

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**2 560 648**

②1 N° d'enregistrement national :

**84 03206**

⑤1 Int CI<sup>4</sup> : F 15 D 1/08; F 16 K 25/02; G 05 D 16/02.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 1<sup>er</sup> mars 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 36 du 6 septembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES  
MECANIQUES. — FR.*

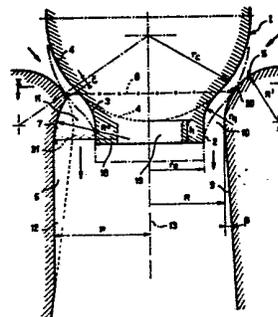
⑦2 Inventeur(s) : Michel Pluiose.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : SA Fédit-Loriot.

⑤4 Procédé pour stabiliser l'écoulement de fluides lors de détente accompagnée de dégradation d'énergie cinétique, soupape et détendeur mettant en œuvre ce procédé.

⑤7 On stabilise l'écoulement de fluide lors de détente accompagnée de dégradation cinétique en créant au moins deux écoulements contigus du même fluide, mais de répartition des vitesses différentes en mélangeant les deux écoulements. Dans l'application à une soupape à clapet dit « hémisphérique » pour fluides compressibles, on forme des tuyères 11 à échappement subsonique en creusant des alvéoles 6 dans le siège de soupape 5, en val de la zone d'appui 8 du clapet 1 sur le siège 5 en position de fermeture, intercalées avec des tuyères à échappement supersonique 10 créées par les surfaces en vis à vis du clapet 1 et du siège 5 en dehors des alvéoles 6. Dans l'application à un détendeur à trous pour gaz compressibles, on transperce la plaque de canaux à faible débit voisinant avec des canaux à fort débit.



FR 2 560 648 - A1

Procédé pour stabiliser l'écoulement de fluides lors de détente accompagnée de dégradation d'énergie cinétique, soupape et détendeur mettant en oeuvre ce procédé.

La présente invention concerne des améliorations aux écoulements instables de fluides, et leurs applications industrielles.

Il est fréquent dans les installations industrielles véhiculant des fluides compressibles d'effectuer des détente  
5 à travers des orifices séparant des enceintes à pressions différentes, sans récupération d'énergie cinétique.

C'est notamment le cas dans les soupapes et les détenteurs à trous ou crépines, tels ceux utilisés dans  
10 les centrales électriques à vapeur.

Le débit masse est la plupart du temps imposé, ainsi que les niveaux de pression amont et aval, et le rapport de pression est souvent suffisamment important pour permettre l'établissement de régimes supersoniques.

Le principe général de tels dispositifs est d'abord la mise en vitesse du fluide, puis la dégradation de cette  
15 vitesse par frottements visqueux et ondes de choc dans une évolution à enthalpie d'arrêt constante.

Dans un écoulement issu d'un orifice, et échappant à l'atmosphère ou dans une grande capacité, la forme des écoule-  
20 ments à la sortie de l'orifice est différente suivant le rapport de détente, néanmoins les conditions de pression de part et d'autre de l'orifice sont généralement telles que l'écoulement est en première estimation sonique dans le plan  
25 de sortie de l'orifice.

Par mélange visqueux avec le fluide ambiant, le jet se détériorera après une longueur variable selon le rapport

de détente, longueur généralement supérieure à 10 fois le diamètre de l'orifice.

Dans le cas d'un écoulement bidimensionnel issu d'un orifice, et échappant dans une cavité aval, le jet supersonique vient se coller sur une paroi ou sur l'autre assez brutalement mais sans instabilité.

En effet, par entraînement visqueux, le jet ralentit et accélère les couches de fluide périphérique. La masse entraînée est renouvelée par du fluide issu de l'aval. Comme il y a indépendance entre les couches de mélange, la plus petite perturbation déstabilise le système.

Lorsque la pression aval est diminuée, le jet s'évase tellement que la cavité demeurée en communication avec l'aval ne peut plus être alimentée en fluide de mélange, des oscillations longitudinales et transversales de la veine fluide sont alors observées. Si à partir de cette position, la pression chute encore, la veine se stabilise et devient symétrique. En écoulement dans une cavité, des observations analogues sont faites, elles sont plus complexes à analyser car le jet tourne dans la cavité.

L'écoulement issu de plusieurs orifices en parallèle et échappant dans une grande capacité est utilisé systématiquement dans l'industrie. Il se justifie par l'augmentation des surfaces de frottement en résultant à l'aval des orifices, car la perte par contraction brusque et laminage dans le trou est généralement mineure par rapport à la perte de vitesse restante.

La détente est bloquée dès que les lignes de jet se rencontrent et tout se passe dès lors comme si l'écoulement émanait d'un trou unique se détendant jusqu'à la pression pour laquelle ces lignes de jet se rejoignent, ce qui réduit brutalement la surface de frottement. De plus, dans ce cas, il se produit de brutales augmentations de longueur du jet.

Ainsi, jusqu'ici les techniques connues ne permettent pas d'assurer un mélange satisfaisant entre les jets et le fluide ambiant, et ne permettent pas non plus d'assurer une stabilité de la veine fluide.

Les écoulements de retour longeant les parois ne peuvent donc alimenter en fluide de mélange les jets supersoniques qui ne se dégradent dès lors qu'à travers des

systèmes d'ondes de choc obliques ou droites plus ou moins stables lors de l'amorçage de la veine.

Il est illusoire de vouloir mélanger des jets à vitesses analogues.

5 Enfin les écoulements instables provoquent de fortes vibrations dégradant les structures, notamment les soupapes ou détendeurs.

L'invention a pour but de pallier les inconvénients précités des dispositifs connus utilisés pour contrôler  
10 des écoulements de fluides.

L'invention a pour objet un procédé pour stabiliser l'écoulement de fluides lors de détente, caractérisé en ce que l'on crée au moins deux écoulements contigus du même fluide, mais de répartition des vitesses différente et on  
15 mélange les deux écoulements avec dégradation d'énergie cinétique.

Dans le cas d'écoulement en régime supersonique de fluides compressibles, on conserve un écoulement inchangé en régime supersonique et on transforme un autre écoulement  
20 modifié en régime subsonique.

Suivant une variante du procédé de l'invention, on fractionne une veine de fluide sous pression en une pluralité d'écoulements dont on modifie une partie, et on laisse se mélanger les écoulements modifiés et inchangés dans un milieu  
25 à pression d'arrêt isentropique <sup>moyenne</sup> plus basse que la veine d'origine.

Si on effectue l'échappement du fluide au voisinage d'une paroi, il est généralement préférable d'isoler la paroi de l'écoulement le plus rapide par au moins un écoulement plus lent, parallèle à la paroi.  
30

Le procédé suivant l'invention s'applique également aux échappements de fluides à l'écart de parois latérale et frontale.

En variante, on canalise l'échappement du fluide entre  
35 deux parois profilées pour former entre elles une succession de tuyères de caractéristiques d'écoulement différentes. En ce cas, les parois profilées de l'échappement peuvent avoir

des surfaces en vis à vis parallèles ou divergentes vers l'aval, planes, cylindriques, ou tronconiques s'évasant vers l'aval.

L'invention a également pour objet des soupapes pour fluides compressibles à détente interne supersonique mettant en oeuvre le procédé de l'invention.

