



Office de la Propriété

Intellectuelle
du Canada

Un organisme
d'Industrie Canada

Canadian
Intellectual Property
Office

An agency of
Industry Canada

CA 2478876 C 2012/04/24

(11)(21) **2 478 876**

(12) **BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT**

(13) **C**

(22) Date de dépôt/Filing Date: 2004/08/23

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2005/03/02

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2012/04/24

(30) Priorité/Priority: 2003/09/02 (FR0310379)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F23R 3/28*(2006.01),
F02M 27/04(2006.01), *F23R 3/12*(2006.01)

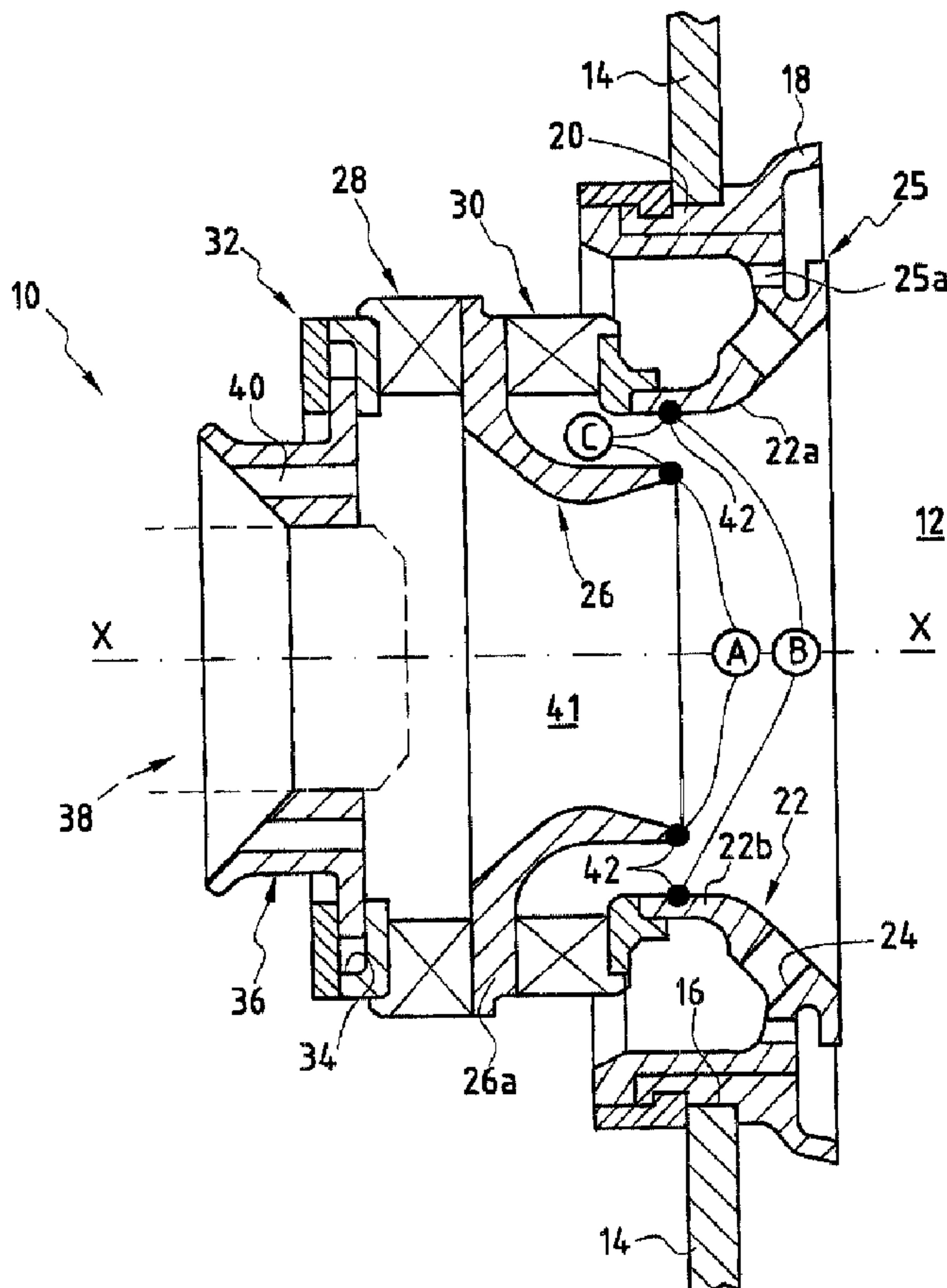
(72) Inventeurs/Inventors:
CAZALENS, MICHEL, FR;
BEULE, FREDERIC, FR

(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : SYSTEME D'INJECTION AIR/CARBURANT AYANT DES MOYENS DE GENERATION DE PLASMAS FROIDS

(54) Title: AIR/FUEL INJECTION SYSTEM WITH COLD-PLASMA GENERATION CAPABILITY



(57) Abrégé/Abstract:

Système d'injection (10) d'un mélange air/carburant dans une chambre de combustion (12) de turbomachine, comportant une structure tubulaire creuse (41) pour l'écoulement du mélange air/carburant vers la chambre de combustion (12), des moyens



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

d'injection de carburant (38) disposés à une extrémité amont de la structure tubulaire creuse, des moyens d'injection d'air (28, 30) disposés en aval des moyens d'injection de carburant (38), des moyens de génération de plasmas froids (42) disposés en aval des moyens d'injection d'air (28, 30) afin de générer des espèces actives dans l'écoulement du mélange air/carburant et de réaliser un précassage des molécules du mélange air/carburant, et des moyens de commande desdits moyens de génération de plasmas froids (42) en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine.

ABREGE

Système d'injection (10) d'un mélange air/carburant dans une chambre de combustion (12) de turbomachine, comportant une structure tubulaire creuse (41) pour l'écoulement du mélange air/carburant vers la chambre de combustion (12), des moyens d'injection de carburant (38) disposés à une extrémité amont de la structure tubulaire creuse, des moyens d'injection d'air (28, 30) disposés en aval des moyens d'injection de carburant (38), des moyens de génération de plasmas froids (42) disposés en aval des moyens d'injection d'air (28, 30) afin de générer des espèces actives dans l'écoulement du mélange air/carburant et de réaliser un pré-cassage des molécules du mélange air/carburant, et des moyens de commande desdits moyens de génération de plasmas froids (42) en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine.

Titre de l'invention

Système d'injection air/carburant ayant des moyens de génération de plasmas froids.

5

Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général des systèmes d'injection d'un mélange air/carburant dans une chambre de combustion de turbomachine. Elle vise plus particulièrement un système d'injection muni d'un générateur de plasmas froids capable de contrôler la réactivité du mélange air/carburant pendant son injection dans la chambre de combustion.

Le processus classique d'élaboration et d'optimisation d'une chambre de combustion d'une turbomachine a pour objectif principal de concilier la mise en œuvre des performances opérationnelles de la chambre (rendement de combustion, domaine de stabilité, domaine d'allumage et de rallumage, durée de vie du foyer de combustion, etc.) en fonction de la mission envisagée pour l'avion sur lequel est montée la turbomachine tout en minimisant les émissions polluantes (oxydes d'azote, monoxyde de carbone, hydrocarbures imbrûlés, etc.). Pour ce faire, il est possible de jouer notamment sur la nature et les performances du système d'injection du mélange air/carburant dans la chambre de combustion, la répartition de l'air de dilution dans la chambre et la dynamique du mélange air/carburant dans la chambre.

