



⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑲ Numéro de dépôt : **91440031.2**

⑮ Int. Cl.⁵ : **G10K 11/16**

⑳ Date de dépôt : **18.04.91**

⑳ Priorité : **25.04.90 FR 9005595**

⑰ Inventeur : **Landel, Eric**
Villa "Belle de Mai", Avenue des Fleurs
F-83500 La Seyne sur Mer (FR)

④③ Date de publication de la demande :
30.10.91 Bulletin 91/44

⑰ Mandataire : **Bossard, Jacques-René**
Cabinet MEYER & COURTASSOL Bureau
EUROPE 20 Place des Halles
F-67000 Strasbourg (FR)

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES GB GR IT LI LU NL SE

⑦① Demandeur : **PRINCIPIA RECHERCHE**
DEVELOPPEMENT SA
BP 122, Sophia Antipolis
F-06561 Nice (FR)

⑤④ Procédé pour l'atténuation des ondes acoustiques dans un circuit de circulation de fluide.

⑤⑦ Procédé pour l'atténuation des ondes acoustiques dans un circuit de circulation de fluide, caractérisé en ce qu'il consiste à insérer dans la paroi d'une conduite appartenant à ce circuit au moins un transducteur imposant à cette paroi une vibration, de manière à créer une paroi mobile active dont les déplacements radiaux sont en opposition de phase avec la pression acoustique locale, de manière à créer une condition de non-propagation des ondes acoustiques et donc de réfléchir les ondes provenant du conduit vers le transducteur.

