent obéissant aux critères de l'invention. Au système décrit par les figures 1 et 7 est ajouté un transducteur piezo-électrique modulant le signal de l'onde porteuse à une fréquence particulière permettant d'identifier chacun des détecteurs placés sur une ligne ou une boucle complexe de détection.
- la figure 9 montre la modulation du signal donnée par un appareil construit selon le schéma 1. Cette modulation est donnée en fonction de la pression

exercée sur la fibre optique par un ressort en alliage à mémoire de forme.

La figure 1 est une illustration du détecteur qui nous a servi de modèle pour conduire nos essais selon une caractéristique de l'invention. Il se compose essentiellement d'un bloc métallique 1 servant de corps à l'appareil et dans lequel est fixée ou taillée une mâchoire métallique 2 dont les dents ont un pas de récurrence  $\Lambda$  calculé d'après l'équation 2. En 3, on trouve la partie mobile de la mâchoire qui coulisse et s'encastre sur la partie fixe 2. Attaché à 3 et fixé sur le corps 1 de l'appareil se trouve un ressort ou une lame 4 usiné dans un alliage à mémoire de forme. Au repos cet élément 4 est comprimé par un ressort mécanique 8 de telle sorte que pour toutes températures inférieures au  $T_{CF}$  de l'alliage il n'y ait aucune pression qui soit exercée sur la mâchoire mobile 3 afin de laisser libre la fibre optique 5 éclairée par une source lumineuse Laser ou LED 7 et dont l'intensité lumineuse transmise est mesurée par un photo-détecteur 6. En alerte, autrement dit lorsque la température ambiante à laquelle se trouve l'appareil est égale ou supérieure au  $T_{CF}$  de l'alliage (aux incertitudes près sur la précision de cette consigne  $\pm 5^\circ\text{C}$ ), le ressort ou la lame se détend et prend sa seconde forme stable en s'allongeant. Ce faisant, il vient pousser la partie mobile 3 qui à l'aide de la partie fixe 2 met la fibre optique 5 sous contraintes mécaniques. Ces contraintes mécaniques dépendront essentiellement de la poussée de l'alliage à mémoire de forme, poussée qui est fonction de la nature, du poids, et de la géométrie des deux formes stables que l'on a imposée à cet alliage. L'appareil est étudié de telle sorte que les contraintes mécaniques sur la fibre optique 5 induisent dans celle-ci par diffraction de la lumière une perte de flux lumineux tout le long de la mâchoire métallique. Cette atténuation du faisceau lumineux transporté par la fibre optique 5 peut être facilement observée par le photo-détecteur 6.

La figure 2 est une variante du système précédent selon une autre caractéristique de l'invention, l'appareil vient ici enserrer la fibre optique. Les mâchoires 2 sont usinées à l'intérieur d'un cylindre ouvert 1 libre de se refermer. L'ensemble est fabriqué dans un alliage à mémoire de forme. Les deux formes en mémoire dans cet alliage font qu'aux températures inférieures à  $T_{CF}$  le diamètre du cylindre 1 laisse libre de toutes contraintes la fibre optique 3, aux températures supérieures à  $T_{CF}$ , le cylindre 1 en alliage de mémoire de forme se referme et vient comprimer fortement les mâchoires 2 qui vont appliquer les contraintes à la fibre optique 3 et perturber ainsi la transmission de la lumière.

La figure 3 représente selon une autre caractéristique de l'invention un système dont l'originalité vient du fait que les mâchoires métalliques des appareils précédents ont été remplacées par une fibre Hergalite armée d'un fil métallique (ou tout autre matériau incompressible) hélicoïdal 4 enroulé avec un pas  $\Lambda$  autour du cœur 5 de la fibre optique 3, le tout est protégé par une gaine 6. A noter que le fil hélicoïdal peut être placé sur la surface externe de la fibre optique sans aucune gêne pour le fonctionnement de l'appareil. Le corps de l'appareil est composé des parties 1 et 2 tandis que la partie 7 est la partie sensible à la

température constituée de ressorts 8 usinés dans l'alliage à mémoire de forme.