La chambre de combustion d'une turbomachine se compose typiquement de plusieurs systèmes : un système d'injection d'un mélange air/carburant dans un tube à flamme, un système de refroidissement et un système de dilution. La combustion s'organise principalement au sein d'une première partie du tube à flamme (zone primaire) dans laquelle elle est stabilisée au moyen de zones de re-circulation du mélange air/carburant induites par l'écoulement d'air issu du système d'injection. Dans cette zone primaire du tube de mélange, différents phénomènes physiques sont mis en œuvre : injection et atomisation en fines gouttelettes du carburant, évaporation des gouttelettes, mélange des vapeurs de carburant avec l'air et réactions chimiques d'oxydation du

carburant par l'oxygène de l'air. Dans la seconde partie du tube de mélange (zone de dilution), l'activité chimique mise en œuvre est plus faible et l'écoulement est dilué au moyen de trous de dilution.

Afin de réduire les émissions polluantes, notamment celles d'oxydes d'azote (de type NOx), il est connu de chercher à éliminer les zones du tube à flamme où la température est supérieure à 1800° K environ. Pour ce faire, il est nécessaire que la flamme de combustion soit en présence d'un mélange air/carburant riche ou pauvre. Par exemple, l'appauvrissement en mélange air/carburant de la zone du tube à flamme où se déroulent les réactions chimiques peut être obtenu en augmentant le débit d'air affecté à la combustion. Dans ce cas, on contribue ainsi à évaporer et à mélanger de plus en plus de carburant avec l'air avant de venir alimenter la flamme située dans la zone de combustion. La flamme de combustion voit donc sa richesse diminuer.

Cependant, l'augmentation du débit d'air ne suffit pas à supprimer complètement les zones de mélanges stœchiométriques à l'intérieur du foyer de combustion. De manière générale, l'appauvrissement de la combustion entraîne une augmentation de la vulnérabilité du foyer de combustion à l'extinction de sorte que les phases de ralenti du moteur ne peuvent plus être obtenues.

Pour résoudre ce problème, les motoristes ont développé le concept dit de « combustion étagée » qui peut se présenter sous deux formes : les chambres de combustion à double tête étagée et les systèmes d'injection dits « multipoints ».

Les chambres de combustion à double tête étagée sont des chambres dont les injecteurs de carburant sont répartis sur une tête dite « pilote » et sur une tête dite « décollage ». La tête pilote fonctionne en permanence et permet ainsi d'éviter que le foyer de combustion ne s'éteigne, tandis que la tête décollage est conçue pour réduire les émissions de type NOx. Bien que cette solution apparaisse satisfaisante, une chambre à double tête étagée reste difficile à piloter et onéreuse compte-tenu du doublement du nombre d'injecteurs de carburant par rapport à une chambre de combustion classique simple tête.

Les systèmes d'injection du mélange air/carburant dits « multipoints », sont des systèmes dans lesquels l'injection d'air et de carburant s'effectue par plusieurs conduits indépendants et est régulée en

fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine. L'inconvénient principal de tels systèmes d'injection multipoints réside dans la complexité des différents circuits de carburant et du système de régulation.

On connaît également le brevet US 6,453,660 qui propose un 5 système d'injection multipoints muni d'un générateur de plasmas chauds. Dans ce document, il est prévu d'équiper l'extrémité de l'injecteur principal de carburant d'un dispositif générateur de plasmas chauds. Une décharge énergétique se produit dans l'écoulement de carburant permettant ainsi d'ioniser et de dissocier partiellement les molécules de carburant. 10 Toutefois, un tel système d'injection n'est pas totalement satisfaisant. D'une part, l'architecture à multipoints reste complexe et difficile à piloter. D'autre part, la décharge énergétique ne s'effectue que dans l'écoulement principal de carburant ce qui limite l'efficacité d'un tel système d'injection contre les risques d'extinction du foyer de combustion.

15

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un système d'injection d'un mélange 20 air/carburant dans une chambre de combustion qui permet d'augmenter la résistance du foyer de combustion à l'extinction tout en conservant une architecture simple et en limitant les émissions polluantes.

A cet effet, il est prévu un système d'injection d'un mélange air/carburant dans une chambre de combustion de turbomachine, 25 comportant une structure tubulaire creuse pour l'écoulement du mélange air/carburant vers la chambre de combustion, des moyens d'injection de carburant disposés à une extrémité amont de la structure tubulaire creuse, et des moyens d'injection d'air disposés en aval des moyens d'injection de carburant, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des 30 moyens de génération de plasmas froids disposés en aval des moyens d'injection d'air afin de générer des espèces actives dans l'écoulement du mélange air/carburant et de réaliser un pré-cassage des molécules du mélange air/carburant, et des moyens de commande des moyens de génération de plasmas froids en fonction du régime de fonctionnement de 35 la turbomachine.

Le générateur de plasmas froids permet d'adapter les temps caractéristiques des réactions chimiques en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine. Le pilotage des temps caractéristiques des réactions chimiques est assuré par la production et 5 l'injection d'espèces actives (espèces radicalaires et espèces excitées) dans l'écoulement du mélange air/carburant et par pré-cassage des molécules d'air et de carburant.

De la sorte, il est possible d'augmenter la résistance du foyer de combustion à l'extinction et donc d'assurer une stabilité de combustion, 10 notamment aux bas régimes de fonctionnement de la turbomachine, tout en permettant de limiter les émissions polluantes.

Les moyens de génération de plasmas froids peuvent aussi bien s'adapter aux systèmes d'injection de type aéromécanique qu'aux systèmes d'injection de type aérodynamique.

15 Les moyens de génération de plasmas froids peuvent comporter au moins un couple d'électrodes reliées à un générateur de courant alternatif qui est piloté par les moyens de commande.

Alternativement, et selon leurs implantations, ces moyens de génération de plasmas froids peuvent comporter un enroulement solénoïdal relié à un générateur de courant alternatif qui est également piloté par les moyens de commande.

Ainsi, la présente invention permet de s'adapter facilement aux systèmes connus d'injection d'un mélange air/carburant sans entraîner de transformations importantes de ces systèmes d'injection.

25 Les moyens de génération de plasmas froids peuvent être associés à un seul ou à tous les systèmes d'injection d'une même chambre de combustion, ce qui permet d'améliorer le fonctionnement des chambres de combustion existantes.

Le système d'injection selon la présente invention peut 30 également fonctionner pour des points de fonctionnement de la turbomachine où la combustion est stabilisée de sorte que le rendement de combustion est augmenté pour ces points. Par exemple, si on considère un point de rallumage en altitude en auto-rotation, le volume du foyer doit être suffisant pour assurer un rendement de combustion 35 permettant à la turbomachine d'accélérer. Dans ces conditions, la présente

invention permet de réduire le volume des foyers de combustion et donc de diminuer la masse de la turbomachine.

De plus, en repoussant les limites d'extinction de la chambre de combustion, elle permet de supprimer le circuit de carburant de la tête 5 pilote pour les chambres à double tête étagée mais aussi pour les chambres à systèmes d'injection multipoints.

Enfin, la présente invention permet de simplifier les systèmes d'allumage de la chambre de combustion en intégrant cette fonction au système d'injection. L'allumage est en effet réalisé par les moyens de 10 génération de plasmas froids alimentés avec une énergie et une fréquence adaptées. Il est ainsi possible de supprimer les dispositifs classiques d'allumage par bougies et d'éviter les problèmes qui leur sont associés (refroidissement du corps et du nez de la bougie, perturbation du refroidissement du foyer, durée de vie de la bougie, etc.).

15

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins 20 annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un système d'injection selon un mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 2A et 2B illustrent deux variantes d'implantation des 25 moyens de génération de plasmas froids du système d'injection selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue en coupe longitudinale d'un système d'injection selon un autre mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 4 est une vue en coupe longitudinale d'un système 30 d'injection selon encore un autre mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée d'un mode de réalisation

La figure 1 représente, en coupe longitudinale, un système 35 d'injection selon un mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, le système d'injection est de type aéromécanique.

Le système d'injection 10 d'axe longitudinal X-X se compose essentiellement d'une structure tubulaire pour l'écoulement d'un mélange air/carburant vers le foyer d'une chambre de combustion 12 d'une turbomachine. Ce mélange air/carburant est destiné à être brûlé dans la 5 chambre de combustion 12.