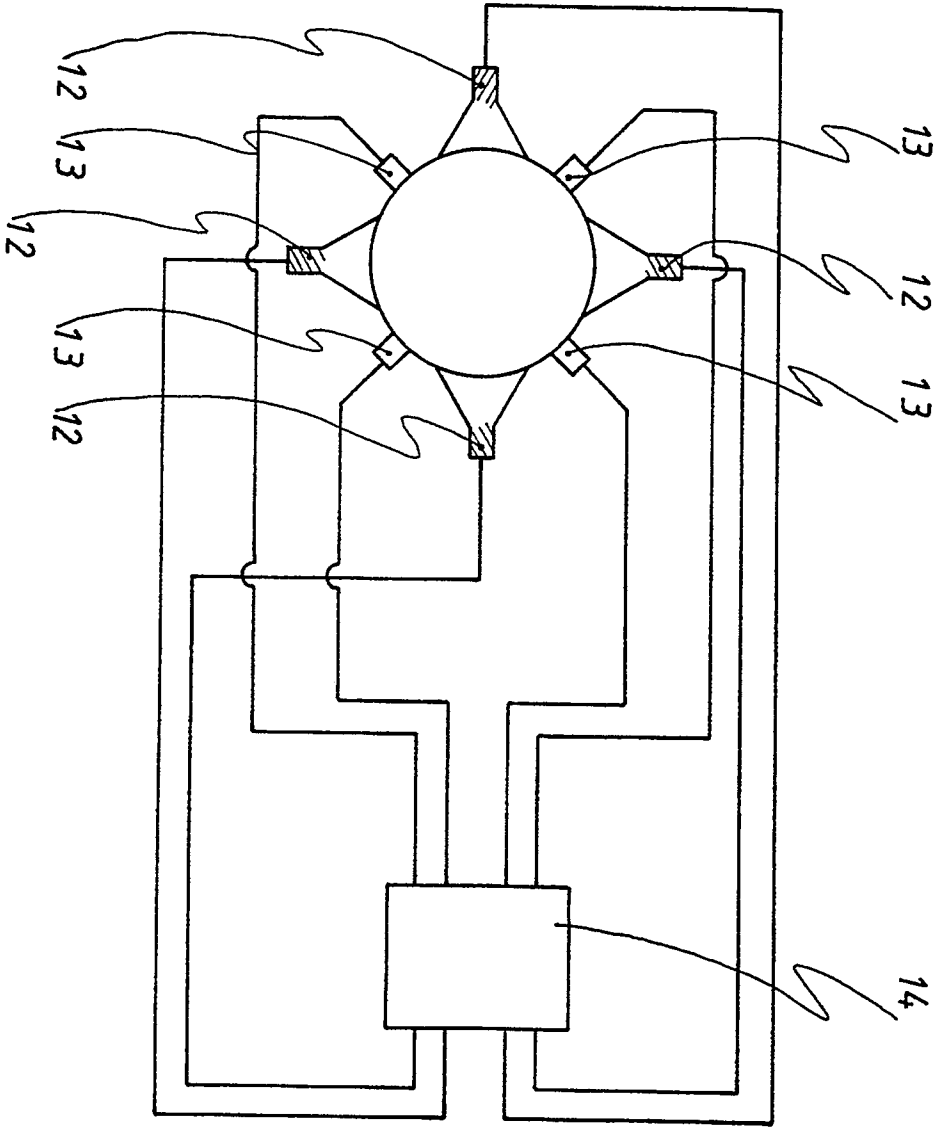


Fig:5

La présente invention concerne un nouveau procédé pour l'atténuation des ondes acoustiques dans un circuit de circulation de fluide.

On sait que dans un circuit de circulation d'un fluide, qu'il soit pneumatique ou hydraulique, des bruits sont créés par différents éléments, à savoir des éléments moteurs tels que pompes ou ventilateurs, des éléments structurels tels que diaphragmes, coudes ou vannes, et analogues. Les ondes acoustiques ainsi générées se propagent dans lesdits circuits, jusqu'aux terminaisons où elles créent des nuisances préjudiciables au personnel. Ainsi, par exemple, dans un circuit de ventilation, la transmission de ces ondes acoustiques vers l'extérieur se traduit par un accroissement du niveau de bruit dans la salle à ventiler ou à climatiser.

On a donc recherché des moyens pour réduire ou contrôler les ondes se propageant dans ce type de circuit, sans perturber l'écoulement du fluide qui y circule.

Un premier type de moyen fait appel à des systèmes passifs, reposant par exemple sur l'emploi de matériaux absorbants ou de résonateurs du type HELMHOLTZ. Toutefois, ces solutions reposant sur les qualités dissipatives des matériaux ne peuvent concerner que le domaine des fréquences élevées.

Un second type de moyen fait appel à des systèmes actifs, c'est à dire déterminant une atténuation des ondes. Pour cela, il est connu d'associer d'une part un organe de mesure des ondes se propageant dans le circuit, et d'autre part, un émetteur acoustique commandé à partir des signaux recueillis par ledit organe, par exemple un microphone, de telle manière que, par cet émetteur, soit émis un train d'ondes en opposition avec le précédent, et que leur résultante soit en principe nulle.

Toutefois, un tel système, séduisant dans son principe, n'assure en réalité une atténuation importante que pour des sources de bruits harmoniques; pour des bruits à large bande, l'atténuation demeure faible.

La présente invention vise également un système actif, mais reposant sur un principe différent, à savoir celui selon lequel, si la paroi du circuit est soumise sur une certaine portion à des déformations locales correspondant à un état vibratoire dépendant de la fréquence du train d'ondes acoustiques incidentes, ces dernières se trouvent réfléchies et ne peuvent donc plus se propager dans cette portion, qui se trouve ainsi isolée acoustiquement.

Du fait qu'il n'y a plus de composition entre deux trains d'ondes comme dans le système antérieur rappelé ci-dessus, les limitations d'efficacité de ce dernier sont éliminées et le nouveau système selon l'invention permet une atténuation importante des ondes incidentes dans toute la gamme de fréquences. Ce système représente donc un progrès très important.

On va maintenant exposer l'invention plus en détail en se référant à la description suivante, illustrée par le dessin annexé, sur lequel :

- La figure 1 représente un schéma illustrant l'exposé théorique de l'invention ;
- La figure 2 illustre une réalisation pratique de paroi mobile active circulaire selon l'invention ;
- La figure 3 illustre une autre réalisation pratique de paroi mobile active circulaire ;
- La figure 4 illustre une réalisation pratique de paroi mobile active carrée ;
- La figure 5 illustre un exemple de montage de l'ensemble du système selon l'invention et ;
- La figure 6 illustre une variante de construction du filtre actif élémentaire

En se référant tout d'abord au schéma de la figure 1, on y a représenté symboliquement une portion de circuit constituée d'un tube cylindrique \underline{c} de rayon \underline{R} , supposé infiniment rigide, et dans lequel on distingue trois portions 1, 2 et 3.