La figure 4 reprend en partie l'idée du fil métallique hélicoïdal 1 enroulé autour du cœur 2 de la fibre optique 3 protégé par son enrobage. Ici toutefois le fil métallique hélicoïdal est fabriqué dans un alliage à mémoire de forme de telle sorte qu'au repos le pas de l'hélice soit  $\lambda$  et n'induit pas de contraintes mécaniques sur la fibre. Aux températures supérieures à  $T_{CF}$  l'hélice s'étire jusqu'à atteindre le pas  $\Lambda$  appliquant alors de fortes contraintes mécaniques sur la fibre optique. En choisissant judicieusement les caractéristiques du fil en alliage à mémoire de forme les contraintes seront suffisantes pour perturber la transmission de la lumière.

La figure 5 représente une simple variante du cas précédent. Ici l'hélice 1 fabriquée dans un alliage à mémoire de forme est placée à l'extérieur de la fibre optique 2.

La figure 6 est une combinaison des systèmes que nous venons de présenter selon une caractéristique de l'invention. Nous avons une mâchoire métallique 1 dont le pas des dents est  $\Lambda$ , qui enserre une fibre optique 2. Autour de la mâchoire métallique 1 est enroulé un fil à mémoire de forme 3 qui décrit une hélice de pas quelconque. Au repos, ce pas est tel que les contraintes qu'exerce la mâchoire métallique 1 sur la fibre optique 2 sont négligeables. Par contre pour les températures supérieures à  $T_{CF}$  ce fil prendra la deuxième forme stable qu'on lui a mis en mémoire c'est-à-dire, une hélice de pas plus grand. Lors du mouvement d'étirement de l'hélice originale celle-ci va appuyer les mâchoires 1 contre la fibre optique 2, les contraintes qui en résultent induisent des pertes radiatives.

La figure 7 représente selon une autre caractéristique de l'invention un capteur dont la pièce sensible à la température a été usinée dans la masse d'un alliage à mémoire de forme en forme de peigne. Au repos les dents du peigne sont écartées par rapport à la normale 1 pour laisser libre passage à la fibre optique 2. Lorsque la température est supérieure ou égale à  $T_{CF}$  ces dents ont tendance à se refermer pour reprendre une position normale alignée. Ce mouvement contraint donc la fibre optique enserrée dans les dents du peigne et produit une modulation du flux lumineux transporté par la fibre optique donnant ainsi naissance à un signal qui peut être facilement détecté. Comme dans les cas précédents, l'efficacité du système est maximale lorsque le pas des dents du peigne est voisin du  $\Lambda$  calculé d'après l'expression 2.

Enfin, la figure 8 reprend pour l'essentiel les éléments, du système décrits par la figure 1 et montre une autre caractéristique de l'invention. Ici le capteur a été rendu intelligent par le fait qu'on lui a ajouté un transducteur piezo-électrique 9 qui indépendamment de l'action que peuvent avoir les lames ressort en alliage à mémoire de forme 8, fait vibrer à la fréquence  $\omega$  la mâchoire métallique 7 afin de moduler le signal de l'onde transportée par la fibre optique 6 à cette fréquence. On obtient ainsi une signature du capteur sondé.

Afin d'être le plus complet possible, nous allons donner les caractéristiques physiques des composants : fibre optique et alliage à mémoire de forme, utilisés pour la

réalisation de quelques prototypes vérifiant la validité de notre invention.

Il existe deux types d'alliages à mémoire de forme : les binaires NiTi et les ternaires CuZnAl, leur caractéristique commune est qu'ils peuvent être éduqués selon deux paramètres. Le premier concerne la température critique de changement de forme  $T_{CF}$  qui peut être ajustée à volonté lors de la préparation de l'alliage en modifiant les rapports respectifs des constituants de l'alliage, Ni et Ti dans le premier cas et Cu, Zn, Al dans le second cas. Les technologies et les connaissances actuelles permettent d'ajuster  $T_{CF}$  à plus ou moins 5° C autour d'une valeur nominale théorique désirée. Le second paramètre est géométrique, il concerne les deux formes géométriques stables que l'on peut mettre en mémoire dans l'alliage. Celles-ci peuvent être quelconques, l'une existe de manière stable lorsque la température du système est inférieure à  $T_{CF}$ , l'autre apparaît et reste stable dès que le système se retrouve à une température supérieure ou égale à  $T_{CF}$ . De cette transition naît un mouvement mécanique qui développé sous forme linéaire correspond à un allongement de 2 à 6 % de l'unité de longueur initiale, par ailleurs au cours de cette transition l'alliage à mémoire de forme développe une certaine force qui dépend du volume de l'alliage considéré et de sa nature. A titre d'exemple, on notera que certains alliages NiTi peuvent développer des pressions allant jusqu'à 200 MPa. En moyenne, on note couramment pour les alliages NiTi des valeurs de l'ordre de  $6 \times 10^5$  Pa, et pour les ternaires CuZnAl des valeurs de l'ordre de  $2 \times 10^5$  Pa. Pour l'application envisagée dans notre invention, ces pressions s'avèrent donc amplement suffisantes pour contraindre la fibre optique. Enfin, le nombre de cycles que peuvent supporter de tels alliages est variable, dans les limites décrites ci-dessus on peut estimer ce nombre à plus de 10 000.