Une telle soupape comprend un clapet axial "hémisphérique" lisse présentant en aval un prolongement axial cylindrique ou tronconique raccordé par une courbure progressive à la partie "hémisphérique" du clapet et tandis que le siège de clapet, en forme générale de tuyère convergente-divergente est creusé d'une pluralité d'alvéoles longitudinales espacées à la périphérie intérieure du siège, commençant abruptement en amont vers leur partie la plus creuse, en aval de la zone annulaire de contact de la partie sphérique du clapet avec une partie semi-torique du siège en position de fermeture de la soupape, et diminuant progressivement de profondeur pour se fondre plus en aval dans la paroi divergente du siège, les surfaces en vis à vis du clapet et du siège, dans les positions d'ouverture incomplète de la soupape, formant des tuyères supersoniques en dehors des alvéoles, et des tuyères subsoniques avec les alvéoles.

Dans une telle soupape, la paroi du clapet peut former avec la paroi en vis à vis de chaque alvéole creusée dans le siège, une tuyère convergente-divergente à zone de détente réduite, dont la partie convergente est en amont du commencement de l'alvéole, et la partie divergente s'étend sur au moins une partie de la longueur de l'alvéole.

Le fond des alvéoles peut être parallèle à l'axe de la soupape dans la partie de l'alvéole de profondeur progressivement décroissante, ou s'en écarter.

Suivant un mode de réalisation, chaque alvéole a la forme d'une rainure à section droite rectangulaire, et le fond de chaque alvéole peut former un dièdre d'angle supérieur à 90°, d'arête perpendiculaire à l'axe de la tuyère du siège et dont la paroi en amont est plus courte que la paroi en aval.

Toutes les alvéoles peuvent être identiques et régulièrement espacées à la périphérie du siège, ou certaines au moins peuvent être différentes.

5 Il est généralement avantageux que le bord amont de chaque alvéole soit arrondi, et que les alvéoles soient en nombre pair et séparées les unes des autres par des distances égales à leur largeur.

10 On atteint généralement de meilleurs résultats lorsque la face terminale du prolongement axial du clapet est perpendiculaire à l'axe, et présente un évidement central.

Pour une réalisation pratique d'une soupape suivant l'invention, on obtient de bons résultats lorsque le rapport  $\frac{r_e}{R}$  entre le rayon de la partie hémisphérique du clapet  $r_e$  et le rayon  $R$  au col de la tuyère formée par le siège de soupape est compris entre 1,1 et 1,6, le rapport  $\frac{r_e}{R}$  où  $r_e$  est le rayon du prolongement axial cylindrique du clapet est compris entre 0,6 et 0,97, le rapport  $\frac{h}{R}$ , où  $h$  est la hauteur du prolongement du clapet est compris entre 0 et 0,4, le rayon  $r_q$  de raccordement du prolongement cylindrique à la partie hémisphérique du clapet étant égal à 0,6R.

15

20

De meilleurs résultats sont encore obtenus lorsque le rapport  $\frac{R'}{R}$  entre le rayon  $R'$  de la surface semi torique du siège et le rayon  $R$  au col de la tuyère formée par le siège de soupape est compris entre 0,1 et 1, l'angle  $\beta$  de divergence de la tuyère du siège est compris entre 3° et 4°, le rapport  $\frac{P}{R}$ , où  $P$  est la profondeur maximum, depuis l'axe de la soupape, des alvéoles creusées dans le siège est égal à  $(2 - \frac{r_e}{R})k$   $\frac{r_e}{R}$  étant le rayon du prolongement axial du clapet et  $k$  un coefficient compris entre 0,7 et 1,3, le rapport  $\frac{R''}{R}$ , où  $R''$  est le rayon de raccordement en amont du fond de l'alvéole avec la surface semi torique du siège, est compris entre 0,75 et 1,25, le nombre d'alvéoles étant au moins égal à  $\frac{3,1416 P}{r_e}$ , où  $r_e$  est le rayon du prolongement axial cylindrique du clapet.

25

30

L'invention a encore pour objet un détendeur à trous pour gaz compressibles mettant en oeuvre le procédé de l'invention et constitué par une plaque perforée, d'une face principale à l'autre, par une pluralité de canaux assurant la liaison, avec détente sans récupération d'énergie cinétique, entre deux enceintes à pressions différentes séparées et disposées chacune respectivement de part et d'autre des faces principales de la plaque, détendeur caractérisé en ce que la plaque présente des canaux de régimes d'écoulements différents répartis de sorte qu'un canal à débit relativement faible voisine avec au moins un canal à débit relativement fort.

Dans un mode de réalisation particulièrement simple tous les canaux sont cylindriques mais les canaux de faible débit ont un diamètre dix fois plus petit que les canaux de fort débit.

Suivant un autre mode de réalisation de l'invention, les canaux à fort débit sont constitués par des trous cylindriques tandis que les canaux à faible débit présentent chacun un trou d'entrée cylindrique se prolongeant en aval par une partie s'élargissant brusquement.

Chaque canal à faible débit peut former avantageusement une tuyère divergente à zone de détente réduite. Chaque tuyère étant définie suivant les règles de l'art pour qu'y apparaisse dans sa partie aval et en régime d'échappement subsonique, au moins une onde de choc de recompression.

En pratique, il est souvent avantageux que la partie divergente de la tuyère ait une section longitudinale de forme ogivale. La partie s'élargissant brusquement peut être tronconique, et formée d'au moins deux troncs de cône successifs, l'angle au sommet du tronc de cône aval étant plus faible que l'angle au sommet du tronc de cône le précédent en amont.

Suivant une variante, on peut réaliser des canaux associés à fort et faible débit avec un trou d'entrée cylindrique commune à un canal central à fort débit cylindrique de même diamètre, et à au moins un canal latéral à faible débit formé par une échancrure longitudinale creusée dans la paroi aval du canal central.

Chaque trou peut présenter plusieurs échancrures parallèles avantageusement réparties régulièrement circonférentiellement.

Dans un mode de réalisation pratique, le détendeur  
 5 comprend au moins canal cylindrique à fort débit de diamètre d voisin d'un canal à faible débit ayant une entrée cylindrique de diamètre  $d_1$  plus petit que d, s'évasant brusquement selon un angle  $\theta$  compris entre  $10^\circ$  et  $45^\circ$  jusqu'à un diamètre  $d_2$ , compris entre  $4 d_1$  et  $15 d_1$ , suivant une ogive de rayon longitudinal R égal à  $\frac{(d_2 - d_1)}{2(1 - \cos\theta)}$ , les canaux à fort débit et  
 10

faible débit ayant la même longueur e égale à  $d_1 + R \sin \theta$  et correspondant à l'épaisseur minimum de la plaque.

Suivant les applications, les canaux à fort débit et faible débit peuvent être répartis régulièrement en alternance  
 15 sur la surface de la plaque, ou bien la périphérie de la plaque peut comporter uniquement des canaux à faible débit ceinturant plusieurs canaux à fort débit contigus.

Les axes des canaux sont avantageusement perpendiculaires à la surface amont de la plaque qui peut être plane ou courbe  
 20 et constituer alors une crépine.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre et à l'examen des dessins annexés qui représentent, à titre d'exemples non limitatifs plusieurs modes de réalisation de l'invention.