La portion intermédiaire 2 comporte un élément supposé créer sur les parois du tube une condition du type impédancielle :

$$(2.1) \quad P = Z. v_r = \frac{\rho c}{\beta} V_1$$

Dans cette relation, ainsi que dans toutes celles qui vont suivre dans la présente description, les différentes variables et les unités dans lesquelles elles sont exprimées sont les suivantes :

50

55

- P : pression acoustique (en Pascals)
 V_r : vitesse radiale des vibrations de la paroi (en m/s)
 5 Z : impédance acoustique, homogène au produit de la masse volumique du fluide, ρ , par la célérité du son, c , dans le fluide (en kg/m²/s)
 ω : pulsation (en rd/s)
 10 $k = \frac{\omega}{c}$: nombre d'ondes acoustiques (en m⁻¹)
 Φ : potentiel des vitesses (en m²/s)
 β : admittance acoustique de la paroi,

15 et les constantes de séparation (α_m, A_m, \dots) sont adimensionnelles.

Dans cette portion du circuit, il est possible de construire une solution analytique par produit de fonctions à variables séparées. On ne considère ici que les composantes d'ordre nul suivant la variable angulaire, mais le raisonnement pourrait être étendu à des champs de pression non-uniformes suivant l'angle autour de l'axe du conduit, ce qu'exprime la relation :

20

$$(2.2) \quad \Phi(\omega) = \sum_{m=0}^{\infty} [A_m \exp(ik\sigma_m z) + B_m \exp(-ik\sigma_m z)] J_0\left(\frac{A_m z}{R}\right)$$

25

dans laquelle

$$(2.3)$$

30

$$\sigma_m = \sqrt{1 - a_m^2}$$

$$(2.4) \quad A_m = Ka_m R$$

$$(2.5) \quad A_m J_0(A_m) = i\beta k R J_0(A_m)$$

35 Dans le cas où la paroi est rigide, la première constante de séparation A_m est nulle, ce qui conduit à l'existence d'une onde plane

En écrivant la continuité de la pression et de la vitesse axiale aux interfaces entre les portions 1, 2 et 3 du circuit, il est possible d'exprimer l'amplitude de l'onde transmise dans le tube 3 en fonction de l'amplitude de l'onde incidente dans le tube 1. Il apparaît immédiatement que cette amplitude peut être annulée si le nombre σ devient nul. Ceci consiste en fait, à imposer une condition de non-propagation des ondes acoustiques suivant la direction z . On a alors comme conséquence immédiate que la constante de séparation A_m est unitaire, ce qui se traduit pour l'admittance par :

45

$$(2.6) \quad \beta = -i \frac{J_0'(kR)}{J_0(kR)}$$

50 La relation (2.6) doit être complétée par le fait que l'admittance réduite $i\beta k R$ doit être un nombre réel pur dont la valeur doit rester strictement négative afin d'interdire l'existence d'onde quasi plane. Ce type d'onde est représenté par les solutions A_m de l'équation (2.6) à partie réelle nulle et ne peut exister qu'à la condition que la partie imaginaire de l'admittance réduite soit positive ou nulle.

Aux basses fréquences du spectre, cette seule condition portant sur le fait que l'admittance réduite $i\beta k R$ est un nombre réel pur dont le signe est négatif permet d'assurer une condition de non-propagation.

55 En résumé, on constate donc qu'en imposant sur la paroi du tube 2 la condition (2.6) ou une condition approchée pourvu qu'elle soit telle que l'admittance réduite $i\beta k R$ soit un nombre réel négatif, il est possible d'annuler complètement l'onde transmise du tube 1 vers le tube 3 et vice et versa. Cette condition traduit en fait une réponse du type inertiel de la paroi aux sollicitations acoustiques produites par le fluide, ce qui signifie

que les déplacements de la paroi mobile sont en opposition de phase avec la pression acoustique. Le vecteur d'onde est en effet orienté suivant la direction radiale.

5 Ce principe présente divers avantages qui consistent principalement dans le fait que l'on se ramène à une condition locale liant la pression et la vitesse de déformation de la paroi induite par les vibration et que cette condition demeure vraie quelles que soient les perturbations extérieures, l'incohérence du champ de pression, les réflexions sur la terminaison, etc...