Pour les fibres optiques utilisées on a noté sur des mesures faites sur un système excité par un transducteur piezo-électrique Physik-Instrumente, travaillant dans une gamme de fréquences moyennes : 3 à 10 KHz, monté selon un schéma similaire à celui représenté sur la figure 8, les caractéristiques suivantes :

- à 5 KHz, le rapport signal sur bruit est supérieur à  $5 \times 10^2$
- sensibilité du système de 0,1 à 0,001 dB/g/cm
- sensibilité de la fibre aux effets de la température ambiante, dans une gamme mesurée jusqu'à 80° C : moins de 0,01 % par degré Celcius
- le nombre de cycles mécaniques que peut supporter une fibre optique dépend de l'amplitude des micro-déflexions qu'on lui impose. Pour des micro-déflexions jusqu'à 10  $\mu$ m une fibre optique peut supporter sans dommages  $10^8$  cycles, pour les micro-déflexions de quelques centaines de microns ce nombre de cycles est réduit de façon très sensible, il est de l'ordre de quelques  $10^5$  cycles.

En ce qui concerne la mesure des effets physiques observés sur une fibre optique contrainte par le changement géométrique de l'élément en alliage à mémoire de forme, le

montage final du système a été simplifié et la figure 1 en donne un schéma fidèle. La fibre optique qui a été utilisée est une fibre Corning répertoriée sous la référence commerciale n° 41 292 205, ces caractéristiques optiques sont : diamètre du cœur optique : 60  $\mu\text{m}$ , diamètre total de la fibre 125  $\mu\text{m}$ , ouverture numérique  $NA = 0,201$ , index de réfraction de l'enveloppe  $n_0 = 1,458$ , atténuation naturelle du flux lumineux transmis par cette fibre optique éclairée à une longueur d'onde de 820 nm : 4,2 dB/km. A partir de ces données, d'après les équations 2 et 3, on calcule un indice de réfraction du cœur optique  $n_0 = 1,472$  et une période de récurrence critique pour cette fibre  $\Lambda = 1,38$  mm. Nous avons donc construit des mâchoires métalliques de 30 mm de long avec des dents au pas périodique voisin de la valeur théorique  $\Lambda$ . La lame de ressort sensible à la température est construite dans un alliage à mémoire de forme NiTi dont le  $T_{CF}$  est de  $60 \pm 5^\circ \text{C}$ . Les deux rayons de courbure mis en mémoire dans les lames étaient définis de manière empirique, l'objectif étant que l'allongement longitudinal des lames observé aux températures supérieures ou égales à  $T_{CF}$  exerce sur la partie mobile de la mâchoire des pressions variant de 100 à 400 grammes par  $\text{cm}^2$ . Dans ces conditions, les variations de l'intensité du flux lumineux transmis par la fibre optique éclairée à une longueur d'onde de 820 nm a un photo-détecteur sont reportées sur la figure 9. On note que cette atténuation est tout à fait significative, elle est quasi-linéaire avec la force appliquée et égale à 0,04 dB/g. Rapportée à la longueur linéaire de fibre contrainte on peut estimer cette atténuation égale à 4,67 dB/cm.

