

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 01.04.92.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la demande : 08.10.93 Bulletin 93/40.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : UNIVERSITE PAUL SABATIER
TOULOUSE III Etablissement public à caractère
scientifique, culturel et professionnel — FR et ECOLE
NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE ET DES
MICROTECHNIQUES Etablissement public à
caractère administratif — FR.

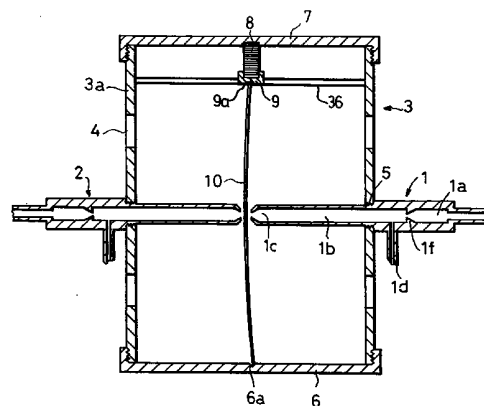
⑦② Inventeur(s) : André Pierre, Bourquin Roger, Caen
Robert et Colin Stéphane.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Cabinet Barré Laforgue & associés.

⑤④ Dispositif de modulation d'énergie d'un distributeur de fluide, et modulateurs d'énergie équipés d'un tel dispositif.

⑤⑦ L'invention concerne un dispositif de modulation d'énergie d'un distributeur de fluide (1, 2), comportant une lame élastique (10) agencée pour agir sur le degré d'ouverture d'au moins un passage de fluide (1c) dudit distributeur de fluide. Selon l'invention, la lame (10) présente un pré-flambement initial, et est maintenue entre deux appuis (6, 9) aptes à subir un déplacement relatif destiné à faire varier le flambement de cette lame de part et d'autre de sa position initiale de pré-flambement. L'invention s'étend, en outre, à des modulateurs d'énergie équipés d'un tel dispositif.



DISPOSITIF DE MODULATION D'ENERGIE D'UN DISTRIBUTEUR
DE FLUIDE, ET MODULATEURS D'ENERGIE
EQUIPES D'UN TEL DISPOSITIF.

5 L'invention concerne un dispositif de modulation d'énergie d'un distributeur de fluide et s'étend à des modulateurs d'énergie équipés d'un tel dispositif.

Depuis quelques années, les servovalves ou modulateurs d'énergie sont d'un usage courant dans le
10 domaine de la périrobotique où elles constituent un des éléments essentiels. Ces servovalves présentent un mode de fonctionnement proportionnel par opposition à une électrovanne qui travaille en tout ou rien. Il s'agit d'organes de commande dont le rôle consiste à réaliser une
15 interface entre une entrée électrique généralement pilotée par ordinateur et un actionneur fluide. Les servovalves sont constituées d'une partie électromécanique et d'une partie fluide.

La partie électromécanique transforme
20 l'énergie électrique en énergie mécanique utilisée pour actionner la partie fluide. Elle est, en règle générale, soit de type électrodynamique (aimant permanent fixe et bobine mobile), soit du type réluctant polarisé plus connu sous le nom de moteur couple (deux aimants permanents, deux
25 bobines fixes, et une armature mobile), soit de type réluctant (électro-aimant proportionnel composé d'une bobine fixe et d'un noyau mobile).

La partie fluide comporte, quant à elle, un étage de sortie connecté en aval à un effecteur (vérin,
30 moteur). Selon le cas, cet étage de sortie est directement commandé en amont, soit par la partie électromécanique (servovalve à un étage), soit par l'intermédiaire d'un premier étage fluide (servovalve à deux étages). Les principales technologies mises en oeuvre pour réaliser l'un
35 ou l'autre de ces étages sont les suivantes :

- dispositif de partage de débit ou "Jet-pipe" : ce dispositif fonctionne en modulation d'énergie cinétique par orientation d'un jet vers deux orifices récepteurs

connectés aux chambres de travail d'un effecteur. La répartition de débit vers l'un ou l'autre orifice récepteur se traduit par un déplacement ou la création d'un effort ;

- 5 - potentiomètre à fluide ou système buse-palette : ce dispositif fonctionne en modulation de pression. Une fuite réglable entre une buse et une palette mobile influe sur la perte de charge créée par un orifice amont disposé entre une chambre amont et une chambre aval.
- 10 Cette fuite a pour effet de régler la pression dans la chambre aval et donc la pression d'utilisation disponible en sortie de cette chambre,
- distributeur à tiroir : ce dispositif est généralement destiné à fournir un débit et comporte un tiroir mobile
- 15 dans une chemise fixe. Le réglage des débits s'effectue à l'aide de gorges ou de lumières pratiquées dans la chemise, par translation ou rotation du tiroir.

L'inconvénient majeur des servovalves décrites ci-dessus réside dans le fait que leur partie

20 électromécanique est relativement lourde et encombrante dans l'optique de leur utilisation dans le domaine de la robotique. Cet inconvénient est par contre solutionné par des servovalves dont la partie électromécanique est de type piézoélectrique et utilise la flexion d'une lame souple

25 prise en sandwich entre deux couches céramiques polarisées. Une servovalve conçue selon ce principe est, en particulier, décrite dans le brevet US 4.535.810.

Toutefois, ce type de servovalve présente également des inconvénients. En effet, deux des impératifs

30 en vue d'obtenir un fonctionnement correct des servovalves sont, d'une part, de disposer au droit de la partie fluidique d'un déplacement suffisant pour assurer une modulation convenable, et d'autre part, que les éléments mobiles de la partie électromécanique ne subissent pas de

35 vibrations.

Or, lorsque le déplacement est assuré par une lame piézoélectrique en flexion encastrée à une extrémité, comme décrit dans le brevet US 4.535.810, celle-

ci est très sensible aux efforts liés à la pression des jets ou à toute force sollicitant ladite lame. Par conséquent, les déplacements de la lame sont difficiles à piloter à cause de la sensibilité d'une telle lame en flexion soumise à des déflexions parasites dues aux efforts des jets, à des écoulements internes, des accélérations... De plus, les fortes interactions entre la lame et le fluide ont, pour autre conséquence, des vibrations de ladite lame qui se traduisent par une instabilité de fonctionnement de la servovalve et donc du dispositif piloté.