10 On peut également noter que le principe n'est pas fondé sur l'existence d'ondes planes comme le sont les systèmes "classiques" antérieurs, mais qu'il concerne tous les types d'onde. Ce système sera donc moins limité en fréquence ou du moins connaîtra des restrictions différentes. A cet effet, on peut remarquer que dans la formule (2.6), le dénominateur s'annule pour les zéros de la fonction de BESSEL ce qui correspond aux fréquences où la paroi est placée sur un noeud de pression. L'admittance est alors infinie, ce qui conduirait à imposer des déplacements de paroi d'amplitude infiniment grandes. En fait, ce problème pourrait être contourné en utilisant plusieurs étages de "filtres" de diamètres différents, mais de longueurs très courtes, qui fonctionneraient dans des bandes de fréquences différentes. Ces filtres seront dans la pratique constitués de petits transducteurs placés sur la circonférence du tube, ainsi qu'il va être exposé maintenant à propos de plusieurs réalisations pratiques, avec référence aux figures 2 à 5.

15 Si l'on désigne par "paroi mobile active" la portion 2 de la paroi de conduite jouant le rôle de "filtre" pour un train d'onde incident, il est prévu, selon l'invention, d'utiliser, pour réaliser la condition impédancielle précitée sur cette paroi, des systèmes électro-mécaniques du type transducteur, pouvant par exemple utiliser les effets piezo-électriques, qui sont placés de telle sorte qu'ils peuvent assurer une vitesse de déformation de la paroi sur toute la périphérie de celle-ci.

Un moyen pour atteindre ce résultat peut consister, comme illustré à la figure 2, à insérer un transducteur 10 dans un anneau 11, dont les vibrations entraînent des variations uniformes du rayon.

25 Un autre moyen peut consister à répartir régulièrement des éléments transducteurs 12 du type piston tout autour de la conduite C, soit circulaire comme illustrée à la figure 3, soit carrée comme illustrée à la figure 4, auquel cas les transducteurs sont placés respectivement équiangulairement ou sur chaque face.

D'une manière générale, tout système vibrant 12 pouvant être contrôlé par une commande électrique (électro-aimant, piezo-électrique ou analogue) peut être utilisé pour imposer à la paroi C des vibrations induisant des déformations appropriées.

30 Si l'on se réfère plus spécialement à la figure 5, on y a illustré schématiquement un montage permettant le pilotage des éléments 12.

Afin de permettre de pouvoir piloter convenablement les éléments 12 de la paroi mobile, il est nécessaire de connaître la composante uniforme de la pression acoustique. Pour cela, on mesure les forces s'exerçant sur chaque élément constituant la paroi mobile, au moyen de jauges de contrainte, de quartz piezo-électriques ou de microphones 13. Ces signaux de mesure fournissent une évaluation de la pression acoustique uniforme circonférenciellement qui permettent d'en déduire la commande à imposer aux éléments mobiles 12.

Les signaux de pression provenant des éléments de mesure 13 sont ensuite traités par un organe de commande 14 qui en déduira les déplacements à imposer aux éléments de parois mobiles 12. La loi de pilotage est telle que l'impédance locale (rapport entre la pression et la vitesse radiale de déformée) vérifie la loi :

$$40 \quad (3.1) \quad Z(kR) = \frac{P}{V_r}$$

Pour des raisons de faisabilité, on peut être amené à utiliser une loi Z_c approchant au mieux la loi exacte donnée par la formule (3.1). Dans ce cas, la vitesse de déplacement à imposer aux éléments sera donnée par:

$$45 \quad (3.2) \quad V_r = \frac{P}{Z(kR)}$$

Ce système de commande peut utiliser des composants électroniques ou bien utiliser un principe analogue permettant de réaliser la loi (3.2).

50 Si l'on se réfère maintenant à la figure 6, on a représenté une variante du système selon l'invention destinée à obtenir des résultats d'atténuation encore plus performants. En effet, le système décrit précédemment, pour des raisons de faisabilité de la loi de commande, peut présenter des limitations de performances dans certaines bandes de fréquences, particulièrement pour celles qui annulent la fonction de BESSEL J_0 . Dans ce cas, pour obtenir une atténuation sur la bande de fréquence complète, on peut associer plusieurs filtres actifs possédant des caractéristiques de fonctionnement différentes. En augmentant le rayon du filtre, il est en effet possible de décaler dans le spectre, son régime de fonctionnement. En plaçant des filtres de rayons différents 12 et 12' 55 dans la conduite C, on obtiendra ainsi un système d'atténuation plus performant.