La chambre de combustion 12 est par exemple de type annulaire. Elle est délimitée par deux parois annulaires (non représentées sur la figure 1) espacées radialement par rapport à l'axe de la turbomachine et reliées en amont par un fond de chambre 14. Le fond de 10 chambre 14 présente une pluralité d'ouvertures 16 régulièrement espacées circulairement autour de l'axe de la turbomachine. Dans chacune de ces ouvertures 16 est monté un système d'injection 10 selon l'invention. Les gaz issus de la combustion du mélange air/carburant s'écoulent vers l'aval dans la chambre de combustion 12 pour alimenter 15 une turbine haute-pression (non représentée) disposée en sortie de la chambre de combustion.

Un déflecteur annulaire 18 est monté dans l'ouverture 16 par l'intermédiaire d'un manchon 20. Ce déflecteur est monté parallèlement au fond de chambre 14 et joue un rôle d'écran thermique contre le 20 rayonnement de la flamme de combustion.

Un bol 22 est monté à l'intérieur du manchon 20. Ce bol 22 présente une paroi 22a évasée vers l'aval dans le prolongement d'une paroi sensiblement cylindrique 22b disposée coaxialement à l'axe longitudinal X-X du système d'injection 10. Par l'intermédiaire de son angle 25 d'ouverture, le bol 22 permet de répartir le mélange air/carburant dans la zone primaire du foyer de combustion. Par ailleurs, la paroi évasée 22a du bol comporte une pluralité de trous 24 d'introduction d'air dans le foyer de combustion. Ces trous 24 permettent de recentrer l'écoulement du mélange air/carburant autour de l'axe longitudinal X-X en sortie de bol.

30 Le bol 22 présente une collerette annulaire 25 qui s'étend parallèlement au fond de chambre 14. Comme pour le déflecteur 18, cette collerette 25 forme un écran thermique entre le rayonnement de la flamme de combustion et le bol 22. La collerette est refroidie par impact d'air passant par des orifices 25a traversant la paroi évasée 22a du bol.

35 La paroi cylindrique 22b du bol 22 entoure un venturi 26 ayant un contour interne de forme convergente divergente. Le venturi 26

permet de délimiter les écoulements d'air issus d'une vrille interne 28 et d'une vrille externe 30. A son extrémité amont, le venturi 26 comporte un flasque radial 26a séparant la vrille interne 28 et la vrille externe 30.

La vrille interne 28 est de type radial. Elle est disposée en 5 amont du venturi 26 et délivre un flux d'air radial interne à l'intérieur du venturi. La vrille externe 30 est également de type radial. Elle est disposée en amont de la paroi cylindrique 22b du bol 22 et délivre un flux d'air radial externe entre le venturi 26 et la paroi cylindrique 22b du bol 22. Les vrilles interne 28 et externe 30 mettent en rotation l'écoulement du 10 mélange air/carburant et augmentent ainsi la turbulence et cisaillement afin de favoriser l'atomisation du carburant et son mélange avec l'air.

En amont, la vrille interne 28 est solidaire d'une pièce de retenue 32 présentant une rainure annulaire 34 ouverte du côté de l'axe longitudinal X-X du système d'injection. Une bague d'appui 36 est montée 15 dans la rainure annulaire 34. Cette bague d'appui 36 permet la fixation de l'extrémité aval d'un injecteur de carburant 38 centré sur l'axe longitudinal X-X du système d'injection. La bague d'appui 36 peut se déplacer radialement dans la rainure annulaire 34 afin de permettre un rattrapage de jeu que peuvent engendrer les contraintes thermiques auxquelles sont 20 soumis les différents éléments du système d'injection 10.

Dans sa partie en contact avec l'injecteur de carburant 38, la bague d'appui 36 est percée d'une pluralité d'orifices 40 régulièrement espacés circulairement autour de l'axe longitudinal X-X du système d'injection. Ces orifices 40 jouent le rôle de purge en ventilant le gicleur 25 de carburant 38 et en évitant la formation de coke à l'extrémité aval de celui-ci.

La bague d'appui 36, les vrilles interne 28 et externe 30, le venturi 26 et le bol 22 forment ainsi la structure tubulaire creuse 41 du système d'injection 10 dans laquelle s'écoule le mélange air/carburant.

30 L'injecteur de carburant 38 est solidaire en amont d'un bras d'injecteur (non représenté). Après son écoulement dans le bras d'injecteur, le carburant est pulvérisé par l'injecteur 38 sous la forme d'un cône de carburant qui vient en partie frapper le venturi 26. Une fois pulvérisé, le carburant est mélangé à l'air issu des vrilles interne 28 et 35 externe 30 et des trous 24 du bol 22.

A la sortie du bol 22, le carburant est pulvérisé sous la forme de fines gouttelettes sous l'effet du cisaillement aérodynamique provenant des différences entre les vitesses de l'écoulement liquide et de l'écoulement gazeux. Le mélange air/carburant ainsi formé est alors 5 introduit dans la chambre de combustion 12 pour y être brûlé.

Selon l'invention, le système d'injection 10 comporte en outre des moyens de génération de plasmas froids afin de générer des espèces actives dans l'écoulement du mélange air/carburant et de réaliser un pré-cassage des molécules du mélange air/carburant. Des moyens de 10 commande sont également prévus afin de commander ces moyens de génération de plasmas froids en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine.

Dans le mode de réalisation du système d'injection illustré par 15 la figure 1, ces moyens de génération de plasmas froids peuvent être disposés, soit autour de l'extrémité aval du venturi 26 (implantation A), soit autour de l'extrémité amont du bol 22 (implantation B), soit autour de l'extrémité aval du venturi 26 et autour de l'extrémité amont du bol 22 (implantation C).

La figure 2A illustre l'implantation A des moyens de génération 20 de plasmas froids autour de l'extrémité aval du venturi 26. Cette figure représente schématiquement, en vue de face, l'extrémité aval circulaire du venturi.

Dans cette configuration, les moyens de génération de plasmas froids sont réalisés par au moins un couple d'électrodes 42 disposées sur 25 la circonférence de l'extrémité aval du venturi 26. Ces électrodes 42 sont reliées par l'intermédiaire de fils électriques 44 à un générateur de courant alternatif 46. Le générateur de courant est commandé par un système de pilotage 48 décrit ultérieur.

Sur la figure 2A, les électrodes 42 sont disposées sur un même 30 diamètre du venturi 26, c'est à dire qu'elles sont alignées radialement l'une par rapport à l'autre. Toutefois, comme illustré en pointillés par le couple d'électrodes 42', ces dernières peuvent être décalées radialement l'une par rapport à l'autre en étant disposés sur des rayons différents du venturi 26.

35 Suivant la nature et le besoin de l'application, le nombre de couples d'électrodes peut être plus important. Ces électrodes sont alors

réparties angulairement sur la circonférence du venturi, par exemple de manière uniforme. Par ailleurs, dans le cas de plusieurs couples d'électrodes, ces couples peuvent être alimentés par le générateur de courant alternatif 46 simultanément ou séquentiellement.

5 Alternativement, dans le cas d'une implantation sur l'extrémité aval du venturi, les moyens de génération de plasmas froids peuvent aussi être réalisés sous la forme d'un enroulement solénoïdal relié au générateur de courant alternatif. Dans cette variante non illustrée, la surface externe du venturi présente un enroulement solénoïdal.

10 L'implantation des moyens de génération de plasmas froids autour de l'extrémité amont du bol 22 (implantation B) correspond à l'implantation A décrite ci-dessus et ne sera donc pas reprise.