25 La figure 1 est une vue en coupe axiale suivant la ligne A-B de la figure 2 d'une soupape "hémisphérique" suivant l'invention.

La figure 2 est une demi-vue schématique en coupe partielle suivant la ligne II-II de la figure 1.

30 La figure 3 est une vue schématique en coupe axiale d'une variante de forme d'alvéole du siège de la soupape de la figure 1 et 2.

La figure 4 est une vue schématique en coupe d'un détail de la figure 1.

35 La figure 5 est un diagramme montrant l'écoulement du fluide à travers un détendeur à trous suivant l'invention.

La figure 6 est une variante de la figure 5.

La figure 7 est une vue schématique en coupe axiale montrant une répartition des canaux dans un détendeur suivant l'invention.

5 La figure 8 est une vue analogue à celle de la figure 7 d'une variante.

La figure 9 est une vue schématique en plaque de la face amont du détendeur de la figure 8.

10 La figure 10 est une vue schématique en coupe axiale d'une variante de canal à faible débit de détendeur suivant l'invention.

La figure 11 est une vue en coupe axiale d'une plaque comportant un trou complexe à canaux à fort et faible débit conjugués suivant la ligne a-b de la figure 12.

15 La figure 12 est une vue schématique de la face aval de la plaque du trou de la figure 11.

Les figures 13 et 14 sont des vues schématiques en perspective de crépines à trous suivant l'invention.

La figure 15 est une vue schématique en coupe axiale d'une plaque courbe de détendeur suivant l'invention.

20 Les éléments correspondant sur les diverses figures sont désignés par les mêmes références numériques.

La soupape représentée sur les figures 1 à 4 est une soupape pour fluide compressible à échappement supersonique constituée essentiellement par un clapet 1 dont la surface hémisphérique 4 vient s'appliquer à la fermeture contre la surface d'appui semi torique 20 du siège de soupape 5.

Le clapet 1 peut être déplacé axialement pour l'ouverture et la fermeture de la soupape de façon classique par des moyens non représentés.

30 Suivant l'invention le clapet axial hémisphérique 1 est lisse et présente en aval un prolongement axial 2 cylindrique qui est raccordé par une courbure progressive 3 à la partie hémisphérique 4.

35 Le siège de clapet 5 a la forme générale d'une tuyère convergente-divergente classique. Mais ce siège est creusé suivant l'invention de six alvéoles longitudinales 6 régulièrement espacées, dont la partie la plus creuse 7 commence

de façon brusque à une distance  $\epsilon$  aussi petite que le permet la construction de la zone annulaire et linéaire 8 de contact de la partie sphérique 4 du clapet avec la partie semi torique 20 du siège en position de fermeture de la soupape.

5 Le creux de l'alvéole diminue progressivement de profondeur 12 pour mourir en fin dans la paroi divergente du siège 5.

10 Le fond de l'alvéole 6 est parallèle à l'axe 13 de la soupape mais il peut diverger vers l'aval. Ainsi les parois de chaque alvéole 6 forment avec les parois en vis à vis 4-3 et 2 du clapet 1 une tuyère convergente-divergente 11 à zone de détente réduite dont la forme évolue suivant la levée du clapet entre la position de fermeture représentée en traits mixtes sur la figure 1 et les positions de levée partielle, 15 dont l'une est représentée en traits pleins sur la figure 1.

20 Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 1 et 2 chaque alvéole a la forme d'une rainure à section droite rectangulaire et la succession de rainures forme une série de crans découpés dans la périphérie du siège 5 de la soupape en-dessous de la ligne de fermeture 8.

25 Dans la variante représentée sur la figure 3, le fond de l'alvéole 6 forme un dièdre d'angle supérieur à  $90^\circ$  dont l'arête 14 est perpendiculaire à l'axe 13 de la soupape. La paroi amont 15 du dièdre est plus courte que la paroi aval 16.

30 Dans la vue de détail agrandi de la figure 4, où le clapet 1 est représenté en position de fermeture de la plaque contre le siège 5 de la soupape, on voit que le bord amont de l'alvéole 6 est arrondi en 17 immédiatement à partir de la zone de la ligne de fermeture 8.

35 Sur la figure 1 on a schématisé par un trait ondulé pointillé 21 une onde de choc de recompression à section droite. La face inférieure 18 du prolongement 2 du clapet est représentée évidée en 19 afin d'améliorer les performances de la soupape.

Les avantages pratiques de cette disposition dans les soupapes classiques sont étudiés notamment dans l'article

"Etude des Instabilités d'écoulement dans les soupapes de réglage de turbines à vapeur" par Michel Pluviose paru dans la Revue Française de Mécanique de 1981, N° 78, pages 13 à 19.

5 Dans un exemple de réalisation pratique d'une telle soupape, on prendra les valeurs suivantes:

$$\frac{rc}{R} = 1,36, \frac{h}{R} = 0,275, \frac{re}{R} = 0,75, \frac{rq}{R} = 0,6, \text{ et pour le}$$

$$\text{siège de la soupape } \frac{R'}{R} = 0,74, \beta = 3,3^\circ, \frac{P}{R} = 1,29, \frac{R''}{R} = 1$$

les alvéoles étant au nombre de 6, le nombre entier le plus  
10 proche du rapport =  $\frac{3,1416 \times R}{1,29 R - 0,75 R}$

Tous ces rapports sont ramenés au rayon R qui correspond à la partie la plus étroite du col de la tuyère formé par le siège de soupape 5.

15  $rc$  = rayon de la partie hémisphérique du clapet

$rq$  = rayon de raccordement du prolongement cylindrique 2 à la partie hémisphérique 4 du clapet

$h$  est la hauteur du prolongement du clapet

$re$  = rayon du prolongement cylindrique du clapet

20  $R'$  = rayon de la surface semi torique 20' du siège

$R''$  = rayon de raccordement amont du fond 7 de l'alvéole 6

$P$  = profondeur maximum de l'alvéole à partir de l'axe de la soupape

25  $\beta$  est l'angle du divergent à la tuyère formé par le siège 5

La largeur des alvéoles est égale à la distance périphérique séparant les alvéoles les unes des autres.

Les rayons  $rc$ ,  $R'$ ,  $rq$ ,  $R''$  peuvent être des courbes de forme plus complexe, par exemple des courbes obtenues par  
30 des combinaisons de rayons tangents, ou des courbes mathématiques.

Les parties supersoniques et subsoniques n'apparaissent que pour des rapports de détente donnés avec géométrie fixée par le degré de levée du clapet. Pour d'autres rapports, les tuyères ne sont plus supersoniques et les jets internes sont  
35 décollés du côté des alvéoles, ce qui facilite les écoule-

ments en retour et améliore la stabilité de l'écoulement.

Une telle soupape ne présente pas les inconvénients des soupapes classiques telle celle décrite dans le brevet US N° 3 857 542 dans lequel à l'inverse de l'invention, le siège  
5 de soupape est lisse tandis que la paroi du clapet est entaillée de fentes radiales qui dévient l'écoulement vers le centre. L'invention évite notamment les instabilités d'écoulement dans les soupapes hémisphériques classiques qui apparaissent même avec des clapets évidés en aval dans le but d'empêcher  
10 les recompressions subsoniques ou supersoniques par onde de choc. Ces soupapes classiques présentent néanmoins des instabilités dues à la présence de jets supersoniques ou subsoniques qui perturbent le fonctionnement et secouent les structures.