La présente invention vise à pallier les inconvénients précités des servovalves actuelles et a pour principal objectif de fournir un dispositif de modulation d'énergie d'un distributeur de fluide, d'une part présentant de faibles poids et encombrement, compatibles avec une utilisation en robotique, et d'autre part beaucoup moins sensible à des phénomènes de vibration tout en permettant de disposer d'un déplacement suffisant.

Un autre objectif est de fournir un dispositif de modulation d'énergie pouvant être utilisé pour actionner les principaux types de distributeur de fluide actuels tels que "Jet-pipe", potentiomètre à fluide, distributeur à tiroir...

Un autre objectif est de fournir un modulateur d'énergie à potentiomètre fluïdique facilement miniaturisable.

Un autre objectif est de fournir un modulateur d'énergie à potentiomètre fluïdique à impédance variable.

A cet effet, l'invention vise un dispositif de modulation d'énergie d'un distributeur de fluide, comportant une lame élastique agencée pour agir sur le degré d'ouverture d'au moins un passage de fluide dudit distributeur de fluide. Selon l'invention, ce dispositif se caractérise en ce que la lame présente un pré-flambement initial, et est maintenue entre deux appuis aptes à subir un déplacement relatif destiné à faire varier le flambement

de la lame de part et d'autre de sa position initiale de pré-flambement.

En premier lieu et de par sa conception, le dispositif selon l'invention présente un poids et un encombrement totalement compatibles avec les impératifs inhérents à une utilisation dans le domaine de la robotique.

De plus, ce dispositif permet d'obtenir des déplacements suffisants tout en présentant une certaine raideur et une quasi absence d'hystérésis ; il constitue, en effet, un amplificateur de déplacement par déformation, donc pratiquement sans frottements, qui permet à partir d'un faible déplacement longitudinal d'une extrémité de la lame, d'obtenir dans la direction perpendiculaire un déplacement de la partie médiane beaucoup plus important, avec un rapport de l'ordre de dix.

En outre, la lame, notamment du fait qu'elle est maintenue entre deux appuis, est notablement moins susceptible qu'une lame en flexion encastrée à une extrémité, de présenter des vibrations pénalisantes pour le fonctionnement.

Il est à noter, en outre, que ce risque de vibrations est également atténué du fait que l'on maîtrise le choix de la lame qui peut être adaptée aux besoins car elle n'a pas à présenter de caractéristiques piézoélectriques.

Selon un mode de réalisation préférentiel, ce dispositif de modulation d'énergie comprend des moyens de réglage de la distance initiale entre appuis adaptés pour permettre de conférer à la lame une position de pré-flambement prédéterminée.

Cette disposition permet, d'une part, de modifier à volonté le pré-flambement initial et, d'autre part, d'utiliser une lame plane qui va pouvoir se déformer de part et d'autre de sa position initiale de flambement sans avoir à être solidarisée aux appuis de façon à suivre les déplacements de ces derniers. La lame peut ainsi, de façon avantageuse, être simplement maintenue en dotant

chaque appui d'une rainure en forme de coin adaptée pour loger une extrémité de cette lame qui se trouve comprimée entre les appuis.

Une première application du dispositif de modulation d'énergie selon l'invention consiste en la réalisation d'un capteur d'efforts à sortie fluïdique. A cet effet, ce dispositif est associé à un potentiomètre à fluïde doté d'une buse de fuite et disposé de façon que ladite buse de fuite se trouve en regard de la lame, sensiblement à mi-longueur de cette dernière. De plus, le dispositif comprend alors des moyens élastiques de raideur supérieure à celle de la lame, s'étendant entre les deux appuis, et solidarisés à ces derniers, de façon à former avec le potentiomètre à fluïde un capteur d'effort à sortie fluïdique dont les deux appuis constituent des faces d'extrémité destinées à être fixées à des corps entre lesquels doivent être mesurées des composantes de force.

Un tel capteur peut être facilement étalonné en fonction de l'effort maximal auquel doivent être soumis les appuis. En effet, connaissant d'une part la variation utile de débattement de la lame pour assurer la modulation du potentiomètre, et, par conséquent, la longueur du déplacement longitudinal engendrant ce débattement, et d'autre part, la force maximale à laquelle doit être soumis le capteur, on peut en déduire facilement la raideur des éléments élastiques nécessaire.

Par ailleurs, selon un mode de réalisation préférentiel visant à fournir un dispositif de modulation d'énergie particulièrement destiné à constituer la partie électromécanique d'un modulateur fluïdique, au moins un des appuis comporte un élément, tel que notamment un empilage piézoélectrique ou magnétostrictif, apte à subir une déformation longitudinale, dilatation ou contraction, sous l'effet d'une variation d'une grandeur électrique, tension ou courant, ledit élément étant connecté à une source électrique et agencé pour engendrer des déplacements longitudinaux de la lame élastique lors de ses déformations.

Un tel dispositif de modulation d'énergie utilisé comme partie électromécanique d'un modulateur fluïdique présente l'avantage d'être réalisé à partir d'éléments de faibles poids et encombrement fournissant un
5 faible déplacement longitudinal qui, grâce à l'amplification permet toutefois de réguler un modulateur fluïdique.

Une première application consiste en un modulateur fluïdique comportant le dispositif de modulation
10 ci-dessus décrit et au moins un potentiomètre doté d'une chambre amont, d'une chambre aval comportant une buse de fuite et une sortie d'utilisation, et d'une restriction séparant les chambres amont et aval et comportant un orifice, dit amont, de passage de fluïde, ledit
15 potentiomètre étant disposé de façon que la buse de fuite se trouve en regard de la lame, sensiblement à mi-longueur de cette dernière.

La lame élastique joue, dans ce cas, le rôle de palette du potentiomètre. Si le faible déplacement
20 longitudinal de son extrémité est engendré par exemple par l'extension ou la contraction d'un empilage piézoélectrique (de l'ordre de 15 à 30 microns par exemple), le déplacement transversal de son point milieu, égal sensiblement à dix fois le déplacement longitudinal, est suffisant pour
25 assurer la régulation du (ou des) potentiomètre(s).