15 La figure 2B illustre l'implantation C des moyens de génération de plasmas froids autour de l'extrémité aval du venturi 26 et autour de l'extrémité amont du bol 22. Sur cette figure, le venturi 26 et le bol 22 présentent chacun une section droite sensiblement circulaire et sont disposés concentriquement l'un par rapport à l'autre.

20 Dans cette configuration, les moyens de génération de plasmas froids sont réalisés par au moins un couple d'électrodes 42 dont l'une des électrodes est disposée sur la circonférence de l'extrémité aval du venturi 26 et l'autre électrode est disposée sur la circonférence de l'extrémité amont du bol 22. Ces électrodes 42 sont également reliées par l'intermédiaire de fils électriques 44 à un générateur de courant alternatif 46 commandé par un système de pilotage 48.

25 Sur la figure 2B, les électrodes 42 sont disposées sur un même rayon de la couronne définie par l'extrémité aval du venturi 26 et l'extrémité amont du bol 22, c'est à dire qu'elles sont alignées radialement l'une par rapport à l'autre. Toutefois, comme illustré en pointillés par le couple d'électrodes 42', ces dernières peuvent être décalées radialement l'une par rapport à l'autre en étant disposés sur des rayons différents de la couronne.

30 De même que pour la configuration précédente, le nombre de couples d'électrodes peut être plus important suivant la nature et le besoin de l'application. Dans ce cas, la disposition de ces couples d'électrodes peut varier sur la circonférence du venturi et du bol. Les couples

d'électrodes peuvent également être alimentés simultanément ou séquentiellement.

Dans les deux configurations décrites ci-dessus en référence aux figures 2A et 2B, les couples d'électrodes (ou l'enroulement solénoïdal) permettent de créer, par l'intermédiaire du générateur de courant alternatif 46 relié au système de pilotage 48, une décharge électrique dans le mélange air/carburant s'écoulant entre les électrodes (ou à l'intérieur de l'enroulement solénoïdal).

Lorsque le mélange air/carburant passe au travers de cette décharge électrique, les molécules d'air et de carburant deviennent ionisées et partiellement dissociées. Les molécules de carburant sont partiellement dissociées en espèces radicalaires du type C_xH_y (C_2H_2 , CH_4 , etc.). De même, l'oxygène de l'air se trouvent dissocié et ionisé (O^+ , etc.). Ce pré-cassage des molécules de carburant et d'air permet alors de faciliter le cassage ultérieur de ces molécules au cours de la combustion.

Les paramètres du générateur de courant alternatif 46 (durée des impulsions électriques, tension, taux de répétition, etc.) sont commandés par le système de pilotage 48 en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine, par rapport aux espèces actives (espèces radicalaires, espèces excitées) que l'on souhaite produire, par rapport au degré de pré-cassages désiré des molécules d'air et de carburant et par rapport à la fonction visée (allumage, rallumage en altitude, extension du domaine de stabilité, contrôle actif du foyer de combustion, etc.).

Toutefois, le générateur de courant alternatif 46 présente la particularité de permettre la génération de plasmas dits « froids ». Par rapport aux plasmas dits « chauds », les plasmas froids se caractérisent par une décharge électrique de type « streamer », c'est à dire par une propagation d'un front d'ionisation. Les plasmas froids se caractérisent également par un déséquilibre thermodynamique dans lequel la température des électrons émis lors de la décharge électrique est très élevée par rapport à celle du mélange air/carburant traversant la décharge électrique. Cette particularité a pour avantage principal de permettre la production d'espèces radicalaires actives dans l'écoulement du mélange air/carburant avec une moindre dépense énergétique qu'avec des plasmas chauds.

Un tel générateur de courant alternatif 46 permettant de générer des plasmas froids se traduit notamment par une durée d'impulsions électriques comprise entre 2 et 50 nano-secondes, et de préférence entre 2 et 30 nano-secondes. Par comparaison, un générateur de courant électrique pour la production de plasmas chauds délivre des impulsions électriques ayant typiquement une durée de l'ordre de la centaine de microseconde.

Par ailleurs, dans le cas où une fonction de contrôle actif du foyer de combustion est nécessaire, le système de pilotage 48 peut utiliser des informations captées en temps réel à l'intérieur du foyer de combustion.

Par exemple, il peut être prévu de relier au système de pilotage 48 un détecteur d'instabilité placé dans la chambre de combustion. Un tel détecteur d'instabilité mesure la pression (ou tout autre paramètre) à l'intérieur de la chambre de combustion et la transmet en temps réel au système de pilotage. Selon un autre exemple, il est également possible de relier au système de pilotage un détecteur optique de la flamme de combustion. Un tel détecteur optique permet ainsi d'informer en temps réel le système de pilotage en cas d'extinction de la flamme de combustion.

On décrira maintenant un système d'injection selon un autre mode de réalisation de l'invention en se référant à la figure 3. Dans ce mode de réalisation, le système d'injection est également de type aéromécanique de sorte qu'on ne détaillera que les différences existant avec le système d'injection illustré par la figure 1. Notamment, par rapport au système d'injection de la figure 1, ce système d'injection est du type LLP (pour « Lean Premixed Prevaporized »).

Comme pour le mode de réalisation décrit précédemment, le système d'injection 50 d'axe longitudinal Y-Y se compose essentiellement d'une structure tubulaire creuse 51 pour l'écoulement d'un mélange air/carburant vers le foyer de la chambre de combustion 12 d'une turbomachine.

Un déflecteur annulaire 52 est monté dans l'ouverture 16 pratiquée dans le fond de chambre 14 par l'intermédiaire d'un manchon 54. Un bol 56 formant tube de vaporisation et de pré-mélange est monté à l'intérieur du manchon 54. Ce bol 56 présente une paroi aval 56a

divergente qui est formée dans le prolongement d'une paroi intermédiaire 56b convergente, elle-même formée dans le prolongement d'une paroi amont 56c sensiblement cylindrique disposée coaxialement à l'axe longitudinal Y-Y du système d'injection.

5 En plus des fonctions décrites dans le mode de réalisation précédent, ce bol 56 permet d'alimenter le foyer de combustion par un mélange air/carburant homogène pauvre afin d'éviter l'établissement dans le foyer de conditions de combustion stœchiométriques génératrices d'émissions de type NOx.

10 Le bol 56 entoure un premier venturi 58. Ce premier venturi 58 a pour fonction de guider de l'air traversant des trous 60 formés au travers de la paroi cylindrique 56c du bol 56, au niveau de son extrémité amont. Cet air est destiné à refroidir le bol 56 en circulant le long de la face interne de celui-ci.

15 Le premier venturi 58 entoure un second venturi 62 ayant un contour interne de forme convergente divergente. Le second venturi 62 délimite les écoulements d'air issus d'une vrille interne radiale 64 et d'une vrille externe radiale 66. La vrille interne 64 délivre un flux d'air radial à l'intérieur du second venturi 62 et la vrille externe 66 délivre un flux d'air 20 radial entre le premier venturi 58 et le second venturi 62.

Un injecteur de carburant 68 centré sur l'axe longitudinal Y-Y du système d'injection est disposé en amont de la vrille interne 64. Cet injecteur de carburant est fixé sur le système d'injection par l'intermédiaire d'une bague d'appui 70.

25 La bague d'appui 70, les vrilles interne 64 et externe 66, les venturis 58, 62 et le bol 56 forment ainsi la structure tubulaire creuse 51 du système d'injection 50 dans laquelle s'écoule le mélange air/carburant.

Dans ce mode de réalisation, les moyens de génération de plasmas froids permettant de générer des espèces actives dans 30 l'écoulement du mélange air/carburant et de réaliser un pré-cassage des molécules du mélange air/carburant sont disposés autour de l'extrémité aval du bol 56 (implantation D sur la figure 3).

35 L'implantation D des moyens de génération de plasmas froids autour de l'extrémité aval du bol 56 correspond à l'implantation illustrée par la figure 2A. Comme décrit précédemment, les moyens de génération de plasmas froids peuvent ainsi être réalisés sous la forme d'au moins un

couple d'électrodes disposées sur la circonférence de l'extrémité aval du bol ou bien sous la forme d'un enroulement solénoïdal.