Ces jets se collent sur une paroi, ou sur une autre de  
15 manière anarchique, en particulier lorsque les jets formés entre les clapets et le siège se rejoignent au centre en une nappe devenant instable par pompage alternatif de la cavité évidée.

Cette instabilité des soupapes classiques semble découler  
20 du mélange qui doit se faire entre le fluide ambiant et le jet. Lorsque le débit du fluide de mélange n'est pas suffisant, l'écoulement devient dissymétrique et instable.

Ce phénomène est bien connu par ailleurs lors des déten-  
tes supersoniques dans les évasements brusques.

25 Dans la soupape suivant l'invention, ces inconvénients sont éliminés d'une part par l'utilisation du clapet dont l'extrémité aval rentre dans le divergent du siège, ce qui améliore la stabilité en évitant la fermeture de la nappe de jets.

Par ailleurs, suivant l'invention, le processus de  
30 mélange est amélioré et les phénomènes de jets instables évités par la création de jets subsoniques intercalés entre les jets supersoniques. Ceci provoque un processus de mélange intense, les jets sont stabilisés, les longueurs d'interaction des jets sont réduites, et les bruits sont ainsi atténués.

35 En effet, sous l'action de la viscosité, le fluide le plus rapide cède une partie de sa quantité de mouvement au

fluide le plus lent provoquant une zone de mélange qui améliore l'efficacité du laminage à travers la soupape, d'une part.

5 D'autre part, on constate expérimentalement l'absence de rotation de veine susceptible de provoquer des dépressions importantes et instationnaires.

10 L'invention s'applique également aux soupapes de sûreté fonctionnant en fluide compressible, et celles fonctionnant en fluide incompressible car la diversification du jet principal en jets à détente variées améliore également dans ce cas la stabilité globale de la veine fluide.

15 Les détendeurs à trous pour gaz compressibles représentés sur les figures 5 à 15 sont constitués chacun par une plaque 101 perforée, d'une face principale 102 à l'autre 103, par des canaux à débit relativement faible 105 et des canaux à débit relativement fort 104.

20 Ces canaux assurent la liaison, avec détente sans récupération d'énergie cinétique, entre deux enceintes 106 et 107 à pressions différentes, séparées et disposées chacune respectivement de part et d'autre des faces principales 102, 103 de la plaque 101.

25 Dans le mode de réalisation des figures 5 à 10, les canaux à fort débit 104 sont constitués par de simples trous cylindriques tandis que les canaux à faible débit 105 ont un trou d'entrée cylindrique 108 de plus faible diamètre que celui des trous des canaux à fort débit 104 et se prolongent en aval par un élargissement brusque 109.

30 Sur le diagramme de la figure 5 est schématisé le tracé du jet supersonique du canal 104 à partir d'une enceinte à forte pression 106 dans une enceinte à faible pression 107.

Le jet supersonique est entouré de part et d'autre par deux jets subsoniques issus des canaux 105. Dans les élargissements 109 est schématisée une onde de choc 110. La pression dans l'enceinte 107 est constante au niveau de la ligne C.

Les écoulements ont un nombre de mach inférieur à 1 dans l'enceinte 106, sensiblement égal à 1 à la fin des canaux cylindriques 104-108. Les écoulements sont supersoniques dans la partie aval renflée du jet issu du canal à fort débit 104 ainsi que dans la partie en amont des ondes de choc 110 dans les canaux à faible débit 105, ————

— tandis que le nombre de mach devient inférieur à 1 à l'issue des évasements 109 des canaux à faible débit 105.

5 Les gradients de pression peuvent provoquer des décollements localisés au voisinage des parois comme indiqué en D sur la figure 5.

Ces décollements ne nuisent pas à la stabilité générale de l'écoulement.

10 On retrouve des phénomènes analogues chaque fois qu'un échappement supersonique voisine avec un échappement subsonique comme c'est le cas des plaques à trous des figures 7 à 9.

15 Sur la figure 7, les canaux à fort débit 104 alternent avec les canaux à faible débit 105, tandis que dans la plaque des figures 8 et 9 les canaux à faible débit 105 sont localisés sur le pourtour de la plaque au voisinage des parois, tandis que les canaux à fort débit 105 sont rassemblés dans la partie centrale de la plaque 101.

20 Le mode de réalisation de la figure 6 est analogue à celui de la figure 5 mais la partie divergente 109 de la tuyère d'échappement des canaux à faible débit a une forme ogivale 111.

25 Dans un exemple de réalisation pratique, le canal 104 à fort débit a un diamètre D égal à 8mm, tandis que le trou d'entrée  $d_1$  des canaux à faible débit 105 a un diamètre de 2mm, l'ogive 111 débute suivant un angle  $\theta$  de 31,5° à la sortie du trou 108 pour déboucher suivant un diamètre  $d_2$  égal à 17,6mm, le rayon R de l'ogive égal à  $\frac{(d_2 - d_1)}{2(1 - \cos \theta)}$  étant de 53mm.

30 La plaque à trous 101 a une épaisseur e minimum, égale à  $d_1 + R \sin \theta$ , de 29,7mm minimum. Pour la facilité, on prendra e égal 50mm.

35 Dans le mode simplifié de réalisation de la figure 10, deux troncs de cône 112-113 d'angle  $\theta$  et  $\theta_1$ , l'angle  $\theta_1$  étant plus petit que l'angle  $\theta$  forment une tuyère.

Les divers trous peuvent être usinés ou exécutés par electro-érosion/ou moulés pour former des tuyères divergentes à zone

de détente réduite.

Le contour peut être déterminé de manière plus rigoureuse à l'aide de la méthode classique des caractéristiques.

5 Pour certaines applications, il peut être suffisant de réaliser des évasements simplement tronconiques et non biconiques comme sur la figure 10.

10 Les figures 11 et 12 représentent une forme d'exécution des canaux à fort et faible débit dans laquelle les deux canaux 104 et 105 ont une entrée commune, et sous forme d'un trou cylindrique traversant de part en part la plaque 101 et constituant le canal à fort débit 104.

Quatre canaux à faible débit 105 sont réalisés sous forme d'échancrure longitudinale 115 creusée dans la partie aval de la paroi du canal central 114.

15 Les figures 13 et 14 représentent deux détendeurs à trous suivant l'invention réalisée sous forme de crépine à paroi cylindrique 116 percée de trous radiaux 104-105 constituant respectivement les canaux à fort et faible débit.

20 Sur la figure 13 le fluide arrive de l'extérieur et s'évacue par le canal central de la crépine alors que c'est l'inverse dans le mode de réalisation de la figure 14.

25 Sur la figure 15, la plaque 116 a une surface courbe dirigée vers l'amont et les canaux à fort débit et à faible débit sont les uns et les autres constitués par de simples trous cylindriques, mais le diamètre des trous à fort débit 104 est au moins dix fois plus grand que le diamètre des trous à faible débit 105.

30 Une application particulière de telles plaques à trous suivant l'invention réside dans les détendeurs de centrales électriques, thermiques et thermo-nucléaires dont les plaques de 1,2m de diamètre environ comportent au moins 700 trous.

35 Dans les détendeurs suivant l'invention le fluide le plus rapide cède, par l'effet de la viscosité, une partie de sa quantité de mouvement au fluide le plus lent provoquant un épaissement important de la zone de mélange.