Revendications

- 5
1. Procédé pour l'atténuation des ondes acoustiques dans un circuit de circulation de fluide, caractérisé en ce qu'il consiste à insérer dans la paroi d'une conduite appartenant à ce circuit au moins un transducteur imposant à cette paroi une vibration, de manière à créer une paroi mobile active dont les déplacements radiaux sont en opposition de phase avec la pression acoustique locale, de manière à créer une condition de non-propagation des ondes acoustiques et donc de réfléchir les ondes provenant du conduit vers le transducteur.
- 10
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les transducteurs sont répartis de manière uniforme sur tout le pourtour d'une section de la conduite.
- 15
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la conduite étant à section circulaire, les transducteurs sont répartis équiangulairement sur son pourtour.
- 20
4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que, la conduite étant à section carrée, les transducteurs sont placés dans chaque face du carré.
- 25
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, en vue d'assurer le pilotage desdits transducteurs, il est prévu par ailleurs des moyens mesurant les forces s'exerçant sur chaque élément de la paroi mobile, ces mesures fournissant une évaluation de la pression acoustique uniforme sur le pourtour de la conduite et étant ensuite traitées par un organe de commande déterminant à chaque instant les déplacements à imposer aux transducteurs pour qu'ils soient en opposition de phase avec la pression.
- 30
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdits moyens sont choisis entre des jauges de contrainte, des quartz piézo-électriques et des microphones.
- 35
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, en vue de rendre plus performant le système d'atténuation, on place côte à côte dans la conduite des transducteurs de rayons différents.
- 40
- 45
- 50
- 55