Bien entendu, les variantes de configuration décrites en référence à la figure 2A sont également applicables à ce mode de réalisation et les électrodes (ou l'enroulement solénoïdal) sont reliées au générateur de courant alternatif commandé par le système de pilotage.

Dans ce mode de réalisation, l'implantation D des moyens de génération de plasmas froids permet, d'une part d'accroître le domaine de stabilité du foyer de combustion en repoussant les limites d'extinction en milieu pauvre de mélange air/carburant, et d'autre part, de piloter le foyer de combustion de manière à diminuer sa vulnérabilité aux instabilités de combustion.

Dans ce cas de pilotage du foyer de combustion, il convient, comme mentionnée précédemment, de mettre en place un détecteur d'instabilité ou un détecteur optique de la flamme de combustion relié au système de pilotage actif du générateur de courant alternatif.

On décrira maintenant un système d'injection selon encore un autre mode de réalisation de l'invention en se référant à la figure 4. Dans ce mode de réalisation, le système d'injection est du type aérodynamique.

Comme pour les modes de réalisation précédents, le système d'injection 72 d'axe longitudinal Z-Z se compose essentiellement d'une structure tubulaire creuse 73 pour l'écoulement d'un mélange air/carburant vers le foyer de la chambre de combustion 12 d'une turbomachine.

Un déflecteur 74 est monté dans l'ouverture 16 pratiquée dans le fond de chambre 14 par l'intermédiaire d'un manchon 76. Un bol 78 est monté à l'intérieur du manchon 76. Ce bol présente une paroi divergente vers l'aval.

A son extrémité amont, le bol 78 se prolonge par une bague annulaire de maintien 80 qui entoure et maintient un injecteur de carburant 82 centré sur l'axe longitudinal Z-Z du système d'injection.

L'injecteur de carburant 82 comporte une première partie tubulaire 84 disposée coaxialement à l'axe longitudinal Z-Z du système d'injection 72. Cette première partie tubulaire 84 définit un premier volume interne axial 86 qui s'ouvre à son extrémité aval pour le mélange air/carburant.

La surface externe de la première partie tubulaire 84 et la surface interne de la bague annulaire de maintien 80 définissent entre elles un premier passage annulaire 88. Des orifices d'alimentation en air 89 pratiqués au travers de la bague de maintien 80 s'ouvrent à l'extérieur de l'injecteur 82 et débouchent dans ce premier passage annulaire 88. Ces orifices 89 permettent d'injecter de l'air à l'extrémité aval de la première partie tubulaire 84 selon une direction sensiblement axiale.

La surface interne de la première partie tubulaire 84 du gicleur de carburant 82 entoure une seconde partie tubulaire 90 qui est également disposée coaxialement à l'axe longitudinal Z-Z du système d'injection. La première partie tubulaire 84 et la seconde partie tubulaire 90 définissent entre elles un second passage annulaire 92. Cette seconde partie tubulaire 90 définit en outre un second volume interne axial 94 qui s'ouvre dans le volume interne axial 86 de la première partie tubulaire 84.

L'injecteur de carburant 82 comporte également une pluralité de canaux d'alimentation en air 96 s'ouvrant à l'extérieur de l'injecteur et débouchant dans le second volume interne axial 94, à une extrémité amont de la seconde partie tubulaire 90. Ces canaux d'alimentation en air 96 permettant ainsi d'injecter de l'air à une extrémité amont de la seconde partie tubulaire 90 selon une direction sensiblement axiale.

A son extrémité amont, l'injecteur de carburant 82 comporte au moins une entrée en carburant 98 se présentant sous la forme d'un évidement cylindrique. Cet évidement cylindrique est alimenté en carburant par un bras d'injecteur (non représenté).

Des canaux d'alimentation en carburant 100 s'ouvrent dans cet évidement cylindrique 98 et débouchent dans le second passage annulaire 92. Ces canaux d'alimentation en carburant permettent donc d'injecter du carburant entre la première partie tubulaire 84 et la seconde partie tubulaire 90.

L'injecteur de carburant 82, la bague de maintien 80 et le bol 78 forment ainsi la structure tubulaire creuse 73 du système d'injection 72.

Dans ce système d'injection, le carburant injecté est atomisé par l'effet de cisaillement de l'air. En effet, un film de carburant se forme au niveau du second passage annulaire 92. A sa sortie de la seconde partie tubulaire 90, ce film de carburant est soumis à l'action de l'air issu

des canaux d'alimentation en air 96 avant d'être soumis, à la sortie de la première partie tubulaire 84, à l'action de l'air issu du premier passage annulaire 88.

Dans ce mode de réalisation, les moyens de génération de plasmas froids peuvent être implantés en trois zones différentes : autour de l'extrémité aval de la seconde partie tubulaire 90 (implantation E), autour de l'extrémité aval de la première partie tubulaire 84 (implantation F) ou encore autour de l'extrémité aval de la bague annulaire de maintien 80 et autour de l'extrémité aval de la première partie tubulaire 84 (implantation G).

L'implantation E autour de l'extrémité aval de la seconde partie tubulaire 90 et l'implantation F autour de l'extrémité aval de la première partie tubulaire 84 correspondent toutes deux à l'implantation illustrée par la figure 2A et ne seront donc pas détaillées. Dans ces deux cas, les moyens de génération de plasmas froids peuvent être réalisés sous la forme d'au moins un couple d'électrodes ou bien sous la forme d'un enroulement solénoïdal.

L'implantation G autour de l'extrémité aval de la bague annulaire de maintien 80 et autour de l'extrémité aval de la première partie tubulaire 84 correspond à l'implantation illustrée par la figure 2B et ne sera donc pas non plus détaillée. Dans ce cas, les moyens de génération de plasmas froids peuvent être réalisés sous la forme d'au moins un couple d'électrodes.

Bien entendu, les différentes variantes décrites en référence aux figures 2A et 2B s'appliquent également aux implantations E, F et G de ce mode de réalisation et les électrodes (ou l'enroulement solénoïdal) sont reliées au générateur de courant alternatif commandé par le système de pilotage.

REVENDICATIONS

1. Système d'injection (10 ; 50 ; 72) d'un mélange air/carburant dans une chambre de combustion (12) de turbomachine, comportant :
 - 5 une structure tubulaire creuse (41, 51, 73) pour l'écoulement du mélange air/carburant vers la chambre de combustion (12) ;
 - des moyens d'injection de carburant (38 ; 68 ; 100) disposés à une extrémité amont de la structure tubulaire creuse ; et
 - 10 des moyens d'injection d'air (28, 30 ; 64, 66 ; 89, 96) disposés en aval des moyens d'injection de carburant (38 ; 68 ; 100) ;
 - caractérisé en ce qu'il comporte en outre :
 - des moyens de génération de plasmas froids (42, 42') disposés en aval des moyens d'injection d'air (28, 30 ; 64, 66 ; 89, 96) afin de générer des espèces actives dans l'écoulement du mélange air/carburant
 - 15 et de réaliser un pré-cassage des molécules du mélange air/carburant ; et
 - des moyens de commande (48) desdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') en fonction du régime de fonctionnement de la turbomachine.
- 20 2. Système (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un injecteur de carburant (38) disposé à une extrémité amont de la structure tubulaire creuse (41) et permettant d'injecter du carburant dans la structure tubulaire creuse (41) selon une direction sensiblement axiale, une vrille d'air interne (28) disposée en aval de l'injecteur de carburant (38) et permettant d'injecter de l'air dans ladite structure tubulaire creuse (41) selon une direction sensiblement radiale, une vrille d'air externe (30) disposée en aval de la vrille d'air interne (28) et permettant d'injecter de l'air dans ladite structure tubulaire creuse (41) selon une direction sensiblement radiale, un venturi (26) interposé entre
- 25 les vrilles d'air interne (28) et externe (30), et un bol (22) disposé en aval de la vrille d'air externe (30).
- 30 3. Système (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité aval du venturi (26).
- 35