Il en résulte une amélioration de l'efficacité des dispositifs détendeurs.

Les orifices des canaux à fort et à faible débit sont tous saturés. Ainsi aucune perturbation à l'aval ne peut remonter vers l'amont, il n'y a donc aucun effet d'augmentation du débit masse (par entraînement visqueux) d'un jet par son voisin, ce qui favorise de façon importante le mélange.

Lorsque des canaux à faible débit sont disposés près des parois, aucun décollement massif ne peut se manifester, seul des décollements localisés clos peuvent exister, les structures ne sont donc secouées que faiblement par l'écoulement. La stabilité d'ensemble de la veine fluide est assurée.

L'invention peut permettre d'améliorer des installations existantes comportant des plaques à trous percées de façon classique de nombreux trous cylindriques de même diamètre : il suffit de réusiner une partie des trous en forme de tuyère, ce qui permettra au mélange de s'effectuer entre deux écoulements supersoniques à vitesse différente.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes décrits et représentés, elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art, suivant les applications envisagées et sans s'écarter pour cela du cadre de l'invention.

C'est ainsi que l'invention a été décrite plus particulièrement en application à des soupapes et à des détendeurs à trous, le procédé suivant l'invention peut aussi bien être mis en oeuvre en application à l'extrémité du labyrinthe des paliers compresseurs, et aux dispositifs d'évacuation de fluides compressibles et incompressibles.

De même l'invention a été principalement décrite en application à une soupape à clapet hémisphérique. Elle s'applique aussi bien aux clapets à renflement non hémisphérique, géométriquement parlant, mais de forme et fonctionnement analogue désignés ici par "hémisphérique" .

## R E V E N D I C A T I O N S

- 1.- Procédé pour stabiliser l'écoulement de fluides lors de détente caractérisé en ce que l'on crée au moins deux écoulements contigus du même fluide, mais de répartition des vitesses différentes et on mélange les deux écoulements avec dégradation d'énergie cinétique .
- 5
- 2.- Procédé suivant la revendication 1 pour stabiliser des écoulements/ régime <sup>en</sup> supersonique de fluides compressibles, caractérisé en ce que l'on conserve un écoulement inchangé en régime supersonique, et en ce que l'on transforme un autre
- 10
- écoulement supersonique en un écoulement modifié en régime subsonique.
- 3.- Procédé suivant la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que les écoulements sont initialement parallèles.
- 4.- Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on fractionne une veine de fluide sous
- 15
- pression en une pluralité d'écoulements, en ce qu'on modifie une partie des écoulements et en ce qu'on laisse se mélanger les écoulements modifiés et les écoulements inchangés dans un milieu à pression plus basse que la veine d'origine.
- 20
- 5.- Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on effectue l'échappement du fluide au voisinage d'au moins une paroi que l'on isole de l'écoulement inchangé par au moins un écoulement modifié parallèle à la paroi.
- 25
- 6.- Procédé suivant l'une des revendication 1 à 4, caractérisé en ce qu'on effectue l'échappement à l'écart des parois latérale et frontale.
- 7.- Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on canalise l'échappement du fluide entre
- 30
- deux parois profilées pour former entre elles une succession de tuyères de caractéristiques d'écoulement différentes.
- 8.- Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que les parois profilées de l'échappement ont des surfaces en vis à vis parallèles ou divergentes vers l'aval, planes,

cyllindriques, ou tronconiques s'évasant vers l'aval.

5 9.- Soupape pour fluides compressibles à détente interne  
supersonique mettant en oeuvre le procédé de l'une des reven-  
dications 1 à 4, 7 et 8, comprenant un clapet 1 à surface  
hémisphérique 4 coopérant à la fermeture avec une surface  
d'appui semi torique 20 d'un siège de soupape 5 dont le clapet  
1 peut être éloigné axialement vers l'amont pour l'ouverture  
de la soupape, soupape caractérisée en ce qu'elle comporte  
un clapet axial hémisphérique 1 lisse présentant en aval un  
10 prolongement axial 2 cylindrique ou tronconique raccordé par  
une courbure progressive 3 à la partie hémisphérique 4 du  
clapet; et en ce que le siège de clapet 5, en forme générale  
de tuyère convergente-divergente, est creusé d'une pluralité  
d'alvéoles longitudinales 6 espacées à la périphérie intérieu-  
15 re du siège 5, commençant abruptement en amont vers leur  
partie la plus creuse 7 en aval de la zone annulaire de  
contact 8 de la partie sphérique 4 du clapet 1 avec une partie  
semi torique 20 du siège 5 en position de fermeture de la soupape, et  
diminuant progressivement de profondeur 12 pour se fondre  
20 plus en aval dans la paroi divergente 9 du siège 5, les  
surfaces en vis à vis du clapet et du siège, dans les positions  
d'ouverture incomplète de la soupape, formant des tuyères  
supersoniques 10 en dehors des alvéoles 6, et des tuyères sub-  
soniques 11 avec les alvéoles 6.

25 10.- Soupape suivant la revendication 9 caractérisée  
en ce que la paroi du clapet 1 forme, avec la paroi en vis  
à vis de chaque alvéole 6 creusée dans le siège 5, une tuyère  
convergente-divergente 11 à zone de détente réduite, dont la  
partie convergente est en amont du commencement de l'alvéole 6,  
30 et la partie divergente s'étend sur au moins une partie de la  
longueur de l'alvéole 6.

11.- Soupape suivant la revendication 10 caractérisée  
en ce que le fond des alvéoles 6 est parallèle à l'axe 13  
de la soupape, ou s'en éloigne dans la partie de l'alvéole  
35 de profondeur progressivement décroissante 12.

12.- Soupape suivant la revendication 10 ou 11 carac-  
térisée en ce que chaque alvéole 6 a la forme d'une rainure  
à section droite rectangulaire.

13.- Soupape, suivant l'une des revendications 9 à 12, caractérisée en ce que le fond de chaque alvéole 6 forme un dièdre d'angle supérieur à 90°, d'arête 14 perpendiculaire à l'axe 13 de la tuyère du siège 5 et dont la paroi en amont 15 est plus courte que la paroi en aval 16.

14.- Soupape, suivant l'une des revendications 9 à 13, caractérisée en ce que toutes les alvéoles 6 sont identiques et régulièrement espacées à la périphérie du siège 5.

15.- Soupape, suivant l'une des revendications 9 à 13, caractérisée en ce que certaines au moins des alvéoles 6 sont différentes.

16.- Soupape, suivant l'une des revendications 9 à 15, caractérisée en ce que le bord amont 17 de chaque alvéole 6 est arrondi.

17.- Soupape, suivant l'une des revendications 12 à 16, caractérisée en ce que les alvéoles 6 sont en nombre pair et séparées les unes des autres par des distances égales à leur largeur.

18.- Soupape, suivant l'une des revendications 9 à 17, caractérisée en ce que la face terminale 18 du prolongement axial du clapet 1 est perpendiculaire à l'axe et présente un évidement central 19.