En outre, la force développée au niveau du point milieu de la lame est sensiblement égale à celle développée par l'empilage multipliée par le rapport déplacement longitudinal/déplacement transversal. Dans la
30 pratique, la valeur de cette force est de l'ordre de la dizaine de Newtons et s'avère largement suffisante pour contrer les efforts d'origine fluïdique. Par comparaison, et pour un même déplacement, une lame piézoélectrique de type courant, travaillant en flexion et encastrée à une
35 extrémité, développe au maximum 0,01 Newton.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le modulateur fluïdique à potentiomètre selon l'invention comprend pour chaque potentiomètre, une tige

solidaire de la lame élastique, agencée pour s'étendre dans la chambre aval et au moins partiellement dans la chambre amont dudit potentiomètre, au travers de la buse de fuite et de l'orifice amont, ladite tige portant un obturateur
5 disposé dans la chambre amont et adapté pour faire varier la section de l'orifice amont lors des déplacements de la lame élastique.

En premier lieu, un tel modulateur fluïdique présente les mêmes qualités que celui décrit dans
10 le brevet US 4.535.810, à savoir, d'une part, légèreté et faible encombrement et, d'autre part, très grande sensibilité. Concernant ce deuxième point, en effet, pour un déplacement relativement faible de la lame en flambement devant la buse de fuite, on arrive à réguler la pression
15 dans la chambre aval du potentiomètre entre la pression atmosphérique et la pression d'alimentation.

En outre, un tel modulateur fluïdique permet de réduire la consommation en débit d'alimentation. En effet, lorsque la buse de fuite est obturée, et de façon
20 classique, on ne consomme rien. Mais, de plus, lorsque la lame se trouve éloignée de sa distance maximale de la buse de fuite, on tend vers une fermeture totale de l'orifice amont, donc, dans ce cas également, on ne consomme rien. L'intérêt de cette disposition réside dans le fait que,
25 lorsqu'on désire une pression très basse au niveau de la sortie d'utilisation du potentiomètre, on ne consomme pratiquement pas de débit, alors qu'avec les potentiomètres classiques, l'obtention de cette basse pression nécessite un débit de fuite maximal.

30 Par ailleurs, la forme de l'obturateur peut être adaptée et modifiée de façon à changer la forme des caractéristiques et notamment à tendre vers une caractéristique linéaire.

Un autre intérêt de l'invention réside dans
35 le fait qu'un modulateur d'énergie à potentiomètre de fluïde comportant un dispositif de modulation d'énergie tel que décrit ci-dessus, se prête de façon aisée à la miniaturisation par un procédé d'usinage chimique.

Dans ce cas, et selon une autre caractéristique de l'invention, ce modulateur d'énergie comprend :

- 5 - une première plaque en un matériau anisotrope comportant des zones évidées définissant la surface de chaque potentiomètre, des fenêtres encadrant une bande longitudinale non évidée de faible largeur constituant la lame élastique, et un logement séparé des fenêtres et adjacent à celles-ci, adapté pour loger un élément
10 déformable longitudinalement, tel qu'un empilage piézoélectrique, disposé dans le prolongement de la lame élastique, de l'extrémité de laquelle il se trouve séparé par une bande non évidée de largeur adaptée pour assurer une fonction de rappel en position orginiale de la lame
15 de flambement,
- deux plaques prenant la première plaque "en sandwich" une desdites plaques comprenant des ajutages disposés de façon à constituer l'entrée d'alimentation et une sortie
20 d'utilisation de chaque potentiomètre, et des orifices de mise à l'atmosphère de chaque fenêtre.

Unè autre application de l'invention consiste en un modulateur fluïdique comportant le dispositif de modulation conforme à l'invention, et un distributeur à tiroir à au moins deux voies, tel que
25 notamment utilisé comme deuxième étage d'une servovalve de puissance, le tiroir dudit distributeur étant adapté pour modifier le degré d'ouverture de chacune des voies et comportant une extrémité solidarisée à la lame élastique du dispositif de modulation, sensiblement à mi-longueur de
30 cette dernière.

Comme pour le modulateur à potentiomètre fluïdique, une faible contraction ou extension de l'élément déformable longitudinalement est amplifiée, et le déplacement du point milieu de la lame élastique est
35 suffisant pour actionner le tiroir du distributeur. Là encore, la force disponible au niveau du point milieu de la lame est suffisante pour entraîner le tiroir, celui-ci étant en outre, en général hydrostatiquement équilibré.

Une autre application de l'invention consiste en un modulateur fluïdique comportant le dispositif de modulation conforme à l'invention et un distributeur à jet comportant un injecteur doté d'une
5 sortie de fluïde disposée en regard de deux orifices récepteurs, et des moyens de positionnement relatifs desdits injecteur et orifices récepteurs, associés à la lame élastique et adaptés pour modifier la répartition du débit de fluïde pénétrant dans chacun des orifices récepteurs en
10 fonction du déplacement de ladite lame élastique.

En outre, selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens de positionnement comportent des organes-supports reliant l'injecteur à la lame élastique de façon à faire subir audit injecteur un
15 débattement angulaire proportionnel au déplacement de ladite lame élastique.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui suit en référence aux dessins annexés qui en
20 représentent à titre d'exemples non limitatifs des modes de réalisation préférentiels. Sur ces dessins qui font partie intégrante de la présente description :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un modulateur fluïdique à double
25 potentiomètre conforme à l'invention,

- la figure 2 est une courbe représentant diverses caractéristiques d'un potentiomètre à obturateur variable tel que représenté à la figure 3,

- la figure 3 est un schéma représentant un
30 modulateur fluïdique à potentiomètre à impédance variable, conforme à l'invention,

- la figure 4 est une vue en perspective, à échelle agrandie, de deux plaques constituant un modulateur fluïdique miniaturisé à double potentiomètre conforme à
35 l'invention,

- la figure 5 est un schéma représentant un modulateur fluïdique à distributeur à tiroir conforme à l'invention,

- la figure 6 est un schéma représentant un modulateur fluïdique à distributeur à jet conforme à l'invention,

- et la figure 7 est un schéma représentant un capteur à sortie fluïdique, conforme à l'invention.

Les modulateurs fluïdiques et capteur à sortie fluïdique représentés à titre d'exemples aux figures 1, 3,, 4, 5, 6, 7 comportent tous un dispositif de modulation d'énergie conforme à l'invention, c'est-à-dire comportant une lame travaillant en flambement autour d'une position légèrement déformée. Selon ce principe un très faible déplacement longitudinal de l'extrémité de la lame entraîne, dans la direction perpendiculaire, un déplacement beaucoup plus important.