## Revendications

1 - Appareil de détection d'écart de température par rapport à une valeur prédéterminée caractérisé en ce qu'il est constitué d'une pièce composée d'un alliage à mémoire de forme 4 constituant un élément thermo-sensible dont la forme varie en fonction de la température, d'une fibre optique 2 dont une partie s'étend au voisinage de la pièce en alliage à mémoire de forme, d'une liaison mécanique 3 entre la pièce en alliage à mémoire de forme et la fibre optique au niveau de ladite pièce de telle sorte que la variation de forme de la pièce en alliage à mémoire de forme implique à la partie correspondante de la fibre optique un fléchissement qui suit les mouvements de la pièce en alliage à mémoire de forme, en ce qu'une source lumineuse 7 introduise la lumière dans l'une des extrémités de la fibre optique et en ce que l'autre extrémité de la fibre optique est couplée à un détecteur de lumière 6.

2 - Appareil selon les revendications 1 caractérisé en ce que l'on y incorpore un système permettant d'identifier à distance ledit appareil de détection d'écart de température. Le signal permettant d'identifier à tout moment l'appareil de détection d'écart de température pourra être : soit directement modulé dans la fibre optique constituant l'appareil de détection d'écart de température et ce à une fréquence donnée observable à l'extrémité de cette fibre optique couplée au détecteur de lumière, soit ledit signal proviendra d'un système pouvant émettre des ondes radio que l'on aura couplé à l'appareil de détection d'écart de température proprement dit, soit le dit signal sera un signal électrique émis par un système adéquat sur l'on aura associé à l'appareil de détection d'écart de température.

3 - Système selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la fibre optique est enserrée entre deux mâchoires fabriquées, dans un matériau incompressible et dont la partie mobile est actionnée par un élément thermo-sensible en alliage à mémoire de forme qui par sa détente ou sa contraction assistée ou non par un ressort métallique classique, au-delà et en-deçà de la température critique de forme TCF, assure la fermeture ou l'ouverture de cette partie mobile. Le pas des dents constituant ces mâchoires peut être quelconque ou égal à la période critique de récurrence de la fibre optique utilisée :  $L = 2 \pi R / \sqrt{1 - (n_o/n_c)^2}$

4 - Système selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la fibre optique soit entourée par un tube cylindrique creux, ouvert sur toute sa longueur, intérieurement fileté au pas  $f$  et usiné dans un alliage à mémoire de forme. Ce cylindre ainsi composé a été éduqué de telle sorte qu'au repos son diamètre intérieur n'implique aucune contrainte mécanique à la fibre optique, au contraire, lorsque le système se trouve dans un milieu dont la température ambiante est supérieure ou égale au TCF de l'alliage mémoire, le diamètre du cylindre dans sa deuxième forme stable se réduit suffisamment de façon à induire au travers du filetage intérieur des micro-déflexions périodiques à la fibre optique. Le pas du filetage intérieur du cylindre peut être quelconque ou égal à la période critique de récurrence de la fibre optique utilisée :  $L = 2 \pi R / \sqrt{1 - (n_o/n_c)^2}$ .

5 - Système selon les revendications 1, 2, 3 et 4 en ce que des mâchoires fabriquées dans un matériau quelconque incompressible soient interposées entre le cylindre ouvert fabriqué dans un alliage à mémoire de forme et la fibre optique.