19.- Soupape, suivant l'une des revendications 9 à 18, caractérisée en ce que le rapport  $\frac{rc}{R}$  entre le rayon de la partie hémisphérique 4 du clapet 1 et le rayon R au col de la tuyère formée par le siège 5 de soupape est compris entre 1,1 et 1,6, le rapport  $\frac{re}{R}$  où re est le rayon du prolongement axial 2 cylindrique du clapet 1 est compris entre 0,6 et 0,97, le rapport  $\frac{h}{R}$ , où h est la hauteur du prolongement 2 du clapet 1 au-delà du rayon de sa surface hémisphérique 4, est compris entre 0 et 0,4, le rayon  $r_q$  de raccordement 3 du prolongement cylindrique 2 à la partie hémisphérique 4 du clapet 1 étant égal à 0,6R.

20.- Soupape, suivant l'une des revendication 9 à 19, caractérisée en ce que le rapport  $\frac{R'}{R}$  entre le rayon R' de la surface semi torique 20 du siège et le rayon R au col de

la tuyère formée par le siège 5 de soupape est compris entre 0,1 et 1, l'angle  $\beta$  de divergence de la tuyère du siège 5 est compris entre 3° et 4°, le rapport  $\frac{P}{R}$ , où P est la profondeur maximum, depuis l'axe 13 de la soupape, des alvéoles 6 creusées dans le siège 5 est égal à  $(2 - \frac{re}{R})k$ , re étant le rayon du prolongement axial 2 du clapet et k un coefficient compris entre 0,7 et 1,3, le rapport  $\frac{R''}{R}$  où R'' est le rayon de raccordement en amont du fond 7 de l'alvéole 6 avec la surface semi torique 20 du siège 5, est compris entre 0,75 et 1,25, le nombre d'alvéoles 6 étant au moins égal à  $\frac{3,1416 P}{P-re}$ , où re est le rayon du prolongement 2 axial cylindrique du clapet 1.

21.- Détendeur à trous pour gaz compressibles, mettant en oeuvre le procédé de l'une des revendications 1 à 6, constitué par une plaque 101, perforée d'une face principale 102 à l'autre 103, par une pluralité de canaux assurant la liaison, avec détente sans récupération d'énergie cinétique, entre deux enceintes 106, 107 à pressions différentes, séparées et disposées chacune respectivement de part et d'autre des faces principales 102, 103 de la plaque 101, détenteur caractérisé en ce que la plaque 101 présente des canaux de régimes d'écoulements différents répartis de sorte qu'un canal à débit relativement faible 105 voisine avec au moins un canal à débit relativement fort 104.

22.- Détendeur suivant la revendication 21, caractérisé en ce que les canaux 104, 105 sont cylindriques, le diamètre des canaux de faible débit 105 étant au moins 10 fois plus petit que le diamètre des canaux de fort débit 104.

23.- Détendeur suivant la revendication 21, caractérisé en ce que les canaux à fort débit 104 sont constitués par des trous cylindriques tandis que les canaux à faible débit 105 présentent chacun un trou d'entrée cylindrique 108 se prolongeant en aval par une partie 109 s'élargissant brusquement.

24.- Détendeur suivant la revendication 23, caractérisé en ce que chaque canal à faible débit 105 forme une tuyère divergente à zone de détente réduite.

25.- Détendeur suivant la revendication 24, caractérisé en ce que chaque tuyère est définie suivant les règles de l'art pour qu'y apparaisse, dans sa partie aval et en régime d'échappement subsonique, au moins une onde de choc 110 de recom -  
5 pression.

26.- Détendeur suivant l'une des revendications 24 et 25, caractérisé en ce que la partie divergente 109 de la tuyère a une section longitudinale de forme ogivale 111.

27.- Détendeur suivant l'une des revendications 23 à 25, 10 caractérisé en ce que la partie 109 s'élargissant brusquement est tronconique.

28.- Détendeur suivant la revendication 27, caractérisé en ce que la partie 109 s'élargissant brusquement est formée d'au moins deux troncs de cône 112, 113 successifs, l'angle 15 au sommet d'un tronc de cône aval 113 étant plus faible que l'angle au sommet du tronc de cône 112 le précédant en amont.

29.- Détendeur suivant la revendication 21, caractérisé en ce que la plaque 101 présente au moins un trou 114 d'entrée cylindrique commune à un canal central à fort débit 104 cylindrique de même diamètre et à au moins un canal latéral 105 à 20 faible débit formé par une échancrure longitudinale 115 creusée dans la paroi aval du canal central 114.

30.- Détendeur suivant la revendication 29, caractérisé en ce que chaque trou présente plusieurs échancrures 115 para- 25 llèles régulièrement réparties circonférentiellement.

31.- Détendeur suivant l'une des revendications 22 à 26, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un canal cylindrique à fort débit 109 de diamètre  $d$ , voisin d'un canal à faible débit 105 ayant une entrée cylindrique 108, de diamètre  $d_1$  30 plus petit que  $d$ , s'évasant brusquement selon un angle  $\theta$  compris entre  $10^\circ$  et  $45^\circ$  jusqu'à un diamètre  $d_2$ , compris entre  $4d_1$  et  $15d_1$ , suivant une ogive 111 de rayon longitudinal  $R$  égal à  $\frac{(d_2 - d_1)}{2(1 - \cos \theta)}$ , les canaux à fort débit 104 et faible débit 105 ayant la même longueur  $l$  égale <sup>au minimum</sup> à  $d_1 + R \sin \theta$  et 35 correspondant à l'épaisseur de la plaque 101.

32.- Détendeur suivant l'une des revendications 21 à 31, caractérisé en ce que les canaux à fort 104 et faible 105 débit sont répartis régulièrement en alternance sur la surface de la plaque 101.