Ce dispositif de modulation d'énergie constitue donc un amplificateur de déplacement par déformation, donc pratiquement sans frottement, qui permet de réguler un modulateur fluïdique à partir d'un faible déplacement.

La première application représentée à la figure 1 consiste en un modulateur fluïdique à deux potentiomètres ou buses 1, 2 comportant chacun, de façon classique, une chambre amont telle que 1a reliée à une source d'alimentation en fluïde, une chambre aval telle que 1b, dotée d'une buse de fuite telle que 1c et d'une sortie d'utilisation telle que 1d, et une restriction telle que 1f séparant les chambres amont 1a et aval 1b et comprenant un orifice amont de passage de fluïde débouchant dans la chambre aval 1b.

Ce modulateur comprend, en premier lieu, un boîtier 3 de forme tubulaire dont les deux faces frontales sont ouvertes et dont la paroi périphérique 3a est percée d'orifices d'évent tels que 4. La paroi périphérique 3 de ce boîtier comporte, en outre, deux orifices taraudés 5 diamétralement opposés.

Ces orifices taraudés 5 sont destinés à loger chacun un des potentiomètres 1, 2 dont le corps présente à cet effet un tronçon fileté extérieurement de

façon à permettre de régler la longueur de pénétration desdits potentiomètres à l'intérieur du boîtier 3.

Ce modulateur comprend, en outre, deux capots, inférieur 6 et supérieur 7, adaptés pour venir se visser sur le boîtier 3 de façon à obturer chacun une des faces frontales dudit boîtier.

Le capot supérieur 7 comporte une face interne dotée d'un évidement central de forme adaptée pour loger l'extrémité d'un empilage piézoélectrique 8, par exemple constitué d'éléments en quartz ou céramique piézoélectrique. L'autre extrémité de cet empilage 8 est quant à elle coiffée d'un chapeau 9 dont la face inférieure comporte une rainure 9a en forme de coin. Le guidage et le centrage du chapeau 9 sont assurés par une suspension élastique 36 en vue de minimiser les frottements. Cette suspension 36 peut par exemple être constituée de deux diaphragmes travaillant axialement.

Le capot inférieur 6 comporte, quant à lui, une face interne dotée d'une rainure 6a en forme de coin conjuguée de celle du chapeau 9 et disposée à l'aplomb de celle-ci.

Le modulateur comprend enfin une lame élastique 10, réalisée au moyen d'un alliage cuivreux adapté pour permettre d'obtenir une sensibilité quasi nulle aux variations de température. Cet alliage peut par exemple consister en un alliage bronze-béryllium en raison des qualités élastiques et de la bonne résistance à l'oxydation et à la fatigue de ce matériau. Cette lame 10 est disposée à l'intérieur du boîtier 3 de façon que ses extrémités reposent dans les rainures 9a, 6a en forme de coin du chapeau 9 et du capot inférieur 6.

La longueur de cette lame 10 est, en outre, adaptée pour qu'elle subisse un pré-flambement destiné à lui communiquer une légère flèche initiale.

Par ailleurs, l'empilage piézoélectrique 8, le chapeau 9 et les orifices taraudés 5 du boîtier 3 sont conçus pour que les buses de fuite 1c des potentiomètres 1, 2 se trouvent à mi-longueur de la lame 10, c'est-à-dire en

regard de la zone de ladite lame qui subit un déplacement transversal maximal lors d'un déplacement longitudinal de son extrémité.

De plus, il convient de noter que, d'une part, la distance initiale lame 10/buses de fuite 1c peut être affinée en jouant sur la longueur de pénétration de potentiomètres 1, 2, et que, d'autre part, la flèche initiale de la lame 10 peut être affinée par vissage ou dévissage de l'un ou des capots 6, 7.

Le principe de fonctionnement d'un tel modulateur est le suivant : sous l'effet d'une tension de commande, l'empilage piézoélectrique 8 subit une contraction ou une extension qui déforme la lame 10 maintenue non encastrée entre ledit empilage et le capot inférieur 6, et par conséquent entraîne une modification de la pression différentielle dans les chambres des potentiomètres 1, 2.

Bien que les déplacements en extrémité de la lame 10 soient faibles, d'une part, les efforts disponibles sont importants et, d'autre part, l'amplification de ces déplacements permet le pilotage de ce modulateur.

(Dans toute la suite, les mêmes références 1, 2, 8, 10 seront utilisées pour désigner les potentiomètres à fluide, l'empilage piézoélectrique et la lame).

La figure 3 représente une deuxième application selon l'invention consistant en un modulateur fluïdique comportant un potentiomètre à fluide (ou deux, le deuxième étant représenté en traits pointillés sur la figure) à impédance variable.

Ce modulateur comporte, pour chaque potentiomètre 1, 2, une tige 11 solidaire de la lame flexible 10, à mi-longueur de cette dernière, s'étendant dans la chambre aval 1b et partiellement dans la chambre amont 1a dudit potentiomètre. Vers l'extrémité de cette tige 11 est solidarisé un obturateur 12 disposé dans la

chambre amont 1a et adapté pour faire varier la section de l'orifice amont.

La position de cet obturateur 12 sur la tige 11 peut être réglée en fonction du débattement maximal de la lame 10 entre le point d'obturation totale de la buse de fuite 1c et le point d'obturation totale de l'orifice amont. Ce débattement est appelé emax. La forme de l'obturateur 12 peut permettre, en outre, de jouer sur la sensibilité du potentiomètre 1 et, éventuellement, de corriger les effets non linéaires en utilisant par exemple le principe décrit dans le brevet français n° 91.04325.

La figure 2 représente les caractéristiques statiques obtenues avec un seul potentiomètre pneumatique 1 du type ci-dessus décrit, avec de l'air délivré à une pression d'alimentation P_i de 6 bars et en faisant varier emax. Ainsi, la courbe I correspond à un emax de 1 mm, la courbe II à un emax de 0,4 mm, la courbe III à un emax de 0,2 mm et la courbe IV à un emax de 0,1 mm. En outre, sur cette figure :

$$P^* = \frac{P_c - P_a}{P_i - P_a}$$

où P_c est la pression dans la chambre aval et P_a la pression extérieure.