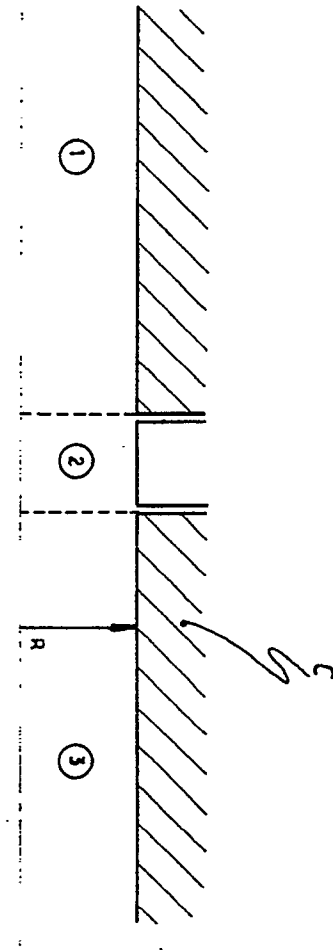


Fig:1

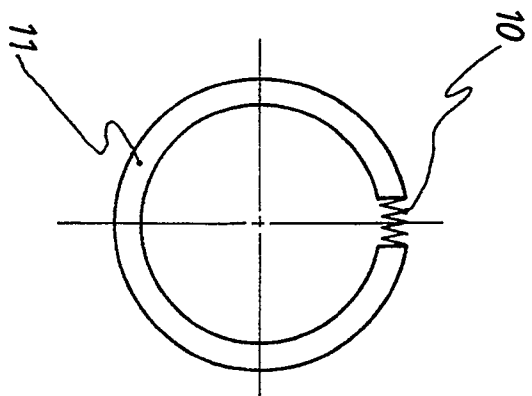
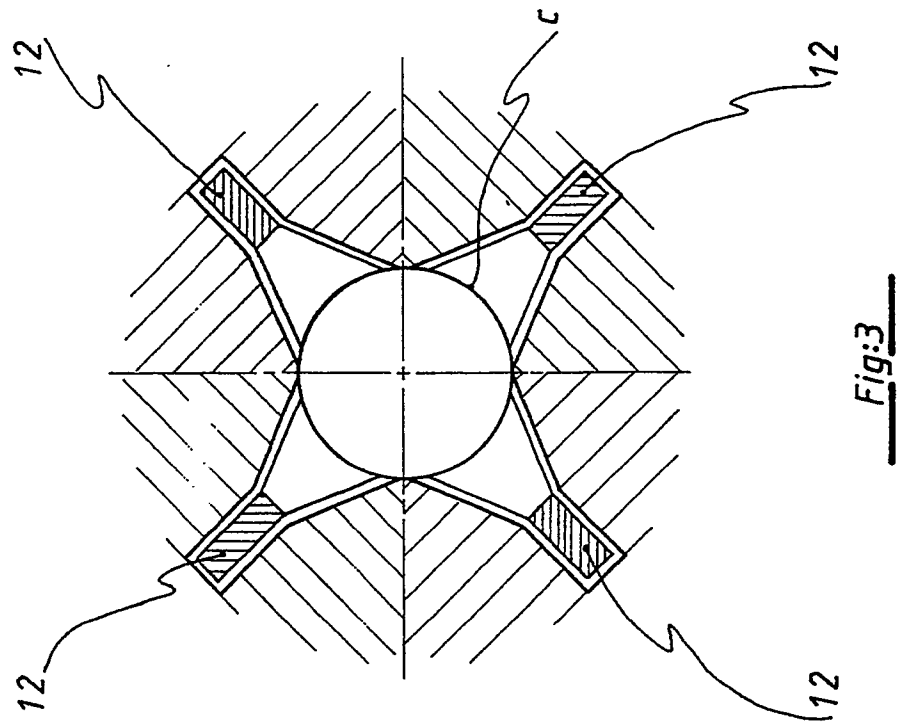
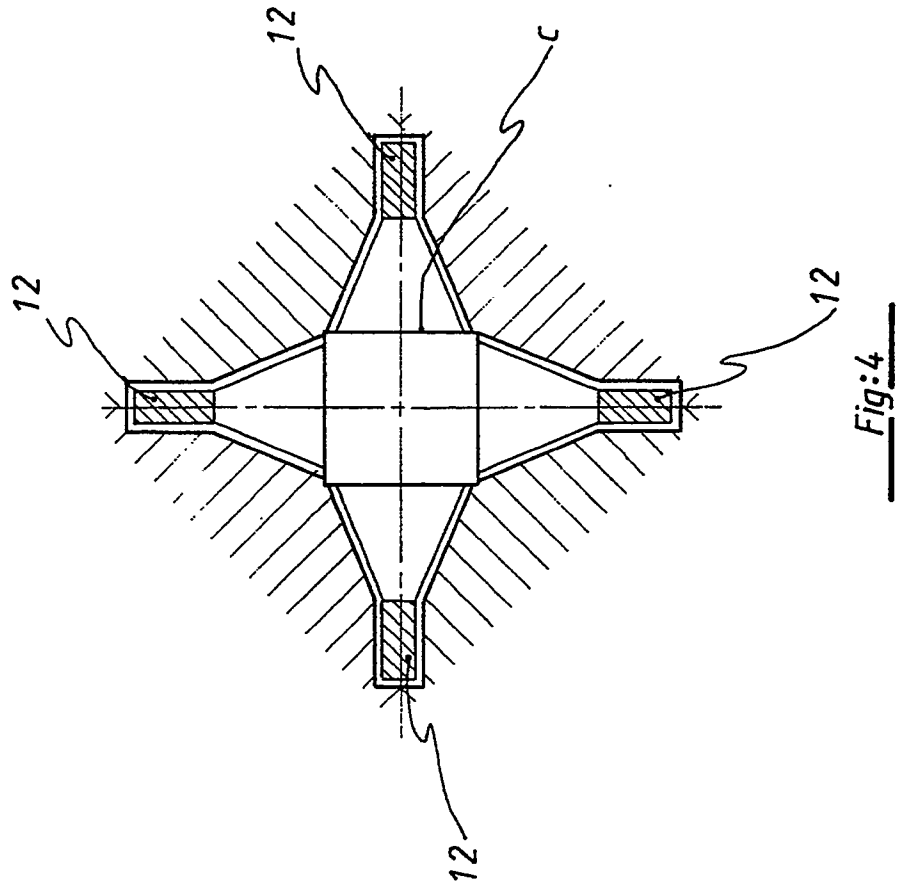