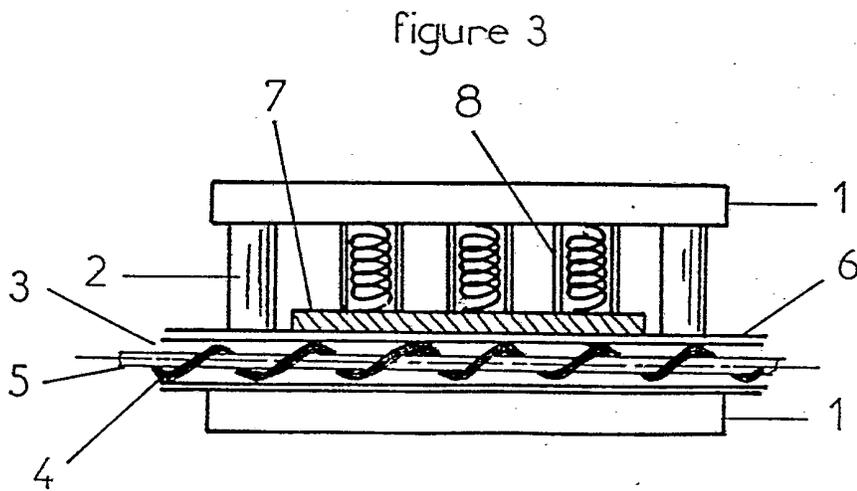
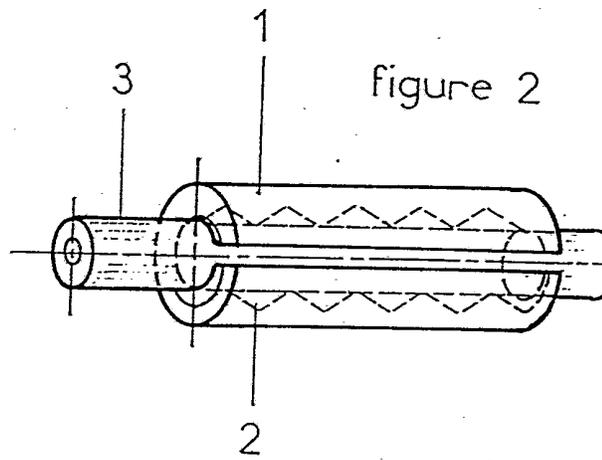
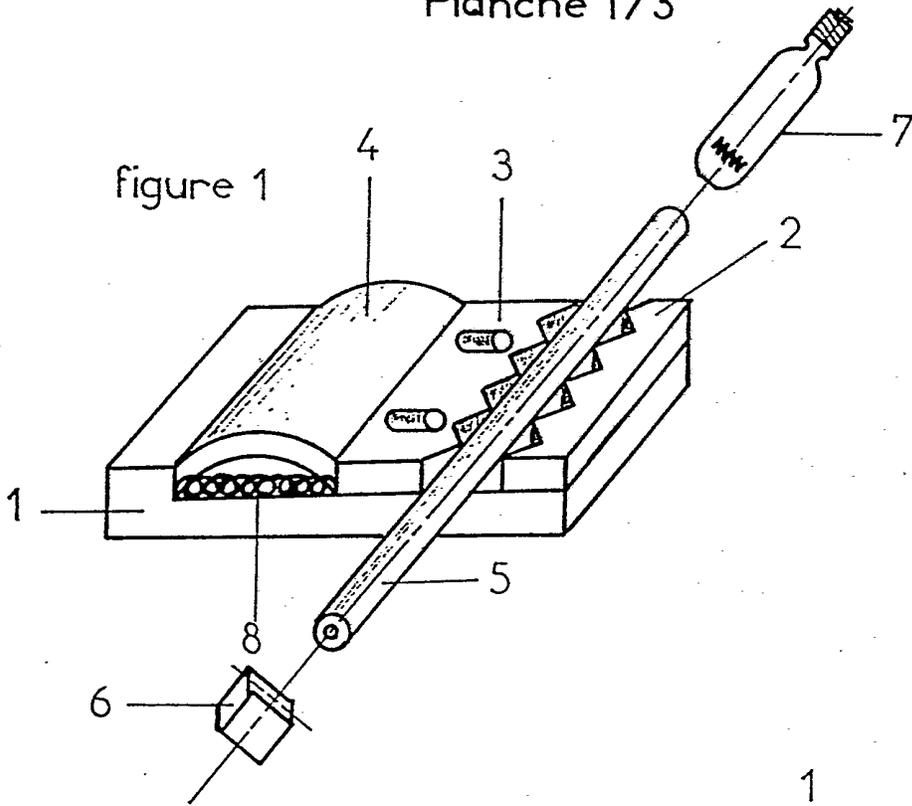
6 - Système selon les revendications 1 à 5 caractérisé en ce que l'on utilise des fibres optiques Hergalite armées intérieurement ou extérieurement d'un fil incompressible enroulé hélicoïdalement.