4. Système (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité amont du bol (22).
- 5 5. Système (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité aval du venturi (26) et autour d'une extrémité amont du bol (22).
- 10 6. Système (50) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un injecteur de carburant (68) disposé à une extrémité amont de la structure tubulaire creuse (51) et permettant d'injecter du carburant dans la structure tubulaire creuse (51) selon une direction sensiblement axiale, une vrille d'air interne (64) disposée en aval de l'injecteur de carburant (68) et permettant d'injecter de l'air dans ladite structure tubulaire creuse (51) selon une direction sensiblement radiale, une vrille d'air externe (66) disposée en aval de la vrille d'air interne (64) et permettant d'injecter de l'air dans ladite structure tubulaire creuse (51) selon une direction sensiblement radiale, un premier venturi (58) 15 interposé entre les vrilles d'air interne (64) et externe (66), un second venturi (62) disposé en aval de la vrille d'air externe (66), et un bol de pré-mélange (56) disposé en aval du second venturi (62).
- 20 7. Système (50) selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité aval du bol de pré-mélange (56).
- 25 8. Système (72) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :
- 30 un injecteur de carburant (82) comportant une première partie tubulaire (84) entourant une seconde partie tubulaire (90) de façon à définir un passage annulaire (92) entre lesdites première (84) et seconde (90) parties tubulaires ;
- 35 une bague annulaire de maintien (80) entourant ladite première partie tubulaire (84) de l'injecteur de carburant (82) de façon à définir un

passage annulaire (88) entre ladite bague annulaire de maintien (80) et ledit injecteur de carburant (82) ;

un bol (78) disposé dans le prolongement aval de ladite bague annulaire de maintien (80) ;

5 des orifices d'alimentation en air (89) débouchant dans le passage annulaire (88) entre ladite bague de maintien (80) et ledit injecteur de carburant (82) et permettant d'injecter de l'air en aval de ladite première partie tubulaire (84) de l'injecteur de carburant (82) ;

10 des canaux d'alimentation en air (96) débouchant à une extrémité amont de ladite seconde partie tubulaire (90) de l'injecteur de carburant (82) ; et

15 des canaux d'alimentation en carburant (100) débouchant dans le passage annulaire (92) entre lesdites première (84) et seconde (90) parties tubulaires et permettant d'injecter du carburant entre lesdites première (84) et seconde (90) parties tubulaires.

9. Système (72) selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité aval de ladite seconde partie tubulaire (90) de 20 l'injecteur de carburant (82).

10. Système (72) selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité aval de ladite première partie tubulaire (84) de 25 l'injecteur de carburant (82).

11. Système (72) selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids (42, 42') sont disposés autour d'une extrémité aval de ladite première partie tubulaire (84) de 30 l'injecteur de carburant (82) et autour d'une extrémité aval de la bague annulaire de maintien (80).

12. Système (10 ; 50 ; 72) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération 35 de plasmas froids comportent au moins un couple d'électrodes (42, 42') reliées à un générateur de courant alternatif (46).

13. Système (10 ; 50 ; 72) selon la revendication 12, caractérisé en ce que les électrodes (42, 42') dudit couple d'électrodes sont alignées radialement l'une par rapport à l'autre.

5

14. Système (10 ; 50 ; 72) selon la revendication 12, caractérisé en ce que les électrodes (42, 42') dudit couple d'électrodes sont décalées radialement l'une par rapport à l'autre.

10

15. Système (10 ; 50 ; 72) selon l'une quelconque des revendications 3, 4, 7, 9 et 10, caractérisé en ce que lesdits moyens de génération de plasmas froids comportent un enroulement solénoïdal relié à un générateur de courant alternatif (46).

15

16. Système (10 ; 50 ; 72) selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que ledit générateur de courant alternatif (6) délivre des impulsions électriques de durée comprise entre 2 et 50 nano-secondes.