On constate que dans tous les cas de figure, le rendement est proche de 1 et supérieur à celui d'un potentiomètre classique avec lequel on ne peut atteindre la pression extérieure. De plus, ce dispositif est intéressant au niveau de la consommation en fluide. En effet, pour les petites et grandes valeurs de P^* , le débit de fuite est quasiment nul.

On constate également sur cette figure 2, que pour une géométrie donnée du potentiomètre, si l'on effectue un choix convenable du débattement total de la lame, on peut obtenir une évolution P^* fonction de e qui présente une bonne linéarité sur toute la plage de fonctionnement.

La figure 4 représente un modulateur fluide miniaturisé, à double potentiomètre fluide,

réalisé par un procédé chimique au moyen de plaques en un matériau anisotrope.

Ce modulateur fonctionne selon le même principe que celui décrit en référence à la figure 1.

5 Ce modulateur comprend une première plaque 13 comportant des zones évidées définissant :

- les surfaces de deux potentiomètres 1, 2 dotés classiquement d'une chambre amont 1a, d'une chambre aval 1b dotée d'une buse de fuite 1c et d'une restriction 1f, 10 lesdits potentiomètres étant ménagés avec leur buse de fuite en vis-à-vis,
- quatre fenêtres 14, 15, 16, 17 réparties deux à deux symétriquement de part et d'autre d'un potentiomètre 1, 2, lesdites fenêtres étant ménagées de façon à délimiter 15 entre les buses de fuite une bande longitudinale non évidée de faible largeur présentant une courbure prédéterminée et constituant la lame élastique 10,
- un logement 18 séparé des fenêtres 14-17 et adjacent à deux 16, 17 de celles-ci adapté pour loger un empilage piézoélectrique 8, disposé dans le prolongement de la 20 lame élastique 10 de l'extrémité de laquelle il est séparé par une bande 19 non évidée de faible largeur adaptée pour assurer une fonction de rappel en position originale de la lame en flambement.

25 Sur cette plaque est, en outre, gravée une rainure 20 non débouchante reliant les chambres amont des deux potentiomètres.

Par ailleurs, un réglage du pré-flambement de la lame 10 peut être assuré par déformation, par tout 30 moyen connu en soi, de la largeur de la plaque 13 délimitant le logement 18 et sur laquelle prend appui l'empilage piézoélectrique.

Le modulateur comprend, par ailleurs, une deuxième plaque 21 destinée à être accolée à la première et 35 comportant des ajutages 22, 23, 24 destinés à constituer une entrée d'alimentation en fluide 22 et les sorties d'utilisation 23, 24 de chaque potentiomètre 1, 2. Cette

plaque 21 comporte également quatre orifices tels que 25 de mise à l'air libre des fenêtres 14-17.

Enfin, ce modulateur comprend une troisième plaque (non représentée) destinée à être accolée à l'autre face de la première plaque 13.

La figure 5 représente schématiquement une autre application comportant le dispositif de modulation d'énergie doté de sa lame élastique 10 et de son empilage piézoélectrique 8, utilisé pour actionner le tiroir 26 d'un distributeur classique 27 à deux voies d'utilisation.

Tel que représenté le tiroir 26 est solidarisé à la lame 10, à mi-longueur de cette dernière, et est déplacé grâce à la force disponible en ce point milieu.

La figure 6 représente schématiquement une autre application comportant le dispositif de modulation d'énergie doté de sa lame élastique 10 et de son empilage piézoélectrique 8 utilisé pour actionner un distributeur à jet.

Ce distributeur à jet comporte classiquement un injecteur 28 doté d'une sortie de fluide disposée en regard de deux orifices récepteurs 29, 30, et porté par des organes supports. Ces organes-supports comportent, en premier lieu, une lame rigide 31 dotée d'une extrémité libre sur laquelle est fixé l'injecteur 28 et d'une autre extrémité articulée sur un appui fixe.

Les organes supports comportent, en outre, un axe 32 solidaire de la lame élastique 10, à mi-longueur de cette dernière, et reliant ladite lame à la lame rigide 31 au niveau d'un point intermédiaire de cette dernière.

Lors de l'extension ou de la contraction de l'empilage piézoélectrique 8, le déplacement du point milieu de la lame élastique 10 est, selon le même principe que précédemment, suffisant pour actionner l'injecteur 28 du modulateur à jet. Cet actionnement peut dans ce cas être en outre réalisé avec une amplification de rapport $L2/L1$ où $L2$ est la longueur de la lame rigide 31 et $L1$ la distance

entre l'appui de cette lame et son articulation sur la lame élastique 10.

La figure 7 représente schématiquement une autre application consistant en un capteur d'effort à
5 sortie fluïdique. Ce capteur comporte un dispositif de modulation d'énergie doté de la seule lame élastique 10, et un potentiomètre à fluïde 1 dont la buse de fuite est disposée en regard de la lame 10, à mi-longueur de cette dernière.

10 En outre, le capteur comporte deux faces d'extrémité 33, 34, entre lesquelles est disposée la lame élastique 10, destinées à être fixées à des corps entre lesquels doivent être mesurées des composantes de force.

15 Ce capteur comporte enfin un élément élastique 35 de raideur très supérieure à celle de la lame, fonction des efforts auxquels doit être soumis le capteur, reliant les deux faces d'extrémité 33, 34. Un tel capteur permet de déterminer des composantes de force entre deux
20 potentiomètre fluïdique 1.

REVENDEICATIONS

1/ - Dispositif de modulation d'énergie d'un distributeur de fluide, comportant une lame élastique (10) agencée pour agir sur le degré d'ouverture d'au moins
5 un passage de fluide dudit distributeur de fluide, caractérisé en ce que la lame (10) présente un pré-flambement initial, et est maintenue entre deux appuis (6, 9 ; 33, 34) aptes à subir un déplacement relatif destiné à faire varier le flambement de la lame (10) de part et
10 d'autre de sa position initiale de pré-flambement.

2/ - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de réglage (6, 7) de la distance initiale entre appuis adaptés pour permettre de conférer à la lame (10) une position de pré-
15 flambement prédéterminée.

3/ - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque appui (6, 9) comporte une rainure (6a, 9a) en forme de coin adaptée pour loger une extrémité de la lame élastique (10) maintenue comprimée
20 entre lesdits appuis.