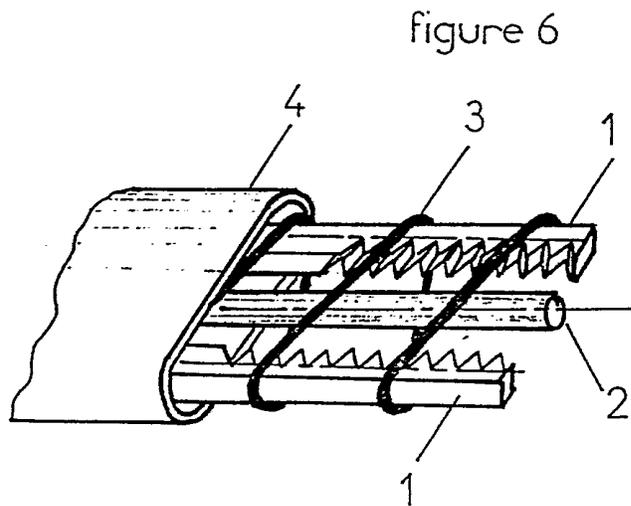
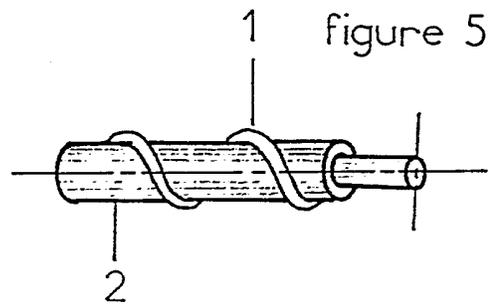
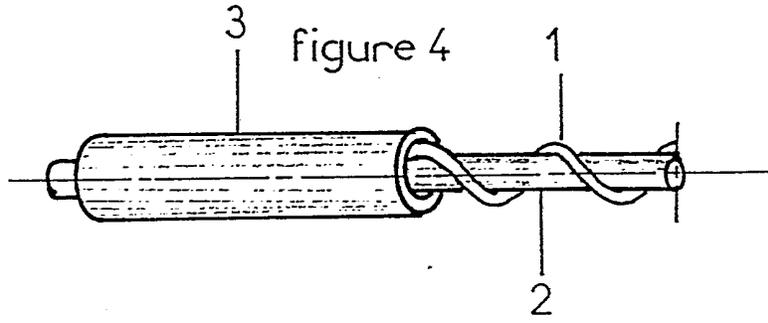
7 - Système selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la fibre optique soit sceinte intérieurement ou extérieurement d'une hélice fabriquée à partir d'un fil en alliage à mémoire de forme entourant le cœur optique ou la protection externe de cette fibre optique. A température ambiante, le pas de cette hélice sera tel qu'il n'induit aucune contrainte mécanique sur la fibre optique. Pour les températures supérieures ou égales au TCF de l'alliage à mémoire de forme, cette hélice a été éduquée de telle sorte que son pas s'allonge et que cet allongement entraîne une mise en contrainte périodique importante de la fibre optique. Le pas final de l'hélice stable aux températures supérieures ou égales à TCF peut être quelconque, il peut aussi être défini comme égal à la période critique de récurrence de la fibre optique employée :  $L = 2 \pi R / \sqrt{1 - (n_o/n_c)^2}$ .

8 - Système selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la fibre optique est entourée d'un système comportant des mâchoires fabriquées dans un matériau incompressible dont le pas des dents peut être quelconque ou égal à la période critique de récurrence de la fibre optique utilisée  $L = 2 \pi R / \sqrt{1 - (n_o/n_c)^2}$ , et qui sont entourées d'une hélice déformable usinée dans un alliage à mémoire de forme qui assure le mouvement mécanique en se déformant géométriquement en delà et en deçà de sa température TCF.

9 - Système selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que l'élément thermo-sensible en alliage à mémoire de forme soit usiné en forme de peigne et que les dents de celui-ci lorsque le système est à température ambiante, soient situées alternativement de part et d'autre de la normale formant ainsi un berceau qui entoure librement la fibre optique. La seconde forme stable que prend le système lorsque la température est supérieure ou égale au TCF de l'alliage à mémoire de forme est telle que les dents du peigne viennent se réaligner selon la normale pour contraindre la fibre optique. Le pas des dents du peigne pourra être quelconque ou égal à la période critique de récurrence de la fibre optique utilisée :  $L = 2 \pi R / \sqrt{1 - (n_o/n_c)^2}$ .

10 - Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le détecteur d'écart de température soit encapsulé dans une matière résistante aux flammes, en ce que ledit détecteur soit encapsulé dans un matériau résistant aux milieux corrosifs, solides, liquides ou gazeux susceptible de dégrader les composants du détecteur, et en ce que le détecteur soit protégé des chocs mécaniques par toute enveloppe protectrice conçue à cet effet.