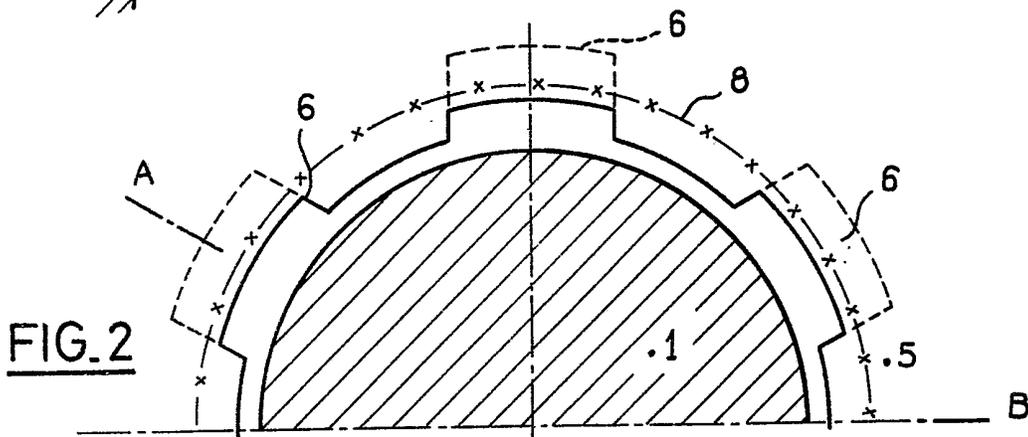
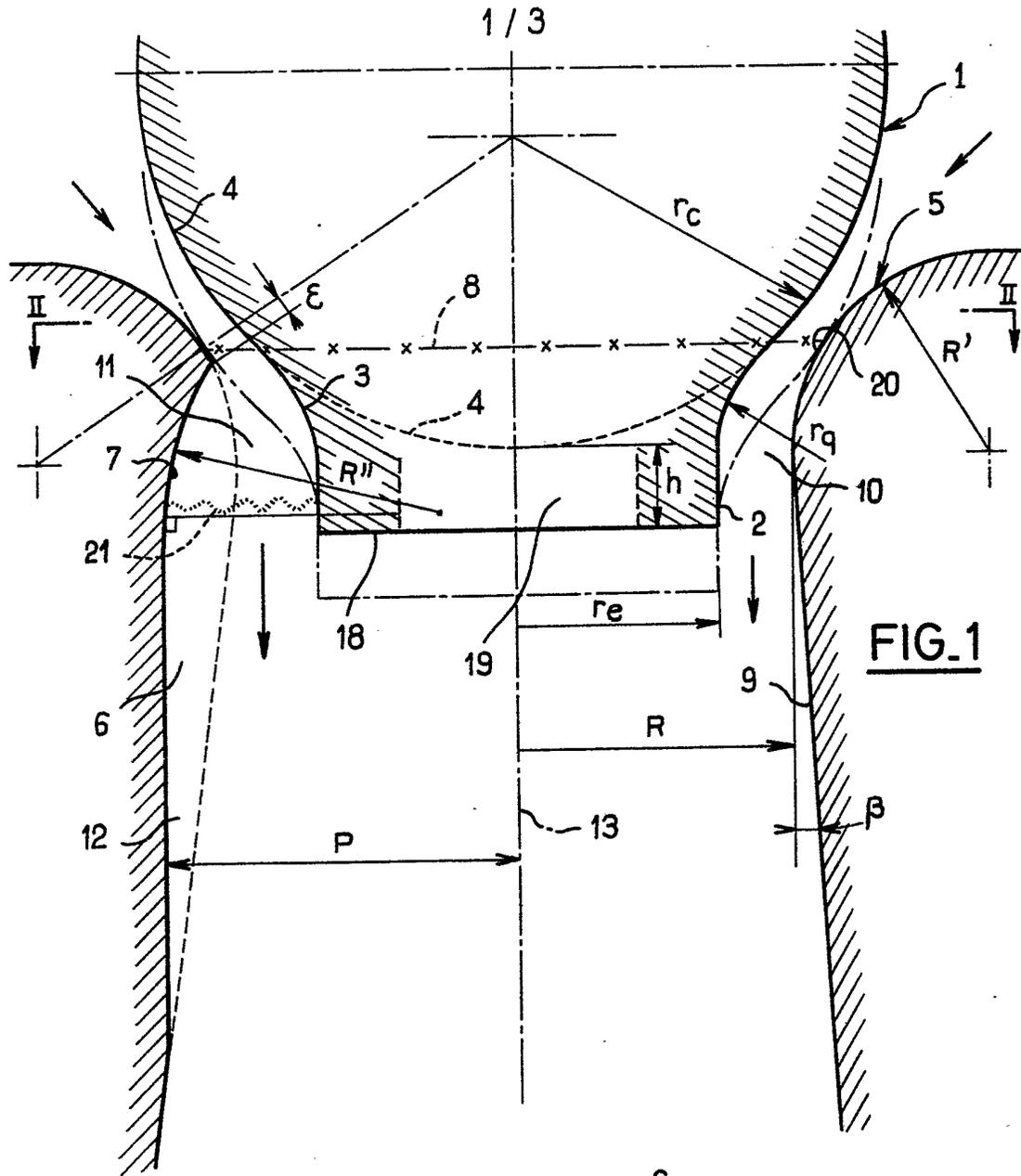
5 33.- Détendeur suivant l'une des revendications 21 à 31, caractérisé en ce que la périphérie de la plaque 101 comporte uniquement des canaux à faible débit 105.

10 34.- Détendeur suivant l'une des revendications 21 à 31, et 33, caractérisé en ce que la plaque 101 comporte plusieurs canaux à fort débit 104 contigus entourés d'une ceinture au moins partielle de canaux à faible débit 105.

35.- Détendeur suivant l'une des revendications 21 à 34, caractérisé en ce que les axes des canaux 104, 105 sont perpendiculaires à la surface amont 102 de la plaque 101.

15 36.- Détendeur suivant l'une des revendications 21 à 35, caractérisé en ce que la plaque 101 est plane.

37.- Détendeur suivant l'une des revendications 21 à 35 caractérisé en ce que la plaque 101 est courbe (116).