4/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, de modulation d'un potentiomètre à fluide (1) doté d'une buse de fuite (1c) et disposé de façon que ladite buse de fuite se trouve en regard de la
25 lame (10), sensiblement à mi-longueur de cette dernière, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend des moyens élastiques (35) de raideur supérieure à celle de la lame (10), s'étendant entre les deux appuis (33, 34), et solidarisés à ces derniers, de façon à former avec le
30 potentiomètre à fluide (1) un capteur d'effort à sortie fluide dont les deux appuis (33, 34) constituent des faces d'extrémité destinées à être fixées à des corps entre lesquels doivent être mesurées des composantes de force.

5/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que au moins un des
35 appuis (9) comporte un élément (8), tel que notamment un empilage piézoélectrique ou magnétostrictif, apte à subir une déformation longitudinale, dilatation ou contraction,

sous l'effet d'une variation d'une grandeur électrique, tension ou courant, ledit élément étant connecté à une source électrique et agencé pour engendrer des déplacements longitudinaux de la lame élastique (10) lors de ses déformations.

6/ - Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la lame élastique (10) est réalisée au moyen d'un alliage cuivreux (par exemple bronze béryllium), adapté pour permettre d'obtenir une sensibilité quasi nulle aux variations de température.

7/ - Modulateur fluïdique, caractérisé en ce qu'il comprend, en combinaison :

- un dispositif de modulation conforme à l'une des revendications 5 et 6, dont la lame (10) est destinée à jouer le rôle de variateur du débit de fuite dudit modulateur,

- au moins un potentiomètre (1, 2) doté d'une chambre amont (1a), d'une chambre aval (1b) comportant une buse de fuite (1c) et une sortie d'utilisation (1d), et d'une restriction (1f) séparant les chambres amont et aval et comportant un orifice, dit amont, de passage de fluïde, ledit potentiomètre étant disposé de façon que la buse de fuite (1c) se trouve en regard de la lame (10), sensiblement à mi-longueur de cette dernière.

8/ - Modulateur fluïdique selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque potentiomètre (1, 2), une tige (11) solidaire de la lame élastique (10), agencée pour s'étendre dans la chambre aval (1b) et au moins partiellement dans la chambre amont (1a) dudit potentiomètre, au travers de la buse de fuite (1c) et de l'orifice amont, ladite tige portant un obturateur (12) disposé dans la chambre amont (1a) et adapté pour faire varier la section de l'orifice amont lors des déplacements de la lame élastique (10).

9/ - Modulateur fluïdique selon la revendication 7, réalisé par un procédé d'usinage chimique, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une première plaque (13) en un matériau anisotrope comportant des zones évidées définissant la surface de chaque potentiomètre (1, 2), des fenêtres (14-17) encadrant une bande longitudinale non évidée de faible
5 largeur constituant la lame élastique (10), et un logement (18) séparé des fenêtres (14-17) et adjacent à celles-ci, adapté pour loger un élément (8) déformable longitudinalement, tel qu'un empilage piézoélectrique, disposé dans le prolongement de la lame élastique (10) de
10 l'extrémité de laquelle il se trouve séparé par une bande non évidée (19) de largeur adaptée pour assurer une fonction de rappel en position originale de la lame en flambement,

- deux plaques (21) prenant la première plaque (13) "en sandwich", une desdites plaques comprenant des ajutages (22-24) disposés de façon à constituer l'entrée d'alimentation et une sortie d'utilisation de chaque potentiomètre (1, 2), et des orifices (25) de mise à
15 l'atmosphère de chaque fenêtre (14-17).

20 10/ - Modulateur fluïdique selon l'une des revendications 7 à 9, comprenant deux potentiomètres (1, 2) disposés avec leurs buse de fuite (1c) alignées de part et d'autre de la lame élastique (10).

25 11/ - Modulateur fluïdique, caractérisé en ce qu'il comprend, en combinaison :

- un dispositif de modulation conforme à l'une des revendications 5 ou 6,
- un distributeur à tiroir (27) à au moins deux voies, tel que notamment utilisé comme deuxième étage d'une
30 servovalve de puissance, le tiroir (26) dudit distributeur étant adapté pour modifier le degré d'ouverture de chacune des voies et comportant une extrémité solidarisée à la lame élastique (10) du dispositif de modulation sensiblement à mi-longueur de
35 cette dernière.

12/ - Modulateur fluïdique, caractérisé en ce qu'il comprend, en combinaison :

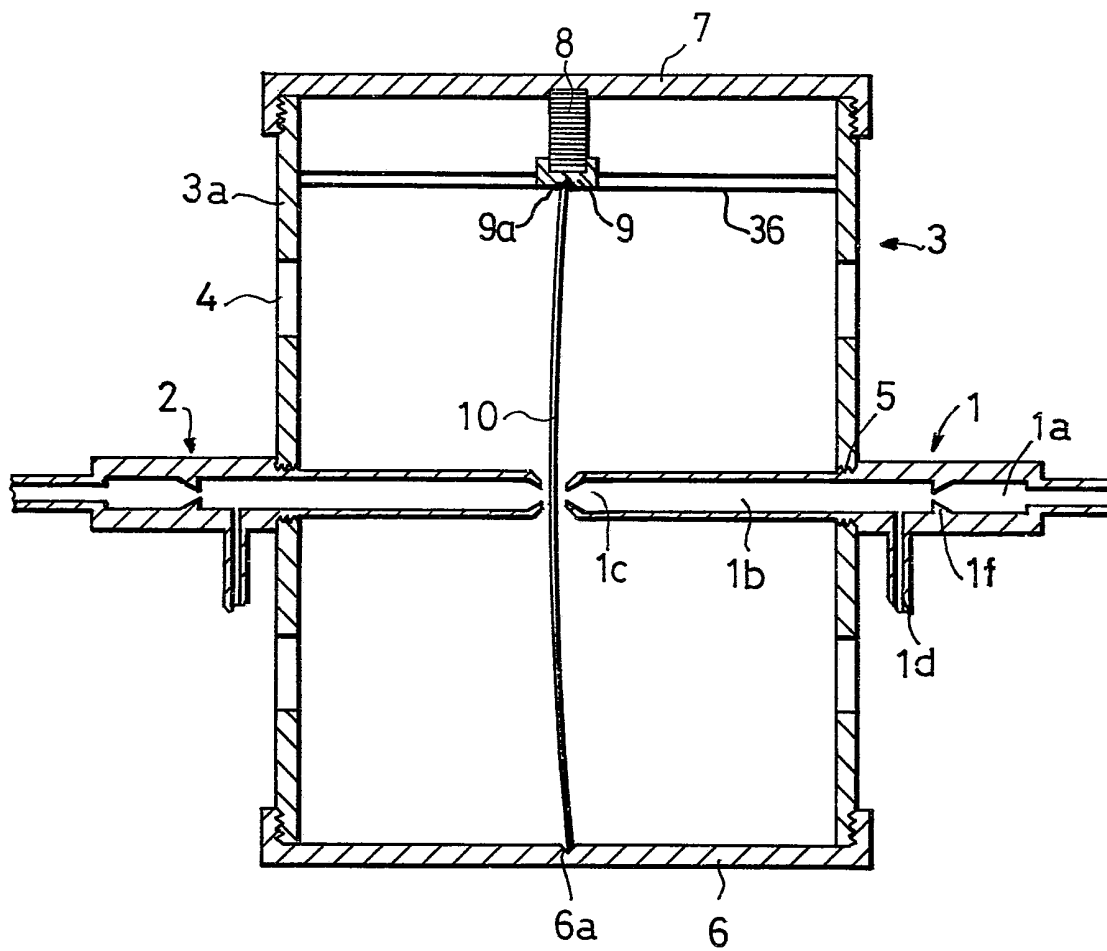
- un dispositif de modulation conforme à l'une des revendications 5 ou 6,
- un distributeur à jet comportant un injecteur (28) doté d'une sortie de fluide disposée en regard de deux orifices récepteurs (29, 30), et des moyens (31, 32) de positionnement relatif desdits injecteur et orifices récepteurs, associés à la lame élastique (10) et adaptés pour modifier la répartition du débit de fluide pénétrant dans chacun des orifices récepteurs (29, 30) en fonction du déplacement de ladite lame élastique.