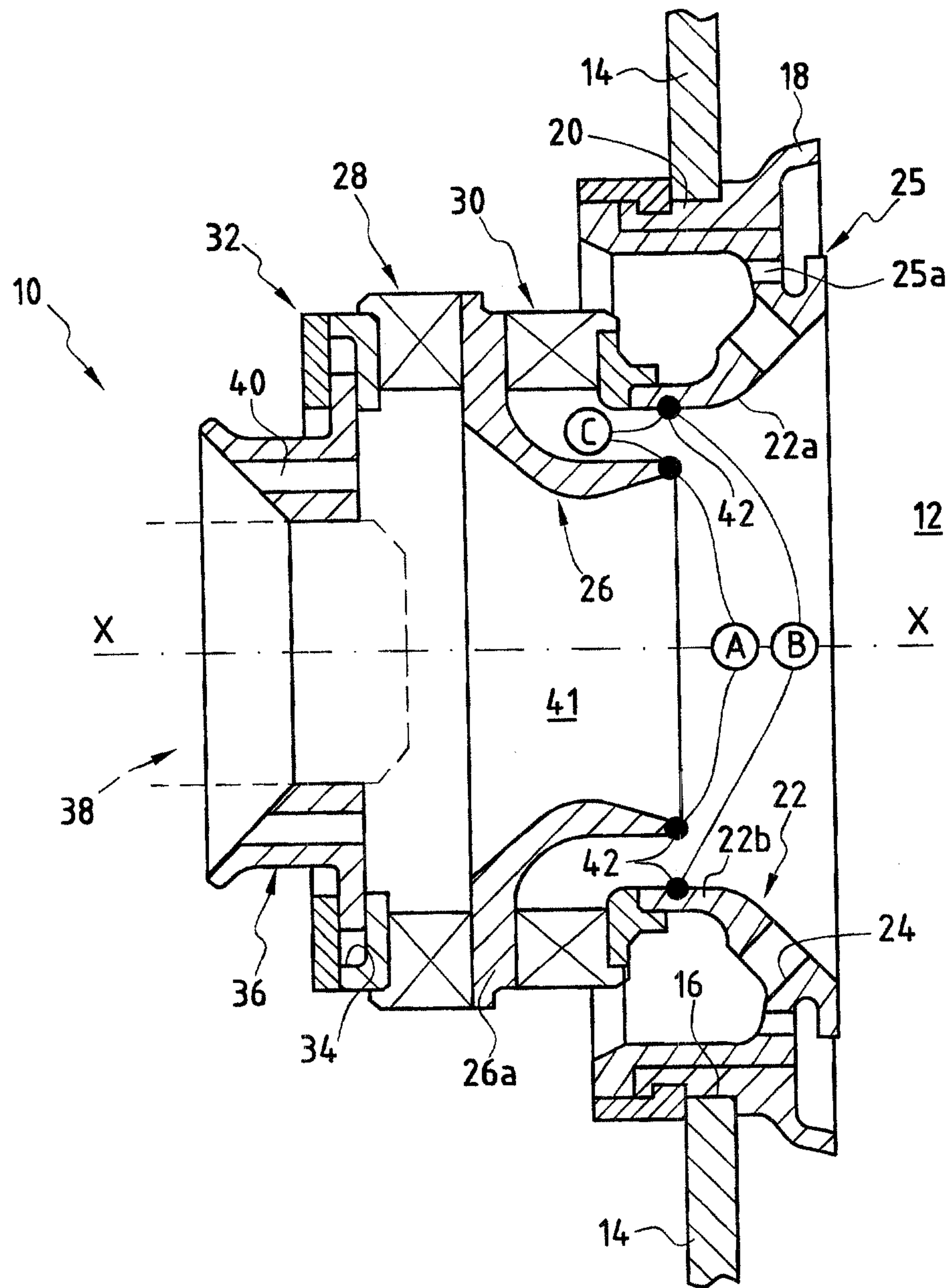


FIG.1

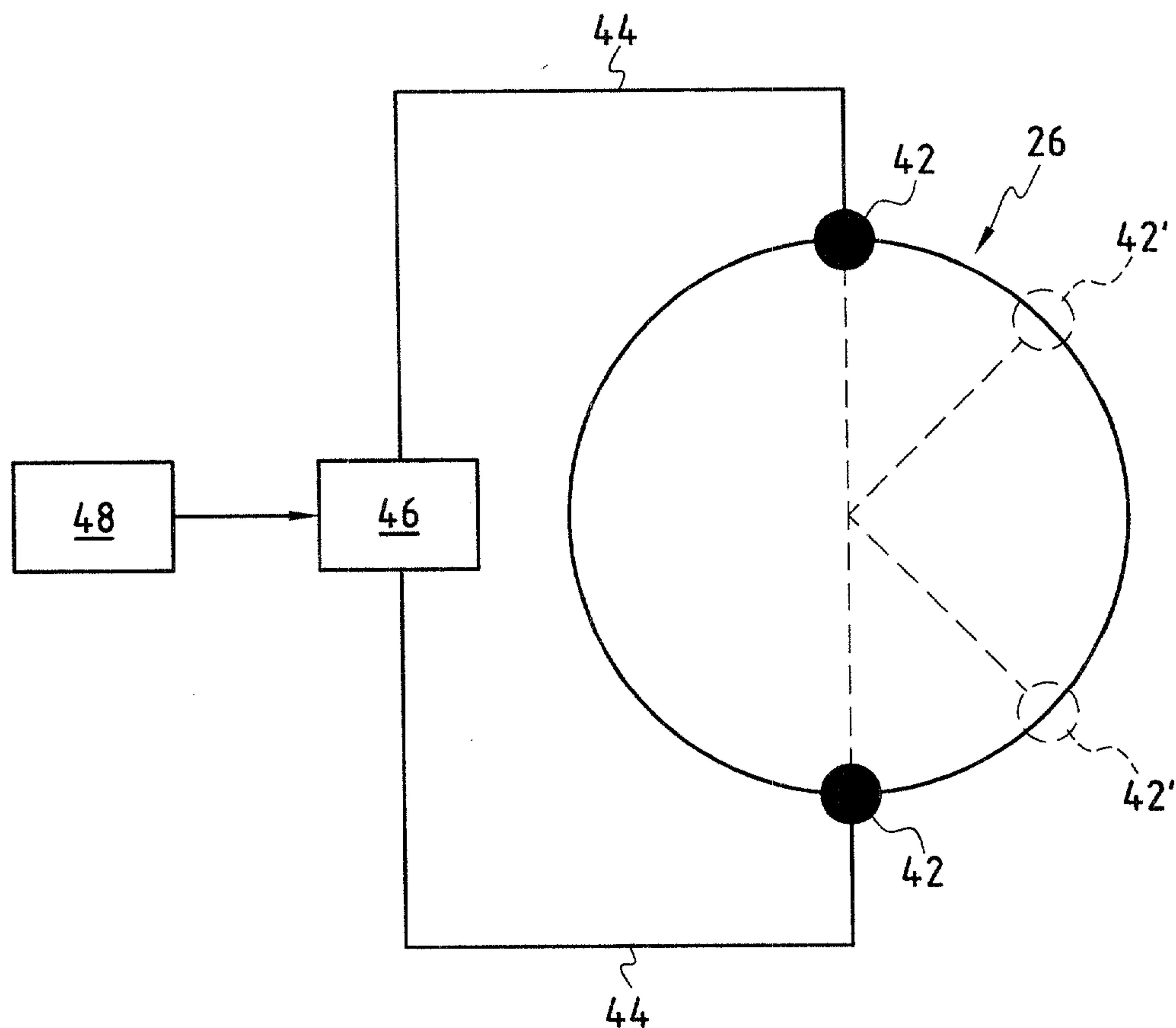


FIG. 2A

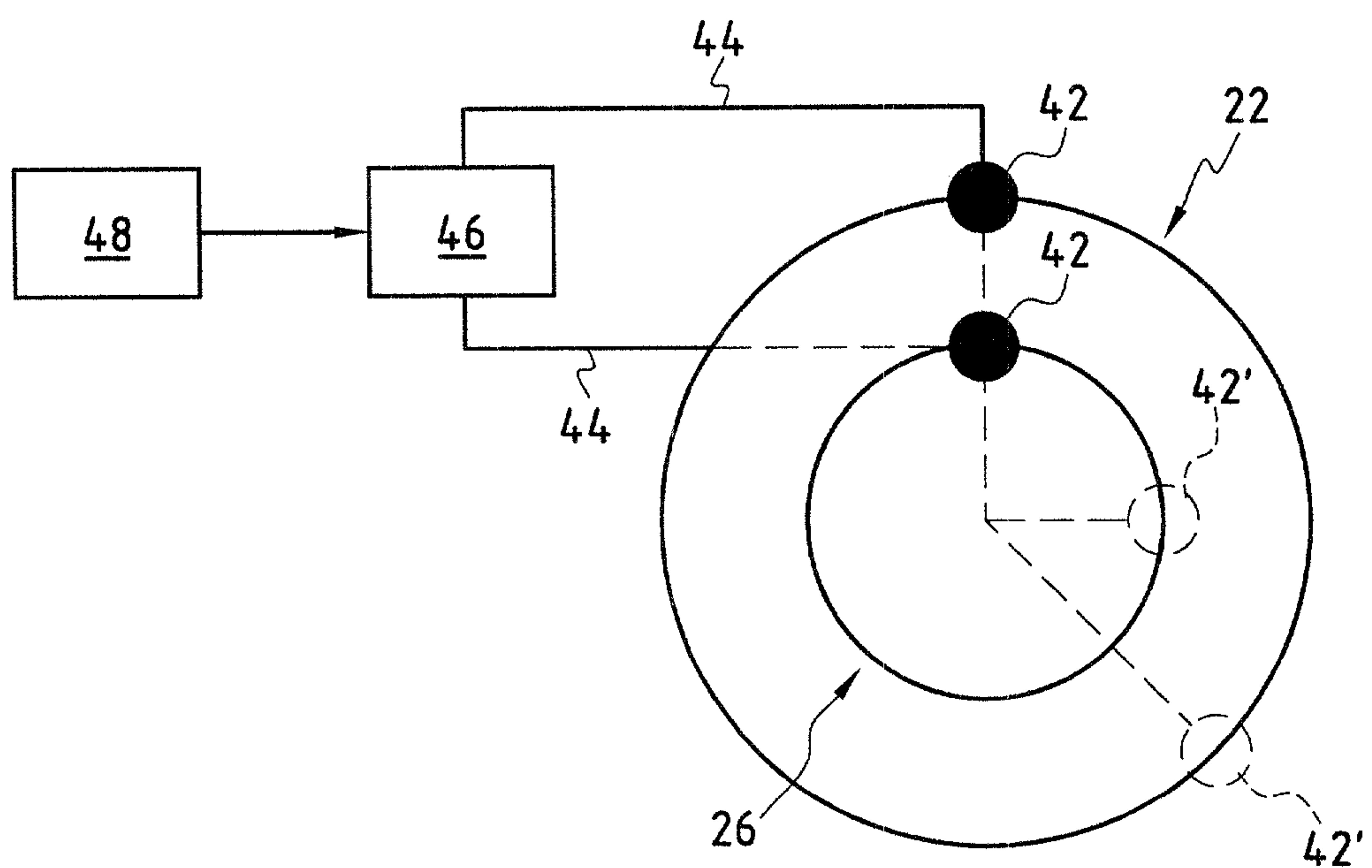