Fig:2



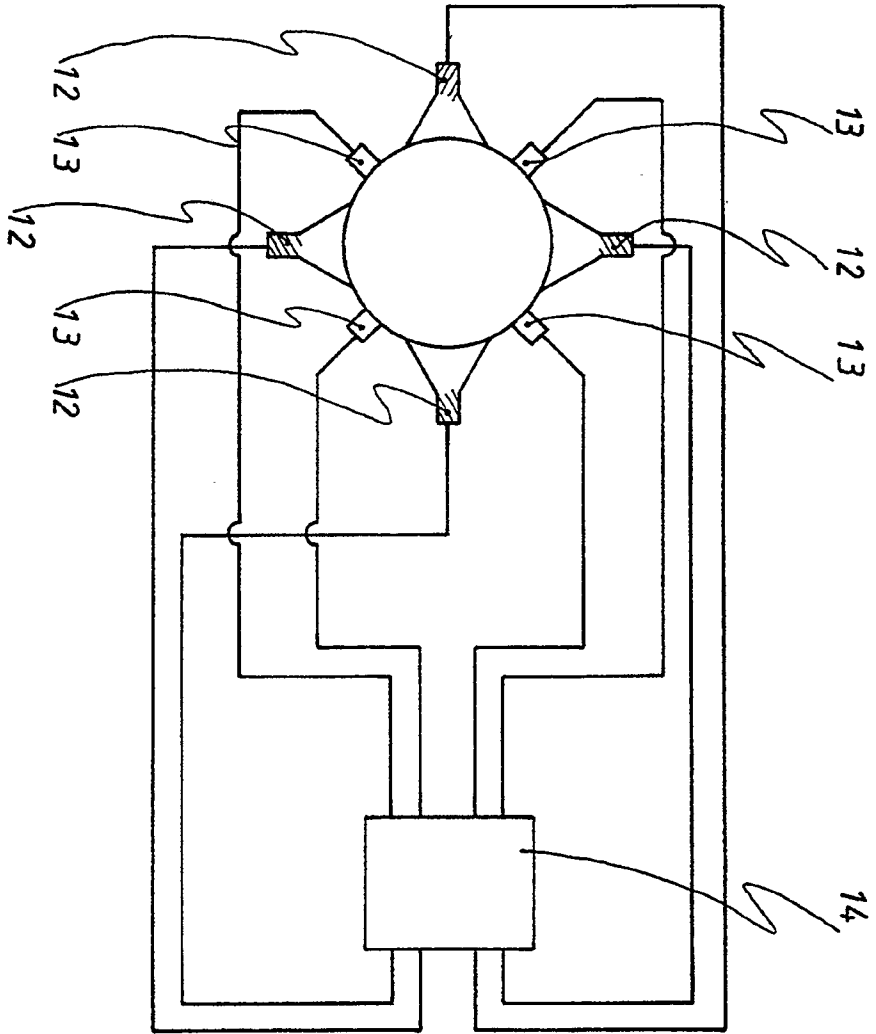


Fig:5

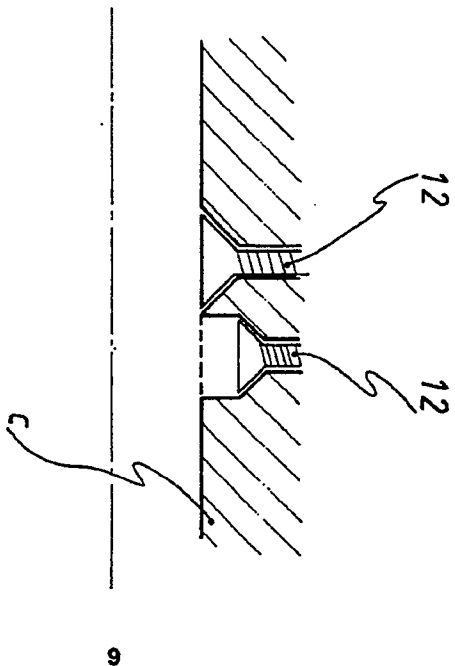


Fig:6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 44 0031

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)
X	US-A-4044203 (M. A. SWINBANKS) * colonne 1, lignes 53 - 65 * * colonne 3, lignes 32 - 57 * * colonne 7, ligne 40 - colonne 8, ligne 4 * * figures 6, 7 *	1-4	G10K11/16
Y	---	5-7	
Y	FR-A-2632473 (INSTITUT FRANCO-ALLEMAND DE RECHERCHES DE SAINT-LOUIS) * page 3, ligne 37 - page 5, ligne 8; figures 1, 4, 5 *	5, 6	
Y	US-A-4171465 (M. A. SWINBANKS) * colonne 5, lignes 10 - 36 *	7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G10K F16L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications.			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 30 JUILLET 1991	Examinateur SWARTJES H. M.
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 I : 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			

EPO FORM 1503 03.92 (P/0402)