13/ - Modulateur fluïdique selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de positionnement comportent des organes-supports (31, 32) reliant l'injecteur (28) à la lame élastique (10) de façon à faire subir audit injecteur un débattement angulaire proportionnel au déplacement de ladite lame élastique.

14/ - Modulateur fluïdique selon la revendication 12, caractérisé en ce que les organes-supports comprennent une lame rigide (31) dotée d'une extrémité libre portant l'injecteur (28) et d'une autre extrémité solidaire d'un appui fixe, et un axe (32) reliant la lame élastique (10) à la lame rigide (31) au niveau d'un point intermédiaire de cette dernière.

1/4

Fig 1



2/4

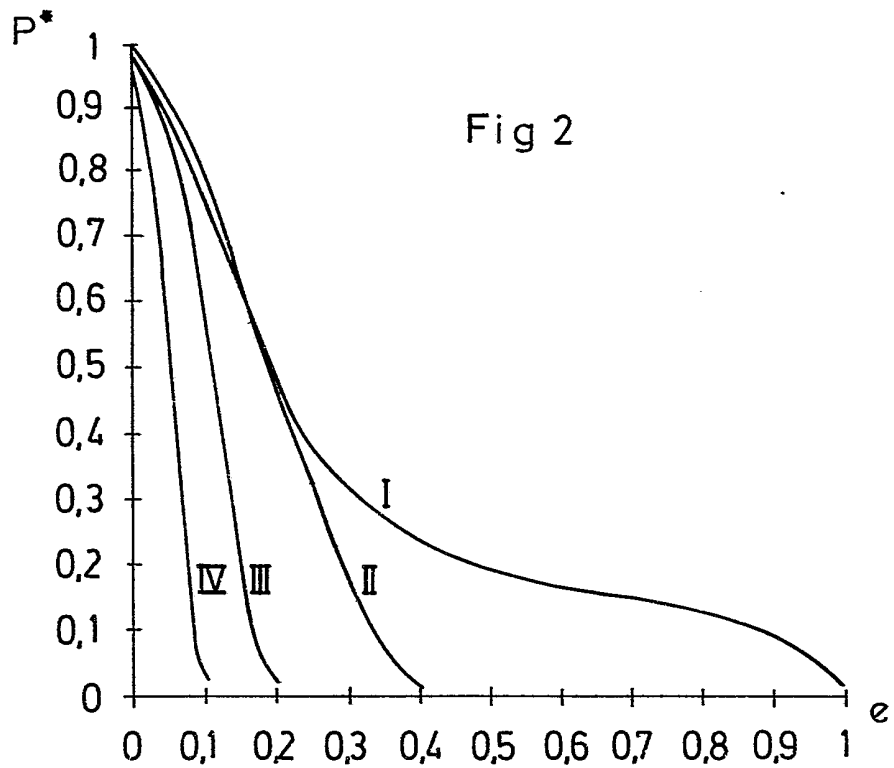
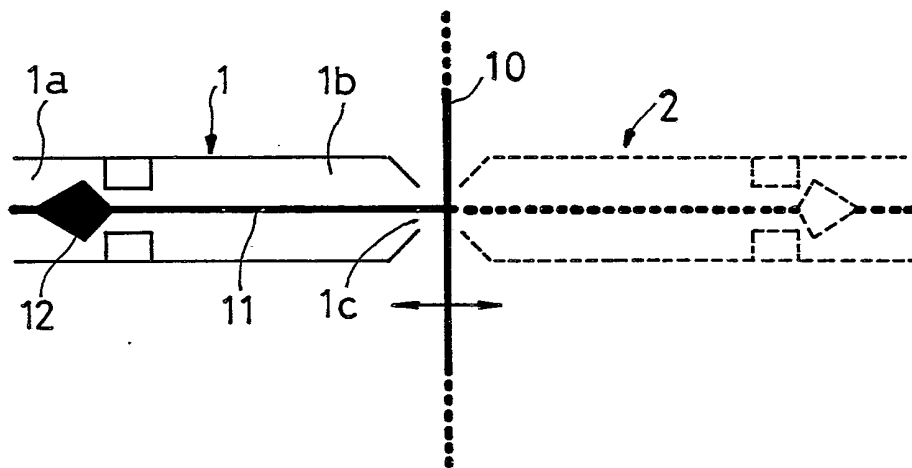
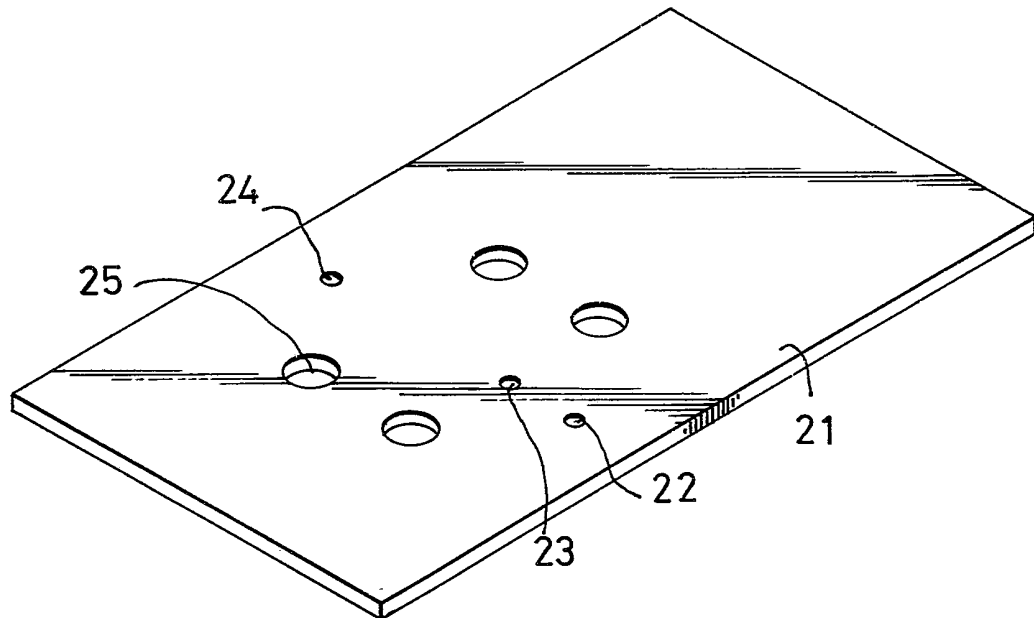
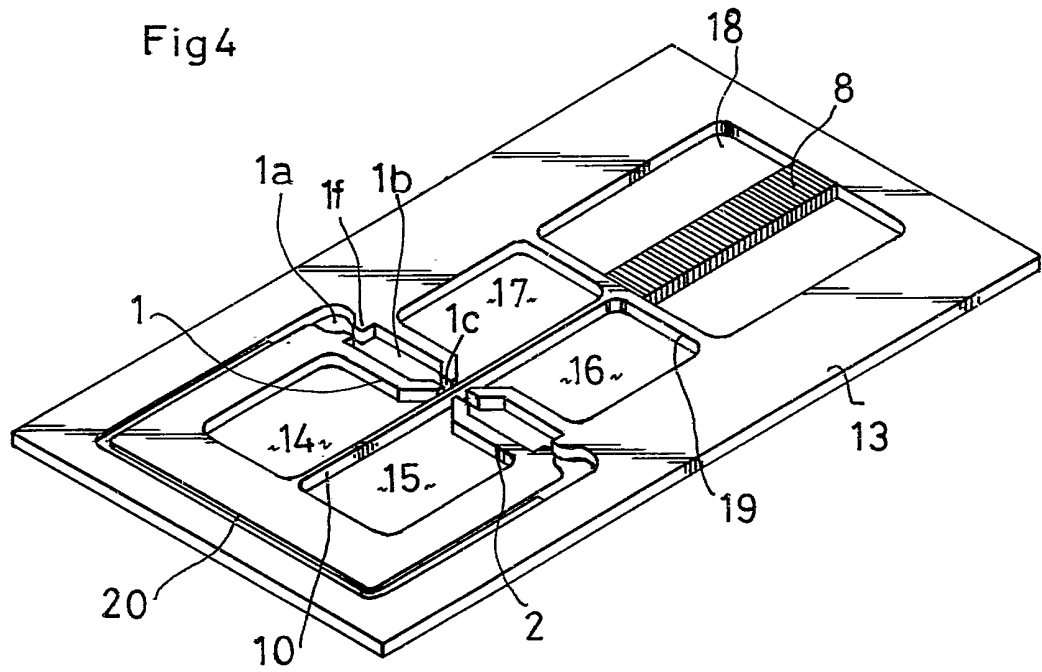


Fig 3



3/4



4/4

Fig 5

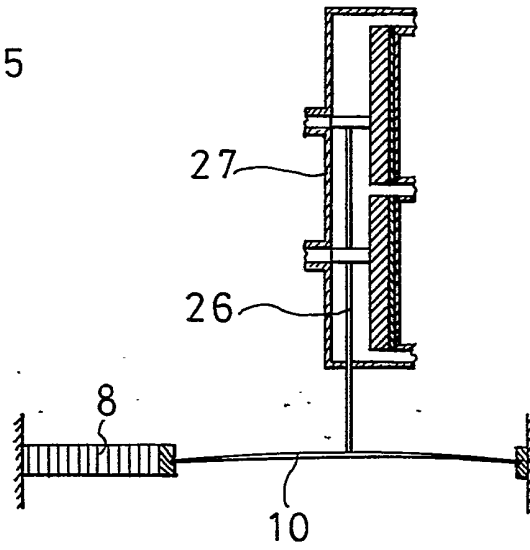


Fig 6

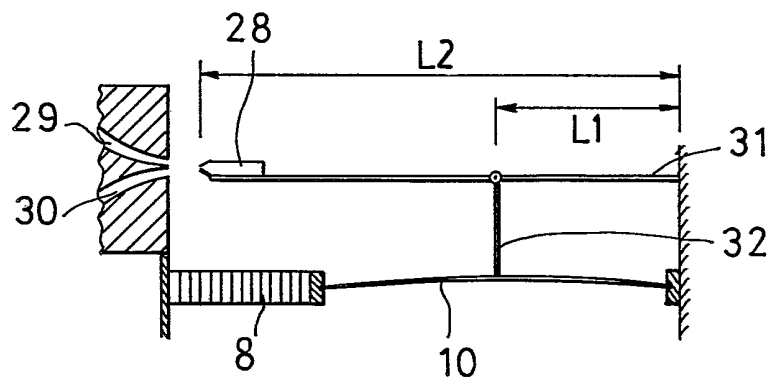


Fig 7