FIG. 2B

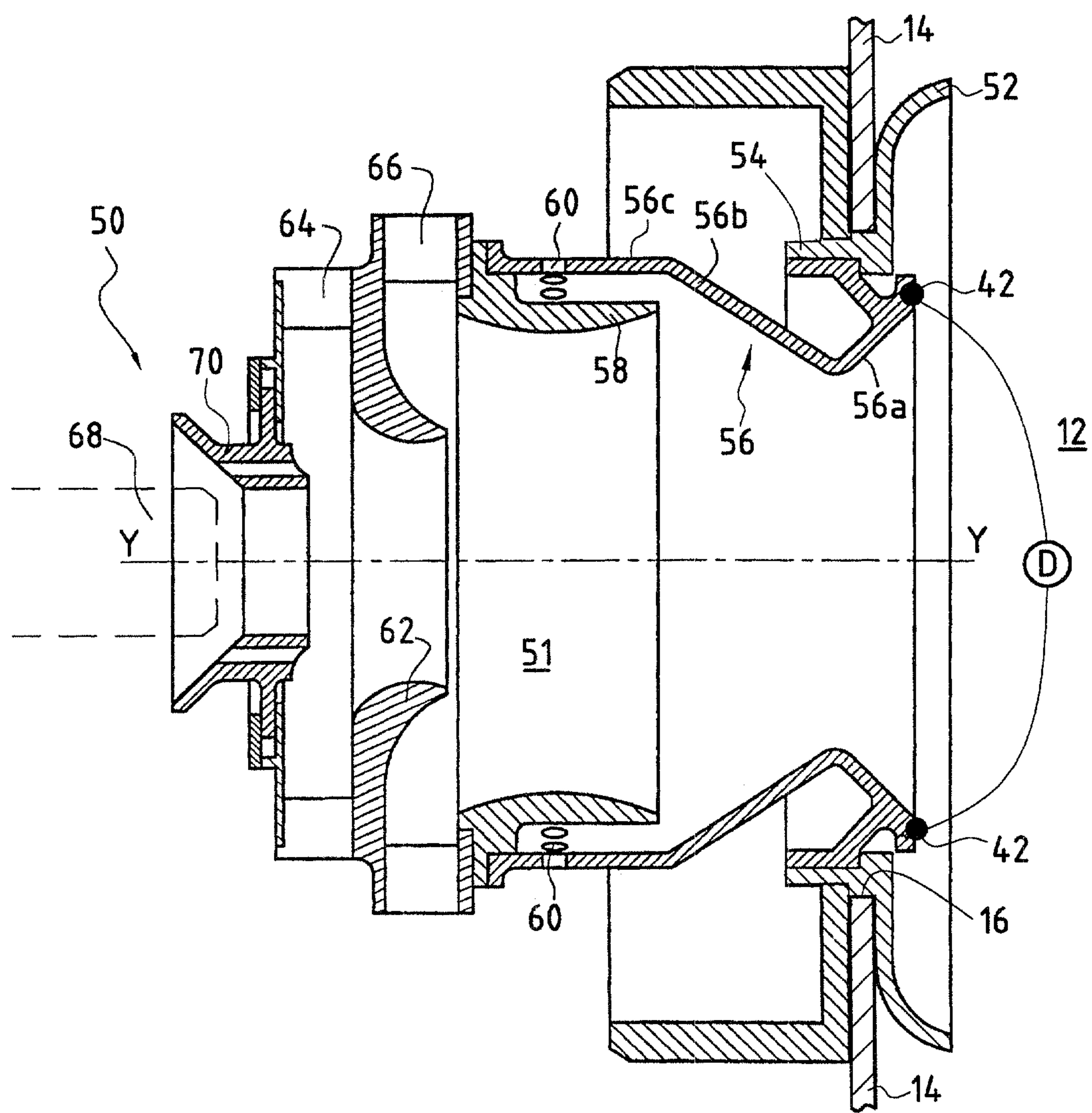


FIG.3

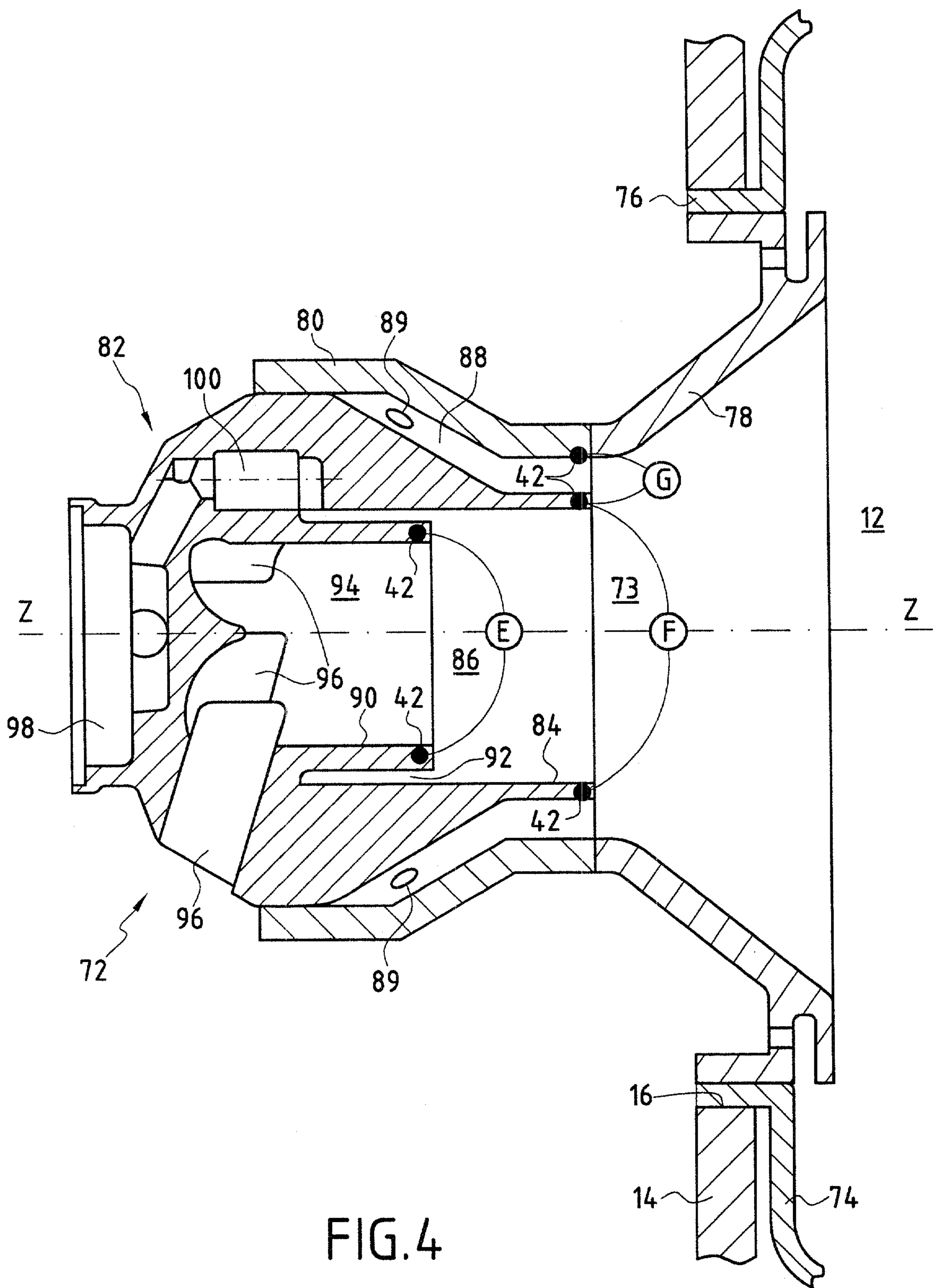


FIG. 4