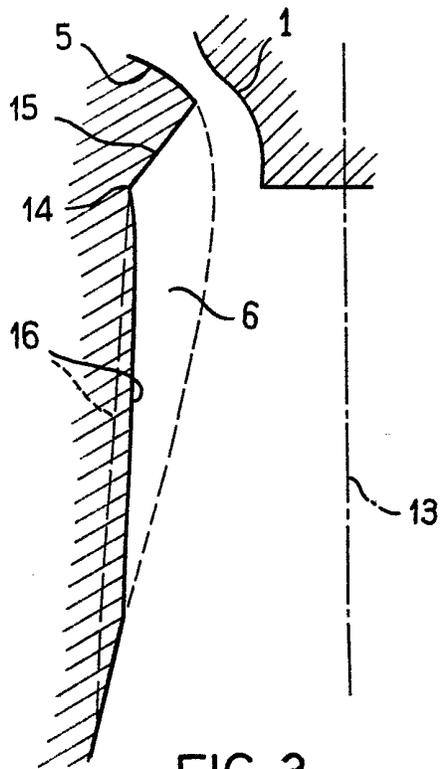


FIG. 3

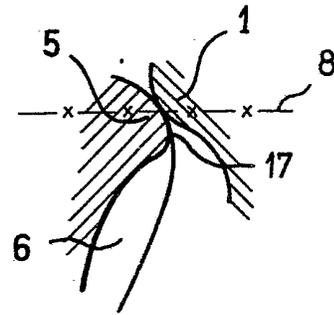


FIG. 4

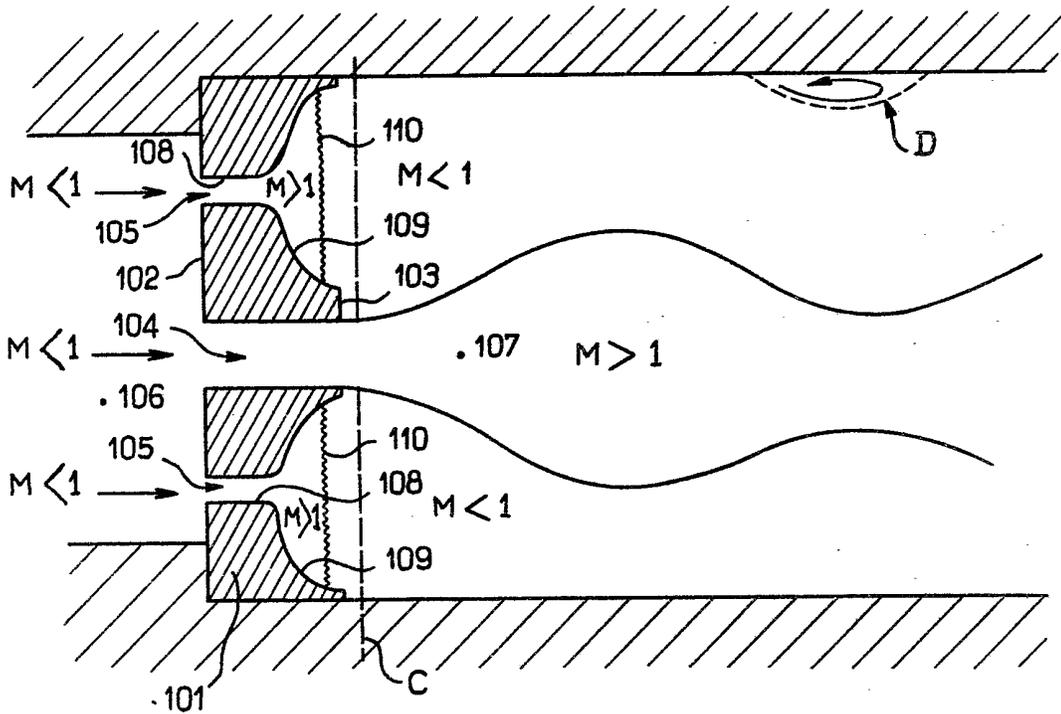


FIG. 5

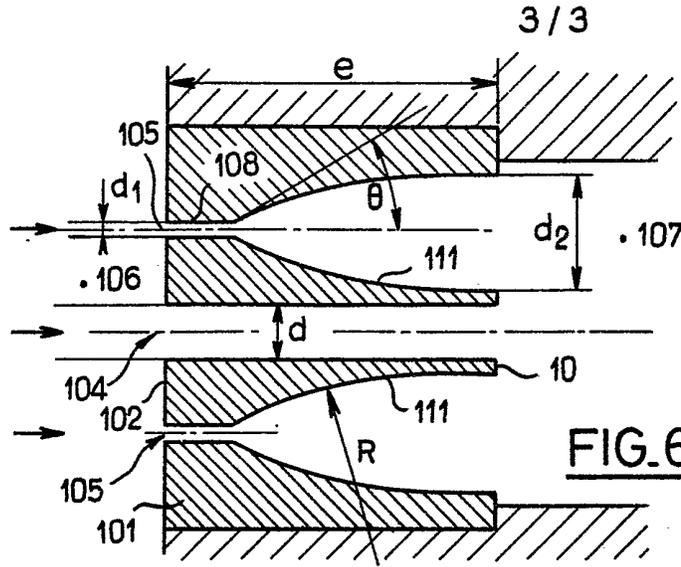


FIG. 6

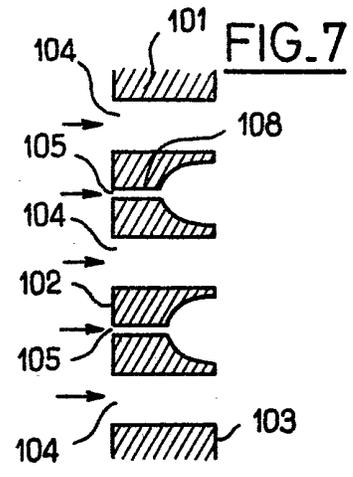


FIG. 7

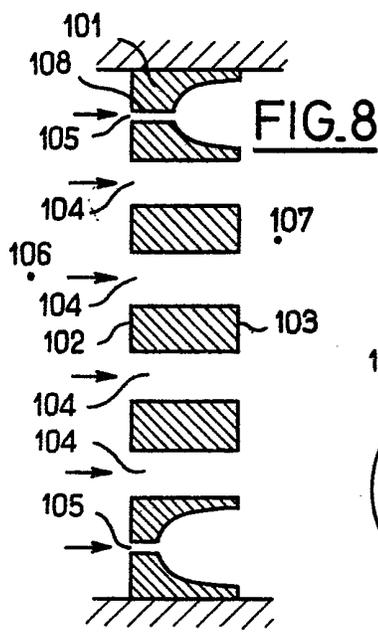


FIG. 8

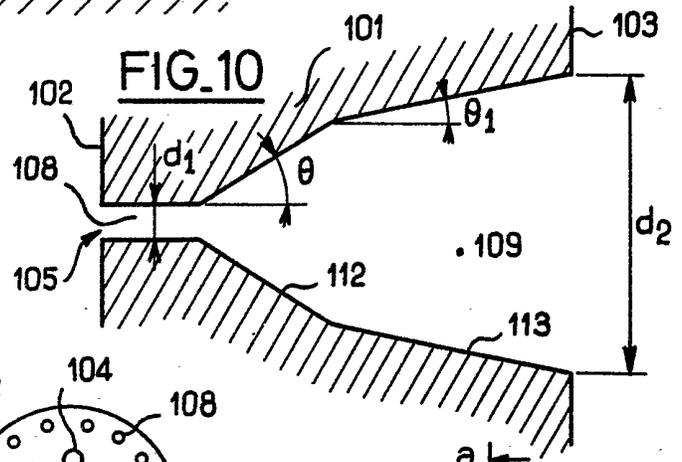


FIG. 10

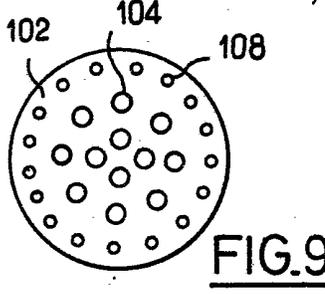


FIG. 9

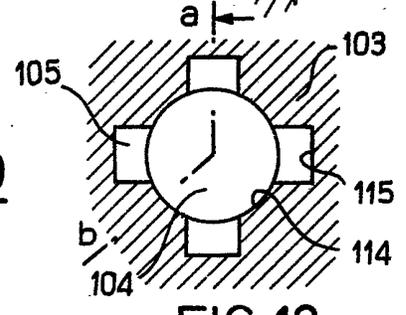


FIG. 12

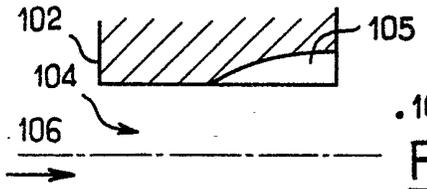


FIG. 11

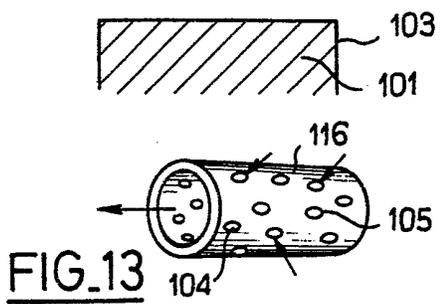


FIG. 13

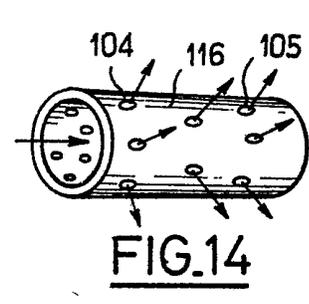


FIG. 14

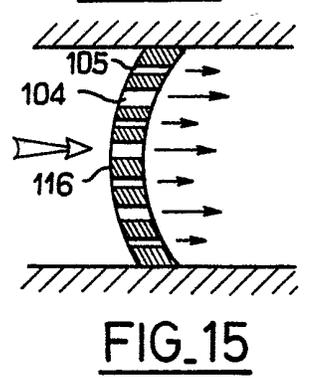


FIG. 15