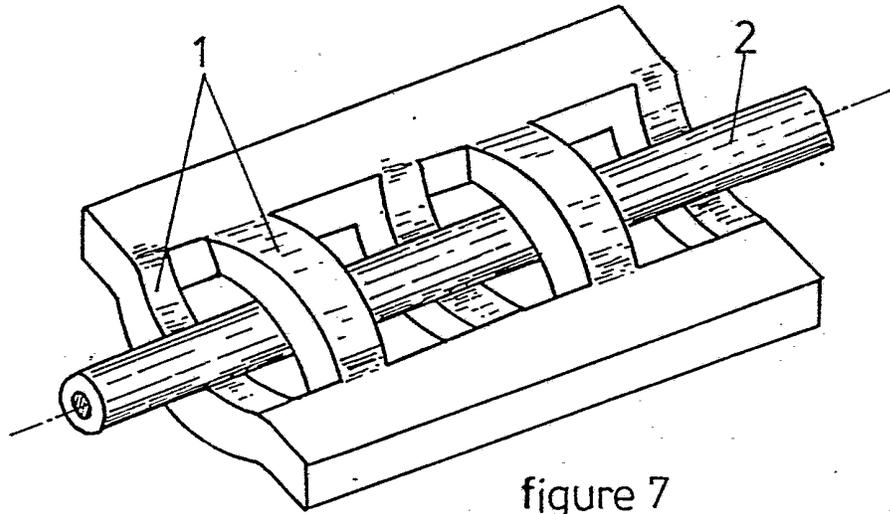


figure 7

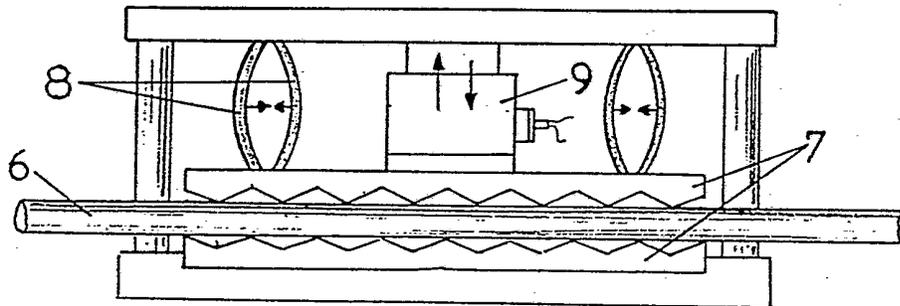


figure 8

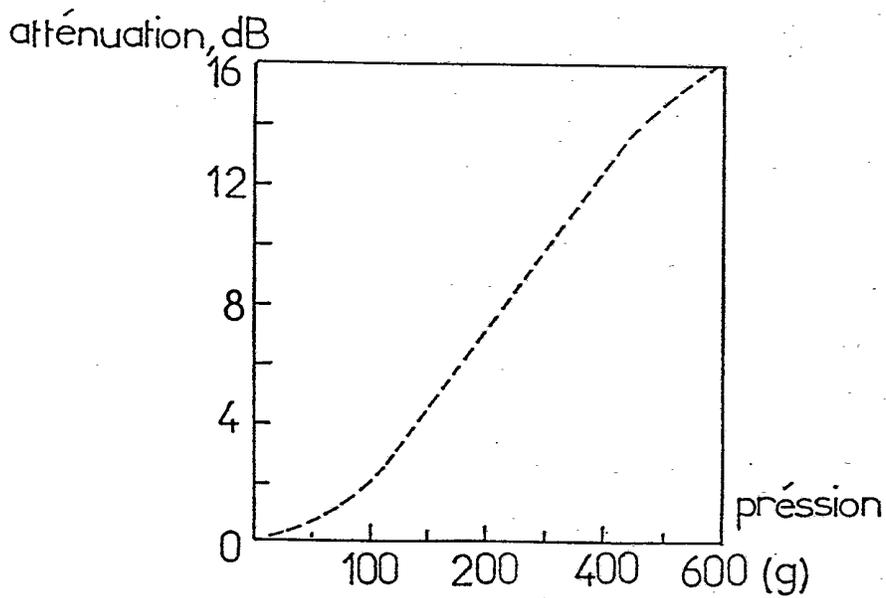


figure 9